

**ANALISIS FUZZY LOGIC MAMDANI: TINGKAT KERAWANAN
LONGSOR DI KAWASAN PUJON**

SKRIPSI

Oleh:
WAHYU SAPUTRA
NIM. 10640085



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**ANALISIS FUZZY LOGIC MAMDANI: TINGKAT KERAWANAN
LONGSOR DI KAWASAN PUJON**

SKRIPSI

Diajukan Kepada:

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

Oleh:

**WAHYU SAPUTRA
NIM. 10640085**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS FUZZY LOGIC MAMDANI: TINGKAT KERAWANAN
LONGSOR DI KAWASAN PUJON

SKRIPSI

Oleh:

WAHYU SAPUTRA

NIM. 10640085

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal: 30 Desember 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

Erika Rani, M.Si

NIP. 19811119 200801 1 009

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS FUZZY LOGIC MAMDANI: TINGKAT KERAWANAN LONGSOR DI KAWASAN PUJON

SKRIPSI

Oleh:

WAHYU SAPUTRA

NIM. 10640085

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

Tanggal: 13 Januari 2016

Penguji Utama	:	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	:	<u>Novi Avisena, M.Si</u> NIP. 19761109 200604 1 004	
Sekretaris Penguji	:	<u>Drs. Abdul Basid, Msi</u> NIP. 19650504 199003 1 003	
Anggota Penguji	:	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 1 009	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Saputra
NIM : 10640085
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Analisis Fuzzy Logic Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor
Di Kawasan Pujon

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 07 Januari 2015
Yang membuat pernyataan,

Wahyu Saputra
NIM. 10640085

HALAMAN MOTTO

MAJU TERUS PANTANG MUNDUR



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

Kedua orang tuaku Bapak Moch Sultony dan Ibu Lismiati
Yang telah mendidik, membimbing dan memberikan seluruh kasih sayangnya
Senantiasa memotivasi, menyemangati serta menasehatiku
Sehingga aku dapat menjadi seperti saat ini

Adikku, Lila Antasari

Yang selalu membantuku juga selalu mengingatkanku akan hal-hal kecil
Anner Puspa S H yang selalu menyemangatiku dan mendukungku apapun
keadaanku

Sahabat-sahabatku Nugraha K W dan Achmad Sufyan Afif yang selalu menghibur
dan mendukungku

Fitri yang selalu menjadi tempat dalam bertanya perihal materi fuzzy

Teman-teman Fisika angkatan 2010, 2011, dan 2012

Semua pihak yang telah membantu, terima kasih banyak

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat serta karuniaNya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Fuzzy Logic Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor Di Kawasan Pujon” dengan baik.

Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Saw yang telah membimbing umatnya dari gelapnya kekufuran menuju cahaya Islam yang terang benderang.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Imam Tazi, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberi masukan, kemudahan serta memberikan kepercayaan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi.

5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan masukan, bimbingan dan memberi kemudahan dan melancarkan proses penyelesaian skripsi ini.
6. Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes, selaku dosen wali yang sudah membimbing, memberi masukan dan saran ketika penulis mengalami kesulitan selama proses perkuliahan dari semester awal sampai semester akhir.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan bimbingan, mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman dan wawasan sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya. Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi kita semua, Amin.

Malang, 30 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Longsor	5
2.1.1 Definisi Longsor	5
2.1.2 Jenis-jenis Longsor	6
2.1.3 Faktor-faktor Penyebab Longsor	7
2.2 Kerawanan Longsor	9
2.3 Logika Fuzzy	12
2.3.1 Himpunan Fuzzy	13
2.3.2 Fungsi Keanggotaan	14
2.3.3 Semesta Pembicara	16
2.3.4 Domain	16
2.3.5 Struktur Dasar Logika Fuzzy	16
2.3.6 Fuzzifikasi	17
2.3.7 Basis Pengetahuan	18
2.3.8 Implikasi	19
2.3.9 Agregasi	21
2.3.10 Defuzzifikasi	23
2.4 Deskripsi Wilayah Penelitian	23
2.4.1 Letak Geografis	25
2.4.2 Batas Wilayah	25
2.4.3 Kondisi Topografi	25
2.4.4 Tinjauan Geologi	25
2.4.5 Tinjauan Hidrologi	26
BAB III METODE PENELITIAN	

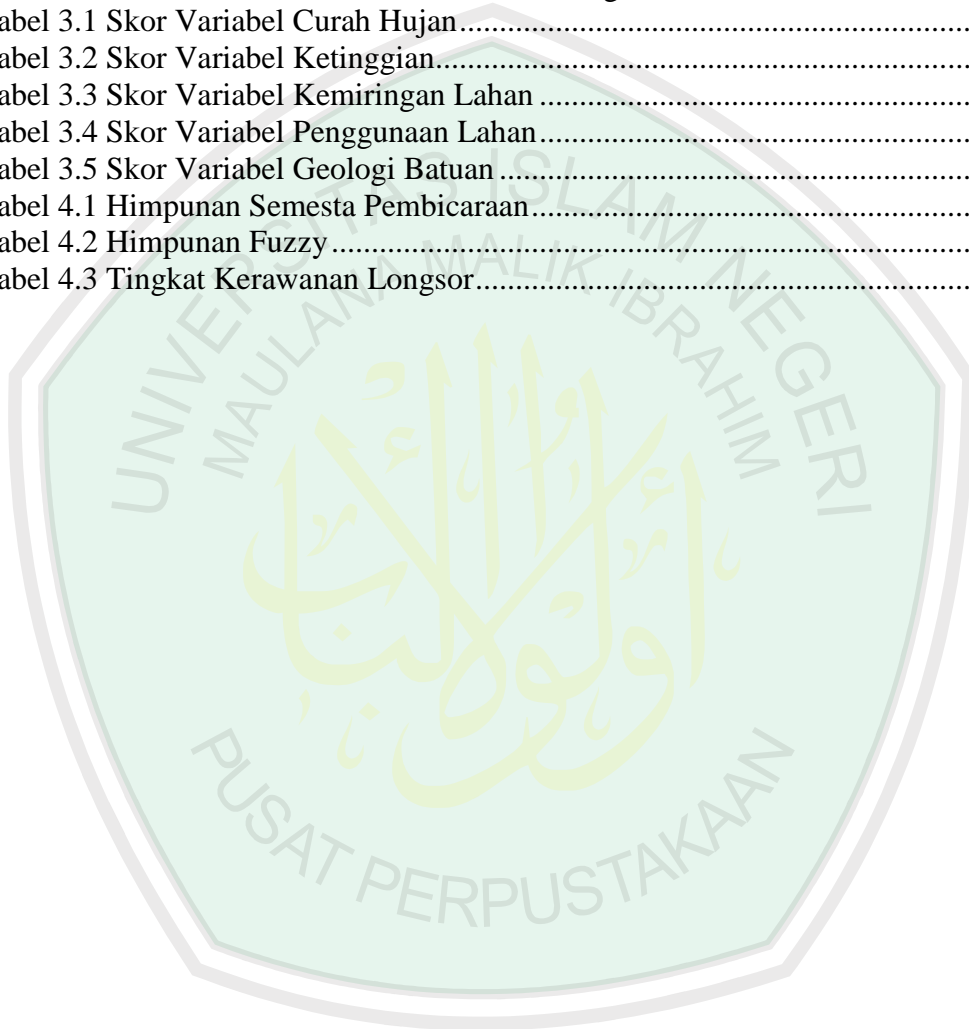
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	27
3.2 Alat Penelitian	27
3.3 Variabel Input dan Variabel Output	27
3.4 Langkah Penelitian	27
3.5 Perancangan Logika Fuzzy Menggunakan Matlab	32
3.6 Teknik Pengumpulan Data	35
3.7 Teknik Analisis Data	35
3.8 Rancangan Penelitian	35
3.8.1 Tahap Awal	35
3.8.2 Perancangan Logika Fuzzy	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil	46
4.1.1 Keadaan Geografis Kawasan Pujon	46
4.1.2 Menentukan Tingkat Kerawanan Longsor Dengan Fuzzy Logic	48
4.2 Pembahasan	53
4.3 Integrasi Dengan Al-Qur'an	54
4.4 Tampilan GUI Tingkat Kerawanan Longsor Dengan Metode Fuzzy	57
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	15
Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	15
Gambar 2.3 Struktur Dasar Logika Fuzzy	16
Gambar 2.4 Komposisi Aturan Fuzzy Metode Max	23
Gambar 2.5 Proses Defuzzifikasi.....	23
Gambar 2.6 Fungsi Implikasi Min	24
Gambar 3.1 FIS Editor	32
Gambar 3.2 Membership Function Editor	33
Gambar 3.3 Rule Editor	34
Gambar 3.4 Rule Viewer.....	34
Gambar 3.5 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	36
Gambar 3.6 Diagram Alir Perancangan Logika Fuzzy	37
Gambar 4.1 FIS Editor	49
Gambar 4.2 Rule Editor	51
Gambar 4.3 Rule Viewer.....	52
Gambar 4.4 Tampilan GUI Tingkat Kerawanan Longsor Kecamatan Pujon	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemberian Skor Parameter Penggunaan Lahan	10
Tabel 2.2 Pembobotan Parameter-Parameter Longsor.....	11
Tabel 3.1 Skor Variabel Curah Hujan.....	28
Tabel 3.2 Skor Variabel Ketinggian.....	28
Tabel 3.3 Skor Variabel Kemiringan Lahan	28
Tabel 3.4 Skor Variabel Penggunaan Lahan.....	29
Tabel 3.5 Skor Variabel Geologi Batuan	30
Tabel 4.1 Himpunan Semesta Pembicaraan.....	50
Tabel 4.2 Himpunan Fuzzy	50
Tabel 4.3 Tingkat Kerawanan Longsor.....	52



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Ketinggian
- Lampiran 2 Data Kemiringan Lahan
- Lampiran 3 Peta Kemiringan Lahan Kecamatan Pujon
- Lampiran 4 Data Penggunaan Lahan
- Lampiran 5 Data Kepadatan Penduduk
- Lampiran 6 Data Curah Hujan
- Lampiran 7 Domain Himpunan Fuzzy Variabel Curah Hujan
- Lampiran 8 Domain Himpunan Fuzzy Variabel Ketinggian
- Lampiran 9 Domain Himpunan Fuzzy Variabel Kemiringan Lahan
- Lampiran 10 Domain Himpunan Fuzzy Variabel Kepadatan Penduduk
- Lampiran 11 Domain Himpunan Fuzzy Variabel Penggunaan Lahan
- Lampiran 12 Himpunan Fuzzy Variabel Tingkat Kerawanan Longsor
- Lampiran 13 Rules Fuzzy
- Lampiran 14 M-file Editor



ABSTRAK

Saputra, Wahyu. 2015. **Analisis Fuzzy Logic Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor Di Kawasan Pujon**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Drs. Abdul Basid, Msi. (II) Erika Rani, M.Si.

Kata Kunci: Longsor, Tingkat Kerawanan, Metode Fuzzy

Longsor merupakan bencana alam yang kejadiannya tidak dapat diperkirakan. Longsor juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Terjadinya longsor disebabkan oleh beberapa faktor, seperti faktor alam maupun faktor manusia. Salah satu daerah yang diduga rawan bencana longsor adalah Kawasan Pujon. Terletak antara $112,26^\circ$ hingga $122,28^\circ$ Bujur Timur dan antara $7,52^\circ$ hingga $7,49^\circ$ Lintang Selatan dengan luas wilayah yang berkisar antara $130,75 \text{ Km}^2$. Penentuan tingkat kerawanan longsor merupakan satu dari beberapa upaya yang dapat dilakukan sebagai peringatan dini dan mitigasi bencana longsor, dengan memperhatikan parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor serta pengaruh masing-masing parameternya. Tingkat kerawanan longsor dapat diketahui dengan menggunakan metode Fuzzy Logic Mamdani. Hasil penelitian diperoleh bahwa Kecamatan Pujon merupakan daerah yang berpotensi untuk terjadinya longsor. Terdapat 2 desa dengan kategori Rawan Longsor dan 8 desa dengan kategori agak rawan longsor. Parameter-parameter yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon adalah parameter curah hujan, ketinggian, kemiringan lahan, kepadatan penduduk, dan penggunaan lahan. Masing-masing parameter mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap kejadian longsor.

ABSTRACT

Saputra, Wahyu. 2015. **Analysis Of Fuzzy Logic Mamdani : Vulnerability Landslide In The Pujon Area**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang.
Lecturer : (I) Drs. Abdul Basid, Msi. (II) Erika Rani, M.Si.

Key words : landslides, vulnerability level, Fuzzy Methods

Landslide is the occurrence of natural disasters which can not be predicted. Landslide also adversely affect to environment. The landslides occurrence is caused by several factors, such as natural and human factors. One of area that estimated prone to landslides are Pujon Region. Pujon are located between 112.26° to 122.28° East longitude and between 7.52° to 7.49° South latitude with an area between 130.75 km^2 . The determination of vulnerability landslides level to is one of several efforts that can be done as early warning and landslides mitigation, having regard parameters affecting the vulnerability landslides level and influence of each parameter. The vulnerability landslides level can be determined by using the Mamdani Fuzzy Logic method. The result showed that Pujon was an area that has landslides potential. There were two villages categorized the Landslide Prone and 8 villages categorized the slightly landslide prone. The parameters that affect the vulnerability landslides level in Pujon area are rainfall parameters, altitude, slope, population density and land use. Each parameter has a different effect on landslides.

مستخلص البحث

سافوترا، واحيو. 2015. تحليلا لمنطق الضبا ييممدا ني: مستو بالضغف انهياراتا لأرضية في مجالفوجون. قسم الفيزياء .
الكلية العلمية والتكنولوجيا. الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف (1) دكتورانديس
عبد البسط الماجستير (2) إيريكارا ني الماجستير

الكلمات الرئيسية : انهياراتالأرضية، مستو بالضغف، تحليلا لمنطق الضبابي

انهياراتالأرضية هو الكوارثالطبيعية الذي لايمكثتوقعحدوثها. كانالانهياراتالأرضيةأثرسليمناحلالبيئة.
وقوعانهياراتأرضيةنتجتعنعدةعوامل،مثاللعواملالطبيعيةوالعواملالبشرية. منطقةواحدة
الذي يزعمتعرضالانهياراتالأرضية هو فيمجالفوجون. تقعين 112.26° إلى 122.28° درجة شرقا وبين 7.52
درجةإلدرجةخطعرض جنوب $07:49$
حيثبلغمساحتهاتراوحبين 2130.75 (كيلومتر مربع). تحديدمستو بالتعرضلانهياراتأرضيةهيوأحدةمنعدةجهودلا
قيامكمبالإذارالمبكر والتخفيفمنأثارالكوارثالانهياراتالأرضية، معالأخذبعنيا الاعتبارالمعلماتالذي يؤثرعلمستو بالتعرضلانهي
اراتأرضيةوتأثيركلمعلمة. مستو بالتعرضلانهياراتأرضيةيمكثالقياسعنطريقاستخدامالمنطقالضبا ييممدا نيتمالحصولعلالنتائج
إنمنطقةفوجونالمنطقةالتيلديهاالقدرةعلالانهياراتالأرضية. هناكنوعانمنقرينتانمعالقائمةالمعرضةالانهياراتالأرضيةو8قربحسبالفئ
ةالمعرضةالانهياراتالأرضيةبالأحرى. المعلماتالتييؤثرعلمستو بالتعرضلانهياراتأرضيةفمنمنطقةفوجون، المعلماتالأطمار، والار
تفاع، والانحدار، والكثافةالسكانية، واستخداملأراضي. كلمعلمةلديهاأثيرمختلفعلوقوعانهياراتأرضية.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu tanda-tanda kekuasaan Allah Swt sebagai Sang Khalik adalah diciptakannya bumi beserta seisinya. Adanya keseimbangan dan keselarasan di setiap ciptaan-Nya yang dipahami sebagai keteraturan alam semesta. Makhluk hidup sebagai penghuni bumi yang merupakan salah satu ciptaan Allah Swt juga berpengaruh terhadap keteraturan alam tersebut. Manusia mempunyai peranan penting dalam menjaga keteraturan alam semesta. Segala tingkah laku manusia yang berlebihan terhadap alam dapat menyebabkan terjadinya kerusakan di bumi yang mengakibatkan terganggunya keteraturan alam, semisal bencana alam sebagaimana dijelaskan dalam firman-Nya:

ظَهَرَ ۞ فَسَادٌ فِي ۞ لَيْرٍ وَ ۞ لِيَجْرَ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي ۞ لِنَّاسٍ لِيُذِيقَهُمْ
بِعَوضٍ ۞ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”(QS. ar-Ruum: 41).

Ayat tersebut menjelaskan tentang dampak negatif yang timbul akibat perbuatan kurang bijak dari manusia. Kerusakan ini diantaranya berupa bencana alam baik di darat maupun di laut. Kerusakan itu dimaksudkan agar manusia merasakan akibat dari perbuatan negatif yang dilakukan terutama dalam memanfaatkan kekayaan alam dan menjaga keteraturan alam. Bencana alam yang

di darat, diantaranya adalah tanah longsor. Demikian pula di dalam al-Qur'an telah diberikan beberapa contoh bencana longsor, salah satunya adalah ayat berikut:

فَجَعَلْنَا عَلَيْهِمْ حِجَارَةً مِّن سِجِّيلٍ ۷٤

“Maka Kami jadikan bahagian atas kota itu terbalik ke bawah dan Kami hujani mereka dengan batu dari tanah yang keras.”(QS.al-Hijr:74)

Dalam ayat tersebut dikatakan bahwa bagian atas kota, maksudnya adalah permukaan tanah. Terbalik ke bawah yakni mengalami kelongsoran sehingga tanah permukaan turun ke bawah. Adapun daerah yang berada di bawah daerah longsor itu seolah-olah dihujani dengan batu dari tanah yang keras. Demikian salah satu contoh bagaimana tanah longsor digambarkan dalam al-Qur'an.

Banyak upaya yang dapat dilakukan untuk menangani bencana longsor yang sering melanda beberapa wilayah di Indonesia. Salah satunya dengan memetakan atau mengklasifikasikan daerah rawan longsor. Menurut Suhadirman (2012), peta kerawanan longsor merupakan bagian dari sistem peringatan dini (*early warning system*) dari bahaya dan resiko longsor sehingga akibat dari bencana longsor dapat diperkirakan dan pada akhirnya dapat diminimalkan. Dengan demikian, untuk mengantisipasi atau mereduksi kerugian akibat masalah longsor, dibutuhkan penanganan dengan memprioritaskan daerah yang rawan longsor (Ritonga, 2011).

Penggunaan metode yang efisien dan akurat diharapkan mampu memberikan hasil yang maksimal dalam memetakan atau mengklasifikasikan daerah rawan longsor. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode fuzzy. Menurut Maulida (2007), metode fuzzy dapat digunakan di berbagai bidang disiplin keilmuan. Hal ini terbukti dari para ilmuwan pada berbagai disiplin ilmu seperti teknik, MIPA, ekonomi, psikologi, dan sosiologi yang memanfaatkan teori logika

fuzzy untuk pengembangan ilmunya. Penggunaan logika fuzzy merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Selain itu, alasan digunakannya logika fuzzy diantaranya konsep yang mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks, didasarkan pada bahasa alami dan lain sebagainya (Kusumadewi, 2003).

Penerapan logika fuzzy yang memberikan output menurut inputannya, mempermudah penentuan tingkat kerawanan longsor di suatu daerah. Oleh karena itu, dapat dilakukan penelitian mengenai **“Analisis Fuzzy Logic Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor di Kawasan Pujon”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, adalah:

1. Bagaimana menentukan tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon dengan menggunakan metode fuzzy logic mamdani?
2. Bagaimana pengaruh masing-masing parameter terhadap tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon dengan menggunakan metode fuzzy logic mamdani.
2. Mengetahui pengaruh masing-masing parameter terhadap tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat member manfaat sebagai berikut:

1. Teoritis
Menambah wawasan mengenai logika fuzzy dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Dapat mengkaji kejadian-kejadian alam secara keilmuan di bidang fisika.
2. Praktis
Metode fuzzy memudahkan penentuan tingkat kerawanan longsor sebagai peringatan dini dan mitigasi bencana. Sehingga dapat meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari bencana longsor.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Kecamatan Pujon dan sekitarnya.
2. Sampel penelitian mencakup 10 desa yang diprediksi rawan longsor di Kecamatan Pujon.
3. Parameter atau variabel yang digunakan adalah curah hujan, ketinggian, kemiringan lahan, penggunaan lahan, dan kepadatan penduduk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Longsor

2.1.1 Definisi Longsor

Longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut. Air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng (Suherlan, 2001).

Jenis tanah pelapukan yang sering di jumpai di Indonesia adalah hasil letusan gunung api. Tanah ini memiliki komposisi sebagian besar lempung dengan sedikit pasir dan bersifat subur. Tanah pelapukan yang berada di atas batuan kedap air pada perbukitan/punggungan dengan kemiringan sedang hingga terjal, berpotensi mengakibatkan tanah longsor pada musim hujan dengan curah hujan berkuantitas tinggi. Jika perbukitan tersebut tidak ada tanaman keras berakar kuat dan dalam, maka kawasan tersebut rawan bencana tanah longsor (Yuko, 2010).

2.1.2 Jenis-jenis Longsor

Longsor terdiri dari beberapa jenis, diantaranya yaitu (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2005):

1. Longsoran translasi

Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai. Jenis longsoran ini paling banyak terjadi di Indonesia.

2. Longsoran rotasi

Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Jenis longsoran ini juga banyak terjadi di Indonesia.

3. Pergerakan blok

Perpindahan batuan yang Bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.

4. Runtuhan batu

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain Bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal terutama di daerah pantai.

5. Rayapan tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang Bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.

6. Aliran bahan rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah Bergerak didorong oleh air. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter

jauhnya. Seperti didaerah aliran sungai di sekitar gunung api. Longsoran jenis ini paling banyak memakan korban jiwa manusia.

2.1.3 Faktor-faktor Penyebab Longsor

Adapun faktor-faktor yang menyebabkan longsor adalah (Yuko, 2010):

1. Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November seiring meningkatnya intensitas hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Muncul pori-pori atau rongga tanah, kemudian terjadi retakan dan rekahan tanah di permukaan. Pada saat hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak. Tanah pun dengan cepat mengembang kembali. Pada musim hujan, kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah itulah, air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Apabila ada pepohonan di permukaan, pelongsoran dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga berfungsi sebagai pengikat tanah.
2. Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.
3. Tanah yang kurang padat dan tebal. Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 meter dan sudut lereng $> 22^\circ$. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor,

terutama bila terjadi hujan. Selain itu, jenis tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek jika terkena air dan pecah jika udara terlalu panas.

4. Batuan yang kurang kuat. Pada umumnya, batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah jika mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor apabila terdapat pada lereng yang terjal.
5. Jenis tata lahan. Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.
6. Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak.
7. Susut muka air danau atau bendungan. Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang, dengan sudut kemiringan waduk 22° mudah terjadi longsor dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.
8. Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng, dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

9. Pengikisan/erosi, pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing.

Selain itu akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, tebing akan menjadi terjal.

10. Adanya material timbunan pada tebing. Untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Sehingga apabila hujan akan terjadi penurunan tanah yang kemudian diikuti dengan retakan tanah.

11. Bekas longsoran lama. Longsoran lama umumnya terjadi selama dan setelah terjadi pengendapan material gunung api pada lereng yang relatif terjal atau pada saat atau sesudah terjadi patahan kulit bumi.

12. Adanya bidang diskontinuitas (bidang tidak sinambung).

13. Penggundulan hutan. Tanah longsor umumnya banyak terjadi didaerah yang relatif gundul dimana pengikatan air tanah sangat kurang.

14. Daerah pembuangan sampah. Penggunaan lapisan tanah yang rendah untuk pembuangan sampah dalam jumlah banyak dapat mengakibatkan tanah longsor apalagi ditambah dengan guyuran hujan, seperti yang terjadi di Tempat Pembuangan Akhir Sampah Leuwigajah di Cimahi. Bencana ini menyebabkan sekitar 120 orang lebih meninggal.

Berdasarkan pengamatan, bahwa longsor disebabkan oleh dua kategori yaitu longsor akibat alami dan longsor akibat aktivitas manusia. Longsor akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, lereng lahan, geologi atau batuan, keberadaan sesar/patahan/gawir, kedalaman tanah sampai lapisan kedap. Sedangkan longsor akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti: penggunaan lahan, infrastruktur, dan kepadatan lingkungan (Sebastian, 2008).

2.2 Kerawanan Longsor

Parameter penentu kerawanan longsor, antara lain yaitu (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2005):

1. Bentuk lahan

Menurut Fachrurazi (2010) lahan yaitu sebuah daerah permukaan bumi dengan sifat yang sangat bervariasi dalam berbagai faktor keadaan topografi, sifat atmosfer, tanah, geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi. Bentang lahan (*landscape*) merupakan wujud luar permukaan bumi yang dapat dilihat dengan mata termasuk ciri-cirinya dan dapat dibedakan satu sama lainnya. Bentuk lahan (*landform*) adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses-proses alami, memiliki komposisi, karakteristik fisik dan visual, misalnya dataran, cekungan, perbukitan, pegunungan, vulkano (gunung api). Unit lahan (*land unit*) adalah suatu lahan yang mempunyai kondisi semacam yaitu memiliki kesamaan dengan iklim, relief, erosi, pola drainase, tanah, material pembentuk, vegetasi dan penggunaannya. Penutup/tutupan lahan (*land cover*) yaitu vegetasi dan konstruksi artifisial yang menutup permukaan lahan dan berkaitan dengan kenampakan permukaan bumi seperti bangunan, danau dan vegetasi. Penggunaan lahan (*land use*) adalah semua jenis kegiatan yang menggunakan lahan untuk semua aktivitas baik itu berkebun, bertani, mendirikan bangunan, perumahan dan lain-lain.

Tabel 2.1 Pemberian Skor Parameter Penggunaan Lahan

No	Kelas	Skor
1.	Hutan alam	1
2.	Semak/Belukar/Rumput	2

3.	Hutan/Perkebunan	3
4.	Tegal/Pekarangan	4
5.	Sawah/Permukiman	5

2. Kelerengan (kemiringan lahan)

Menurut Pratomo (2008) kemiringan lahan mempengaruhi jumlah dan kecepatan limpasan permukaan, drainase permukaan, penggunaan lahan dan erosi. Diasumsikan semakin landai kemiringan lahannya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin curam kemiringan lahan akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Sedangkan menurut Raharjo (2008) semakin landai daerah, maka tingkat kerawanan longsor tinggi begitu pula sebaliknya (Ritonga, 2011).

3. Curah hujan

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (2003) hujan adalah peristiwa jatuhnya cairan (air) dari atmosfer ke permukaan bumi. Hujan berperan menentukan proses sistem hidrologi dalam suatu kawasan, bagaimana karakteristik hujannya dan mempelajari cara menghitung rata-rata hujan pada suatu kawasan dengan berbagai model penghitungan rata-rata curah hujan. Intensitas curah hujan biasanya dinyatakan oleh jumlah curah hujan dalam satuan waktu mm/jam. Jadi intensitas

hujan berarti jumlah presipitasi atau curah hujan dalam waktu relatif singkat (Ritonga, 2011).

Pembobotan adalah pemberian bobot pada masing-masing parameter yang berpengaruh terhadap longsor, dengan didasarkan atas pertimbangan pengaruh masing-masing parameter terhadap longsor. Semakin besar pengaruhnya terhadap longsor maka bobotnya juga akan semakin besar seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2 sebagai berikut (Suhadirman, 2012).

Tabel 2.2 Pembobotan Parameter-Parameter Longsor

No	Parameter banjir	Bobot (%)
1.	Curah hujan	30
2.	Keniringan Lereng	25
3.	Penggunaan Lahan	20
4.	Ketinggian Lahan	15
5.	Geologi Batuan	10

Sumber: Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2015)

Nilai kerawanan longsor suatu daerah dapat ditentukan dari total penjumlahan skor seluruh parameter yang berpengaruh terhadap longsor. Menurut Kingma (1991) nilai kerawanan longsor ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut (Suhadirman, 2012).

$$K = \sum_{i=1}^n (W_i \times X_i) \quad (2.1)$$

dengan:

K = nilai kerawanan

W_i = bobot untuk parameter ke-i

X_i = skor kelas parameter ke-i

Nilai skor kumulatif untuk menentukan tingkat kerawanan longsor dilakukan dengan cara pendugaan sedangkan pemberian bobot untuk menentukan tingkat daerah rawan longsor disesuaikan dengan faktor dominan atau faktor terbesar terjadinya tanah longsor. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (2015) curah hujan merupakan faktor dominan penyebab terjadinya bencana longsor sehingga nilainya lebih tinggi dari parameter lainnya. Curah hujan memiliki bobot sebesar 35% dari total pembobotan, sedangkan tingkat kepadatan penduduk memiliki bobot sebesar 25% dan 20% merupakan bobot yang diberikan untuk penggunaan lahan dan kemiringan lereng (Indrasmoro, 2008).

2.3 Logika Fuzzy

Dalam kamus Oxford, istilah fuzzy didefinisikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *indistinct* (tidak jelas), *imprecisely defined* (didefinisikan secara tidak presisi), *confused* (membingungkan), *vague* (tidak jelas). Penggunaan istilah sistem fuzzy tidak dimaksudkan untuk mengacu pada sebuah sistem yang tidak jelas/kabur/remang-remang definisinya, cara kerjanya, atau deskripsinya. Sebaliknya, yang dimaksud dengan sistem fuzzy adalah sebuah sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasar pada teori *fuzzy logic*. Secara umum, *fuzzy logic* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan (Naba, 2009).

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Teori himpunan logika samar ini dikembangkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Tidak seperti logika boolean, logika fuzzy mempunyai nilai yang kontinue. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu, sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Al Hakim, 2010).

Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain (Kusumadewi, 2003):

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi 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 bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami

2.3.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy (*fuzzy set*) adalah sekumpulan obyek x dimana masing-masing obyek memiliki nilai keanggotaan (*membership function*) " μ " atau disebut

juga dengan nilai kebenaran. Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy. Himpunan *crisp* dapat dinyatakan sebagai nilai yang sebenarnya untuk menyatakan konsep relatif, misalnya seperti kecepatan dan posisi. Di dalam penggunaannya, himpunan ini sangatlah terbatas berbeda dengan ekspresi “cepat”, “lambat”, “jauh”, “dekat” ataupun “besar”, dan “kecil” yang merupakan nilai pendekatan dan tergantung pada konteks pembicaraan. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan, yaitu (Kusumadewi, 2003):

- 1) Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- 2) Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Himpunan fuzzy memiliki dua atribut, yaitu (Kusumadewi, 2003):

- 1) Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : tua, muda, besar, kecil.
- 2) Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti : 40, 25, 50, dsb.

2.3.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) dari himpunan fuzzy adalah suatu fungsi yang menyatakan keanggotaan dari suatu himpunan nilai-nilai. Penentuan nilai-nilai diperoleh dari rule/kaidah fuzzy yang menggunakan metode implikasi (Al Hakim, 2010).

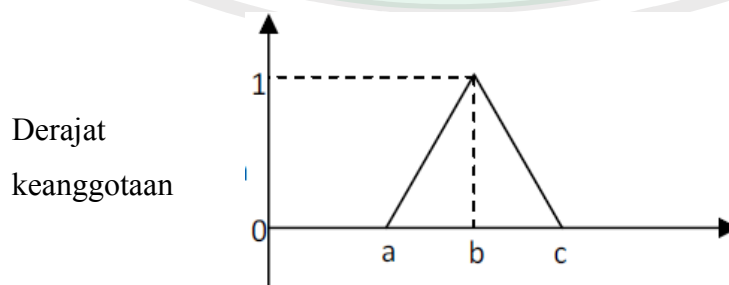
Di dalam sistem fuzzy, fungsi keanggotaan memainkan peranan yang sangat penting untuk merepresentasikan masalah. Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya. Fungsi keanggotaan yang banyak digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga dan fungsi keanggotaan trapesium (Navianti dkk, 2012).

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linear). Fungsi ini terdapat hanya satu nilai x yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika $x = b$. Representasi kurva segitiga memiliki fungsi keanggotaan, yaitu pada persamaan (2.3). $\mu(x) = \text{trimf}(x; a, b, c)$

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

Fungsi keanggotaan segitiga dapat digambarkan seperti pada gambar 2.3 berikut ini.



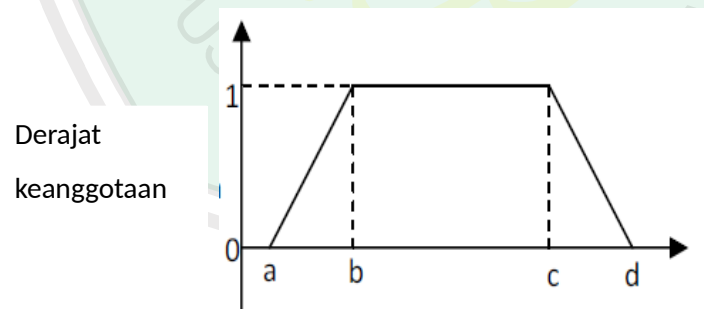
Gambar 2.1 Fungsi Keanggotaan Segitiga

2. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Representasi kurva trapesium memiliki fungsi keanggotaan, yaitu pada persamaan (2.5). $\mu(x) = \text{trapmf}(x; a, b, c, d)$

$$= \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; c < x < d \end{cases} \quad (2.3)$$

Fungsi keanggotaan trapesium dapat digambarkan seperti dalam gambar 2.2



Gambar 2.2 Fungsi Keanggotaan Trapesium

2.3.3 Semesta Pembicara

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari

kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya (Kusumadewi, 2003).

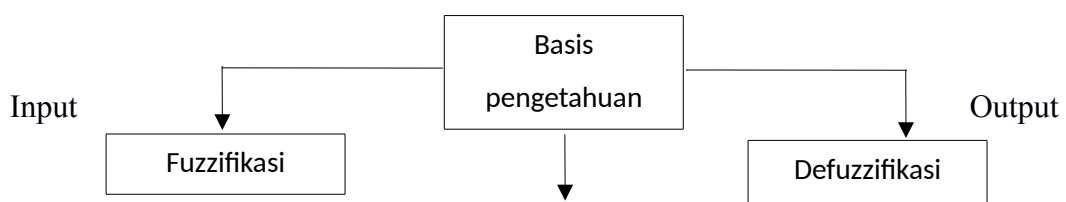
Suatu model variabel fuzzy sering kali dideskripsikan dalam syarat-syarat ruang fuzzy-nya. Ruang ini biasanya tersusun atas beberapa himpunan fuzzy, himpunan-himpunan fuzzy yang *overlap* yang mana masing-masing himpunan fuzzy mendeskripsikan suatu arti tertentu dari variabel-variabel yang diijinkan dalam permasalahan. Keseluruhan ruang permasalahan dari nilai terkecil hingga nilai terbesar yang diijinkan disebut dengan semesta pembicaraan (*universe of discourse*) (Kusumadewi, 2002).

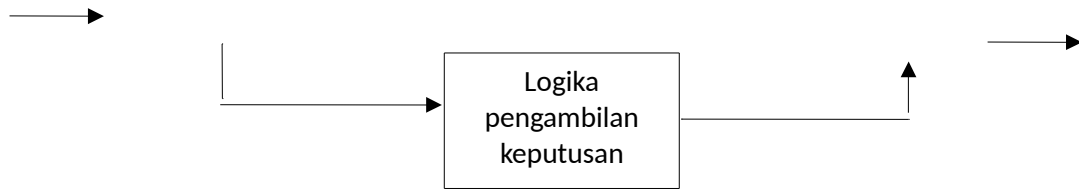
2.3.4 Domain

Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif (Kusumadewi, 2002).

2.3.5 Struktur Dasar Logika Fuzzy

Struktur logika fuzzy digambarkan sebagai berikut (Al Hakim, 2010):





Gambar 2.3 Struktur Dasar Logika Fuzzy

Fungsi dari bagian-bagian di atas adalah sebagai berikut (Al Hakim, 2010):

1. Fuzzifikasi

Berfungsi untuk mentransformasikan sinyal masukan yang bersifat *crisp* (bukan fuzzy) ke himpunan fuzzy dengan menggunakan operator fuzzifikasi.

2. Basis Pengetahuan

Berisi basis data dan aturan dasar yang mendefinisikan himpunan fuzzy atas daerah-daerah masukan dan keluaran dan menyusunnya dalam perangkat aturan.

3. Logika Pengambil Keputusan

Merupakan inti dari Logika Fuzzy yang mempunyai kemampuan seperti manusia dalam mengambil keputusan. Aksi atur fuzzy disimpulkan dengan menggunakan implikasi fuzzy dan mekanisme inferensi fuzzy.

4. Defuzzifikasi

Berfungsi untuk mentransformasikan kesimpulan tentang aksi atur yang bersifat fuzzy menjadi sinyal sebenarnya yang bersifat *crisp* dengan menggunakan operator defuzzifikasi.

2.3.6 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan suatu proses perubahan variable non-fuzzy (*crisp*) kedalam variabel fuzzy, variable input (*crisp*) dipetakan ke bentuk himpunan fuzzy sesuai dengan variasi semesta pembicaraan input. Pemetaan titik-titik numerik (*crisp points*) $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$ ke himpunan fuzzy A pada semesta pembicaraan U . Data yang telah dipetakan selanjutnya dikonversikan ke dalam bentuk *linguistik* yang sesuai dengan label dari himpunan fuzzy yang telah terdefinisi untuk variabel input sistem. Di dalam pemetaan ini terdapat dua kemungkinan pemetaan yaitu (Al Hakim, 2010):

1. Fuzzifikasi singleton: A adalah fuzzy singleton dengan support x

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } x = x_0 \\ 0 & \text{untuk } x \in U \end{cases} \quad (2.4)$$

2. Fuzzifikasi nonsingleton: $\mu_A(x) = 1$ dan $\mu_A(x')$ menurun dari 1 sebagaimana x' bergerak menjauh dari x .

Fuzzifikasi memiliki dua komponen yang utama, yaitu (Al Hakim, 2010):

1. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy

Fungsi keanggotaan Merupakan sebuah kurva yang menggambarkan pemetaan dari input ke derajat keanggotaan antara 0 dan 1. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi fuzzy yang berguna nantinya untuk proses pengolahan secara fuzzy pula. Banyaknya jumlah fungsi keanggotaan dalam *fuzzy set* menentukan banyaknya aturan yang harus dibuat.

2. Label

Didalam Fuzzy set tentunya memiliki beberapa fungsi keanggotaan, jumlah dari keanggotaan inipun disesuaikan dengan banyaknya kebutuhan. Setiap

fungsi keanggotaan dapat didefinisikan dengan label atau nama. Dapat dinyatakan dengan “besar”, “sedang”, “kecil” atau sesuai dengan keinginan.

2.3.7 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari fakta (*Data Base*), dan kaidah atur (*Rule Base*). Fakta merupakan bagian pengetahuan yang memuat informasi tentang objek, peristiwa, atau situasi. Fakta umumnya menyatakan kondisi statik dari suatu objek. Sedangkan kaidah (*Rule base*) berisi informasi tentang cara membangkitkan fakta baru atau hipotesa fakta yang sudah ada (Al Hakim, 2010).

1. Basis Data (*Data Base*).

Basis data berfungsi untuk mendefinisikan himpunan-himpunan fuzzy dari sinyal masukan dan sinyal keluaran agar dapat digunakan oleh variabel linguistik dalam basis aturan. Dalam pendefinisian tersebut biasanya dilakukan secara subjektif dengan menggunakan pendekatan heuristik dan didasarkan pada pengalaman dan pertimbangan yang menyangkut kerekayasaan, sehingga bergantung penuh pada perancang.

2. Kaidah Atur (*Rule Base*).

Kaidah atur dalam fuzzy ini biasanya tersusun dengan pernyataan:

IF (*antecedent*) **THEN** (*consequent*) atau dapat juga **IF** x is A **THEN** y is B .

Antecedent: berisi himpunan fakta input (sebab).

Consequent: berisi himpunan fakta output (akibat).

IF ... THEN ... dalam logika fuzzy akan melakukan pemetaan dari himpunan fuzzy input ke himpunan fuzzy output.

Menginterpretasikan sebuah **IF-THEN rule** meliputi dua bagian. Pertama, mengevaluasi *antecedent*, yaitu melakukan fuzzifikasi pada input dan menerapkan

operasi-operasi *fuzzy logic* dengan operator-operator fuzzy. Kedua, proses implikasi, yaitu menerapkan hasil operasi *fuzzy logic* pada bagian *antecedent* untuk mengambil kesimpulan dengan mengisikan *fuzzy set* keluaran ke variabel keluaran (Naba, 2009).

2.3.8 Logika Pengambil Keputusan

Logika pengambil keputusan sering pula disebut sebagai *Fuzzy Inference System* (FIS) merupakan bagian terpenting dalam logika fuzzy. Langkah yang dilakukan pada tahap ini yaitu mengevaluasi aturan, dimana mengevaluasi aturan mempunyai arti yaitu logika *fuzzy* mengolah dan menyimpulkan proses yang tersusun dari *rule IF...THEN...*, setiap *rule* menghasilkan satu output. Pada dasarnya satu *rule* akan aktif apabila kondisi input memenuhi aturan pernyataan IF. Pengaktifan aturan pernyataan IF menghasilkan *output* kontrol yang didasarkan pada aturan pernyataan THEN. Dalam sistem fuzzy digunakan banyak *rule* yang menyatakan satu atau lebih pernyataan IF. Suatu *rule* dapat pula mempunyai beberapa kondisi input, yang satu sama lainnya dihubungkan dengan *AND* atau *OR* untuk mendapatkan *rule* output (Al Hakim, 2010).

Inferensi Fuzzy merupakan proses dalam memformulasikan pemetaan dari input yang diberikan ke dalam output menggunakan logika fuzzy (Navianti dkk, 2012). FIS (*Fuzzy Inference System*) dapat dibangun dengan dua metode, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Metode Mamdani adalah metode yang paling sering dijumpai ketika membahas metodologi-metodologi fuzzy. Hal ini karena metode ini merupakan metode yang pertama kali dibangun dan berhasil diterapkan. Ebrahim Mamdani adalah orang yang pertama kali mengusulkan

metode ini pada tahun 1975. Mamdani menggunakan sekumpulan IF-THEN *rule* yang diperoleh dari operator/pakar yang berpengalaman (Naba, 2009).

Keluaran FIS tipe Mamdani berupa *fuzzy set* dan bukan sekedar inversi dari fungsi keanggotaan output. Dengan kata lain, untuk menghitung harga keluaran dari suatu IF-THEN *rule*, metode Mamdani harus menghitung luas di bawah kurva *fuzzy set* pada bagian keluaran (THEN-*part*). Selanjutnya, dalam proses defuzzifikasi, metode Mamdani harus menghitung rata-rata (*centroid*) luas yang diboboti dari semua *fuzzy set* keluaran seluruh *rule*, kemudian mengisikan rata-rata tersebut ke variabel keluaran FIS (Naba, 2009).

Untuk mendapatkan output dengan menggunakan metode Mamdani, diperlukan 4 tahapan sebagai berikut (Kusumadewi, 2003).

1. Pembentukan himpunan fuzzy
Pada metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min dengan menggunakan operator AND. Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α -predikat sebagai hasil operasi dimana operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan yang dinyatakan dengan:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2.5)$$

3. Komposisi aturan
Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada tiga metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, salah satunya yaitu metode Max

(Maximum). Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] = \max(\mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i]) \quad (2.6)$$

Proses inferensi dengan menggunakan metode Max dalam melakukan komposisi aturan seperti yang terlihat pada gambar 2.4.

4. Penegasan (defuzzy)

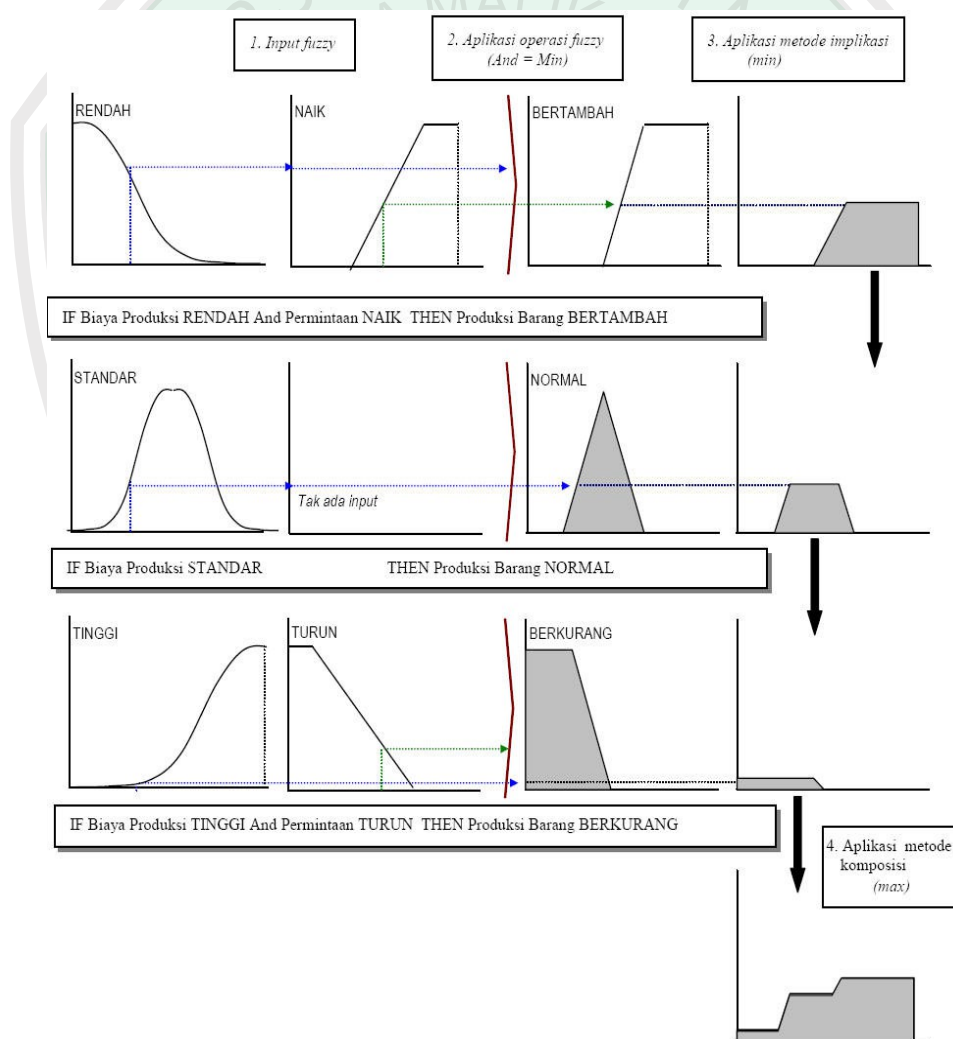
Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.5.

2.3.9 Implikasi

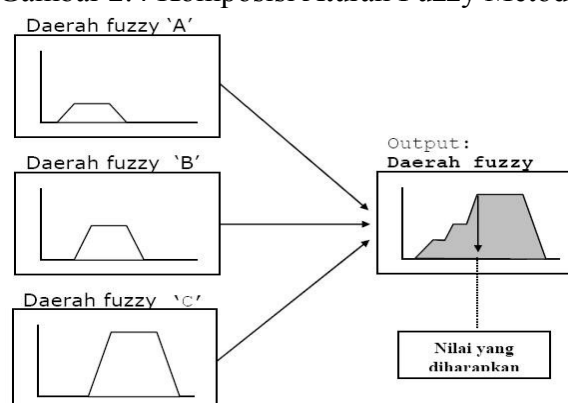
Implikasi adalah proses mendapatkan *consequent*/keluaran sebuah IF-THEN *rule* berdasarkan derajat kebenaran *antecedent*. Namun ketika *rule* diberi bobot maka keluaran IF-THEN *rule* juga harus dikalikan dengan bobot tersebut. Umumnya bobot *rule* diset 1 sehingga tidak mempunyai pengaruh sama sekali pada proses implikasi. Namun sebuah *rule* bisa diboboti dengan bilangan antara 0 dan 1. Semakin besar bobot *rule* berarti semakin besar efek *rule* tersebut pada keluarannya. Setelah setiap *rule* diberi bobot, proses implikasi baru bisa dilakukan. Implikasi dilakukan pada tiap *rule*. Masukan dari proses implikasi

adalah derajat kebenaran bagian *antecedent* dan *fuzzy set* pada bagian *consequent*. Implikasi akan mengubah bentuk *fuzzy set* keluaran yang dihasilkan dari *consequent* (Naba, 2009).

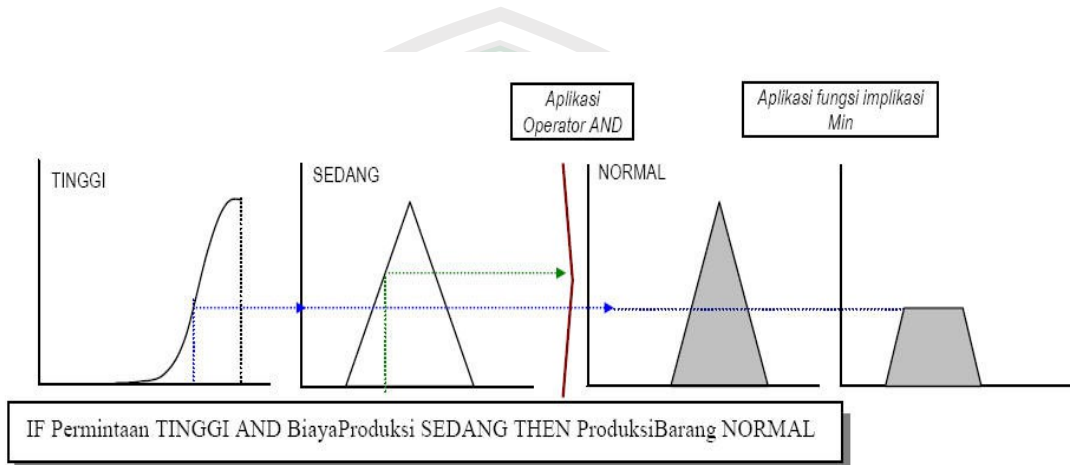
Proses implikasi yang dilakukan dengan menggunakan fungsi Min akan memotong output himpunan fuzzy seperti pada gambar 2.6 (Kusumadewi, 2003):



Gambar 2.4 Komposisi Aturan Fuzzy Metode Max



Gambar 2.5 Proses Defuzzifikasi



Gambar 2.6 Fungsi Implikasi Min

2.3.10 Agregasi

Setelah keluaran setiap IF-THEN *rule* ditentukan (yaitu berupa *fuzzy set* keluaran yang sudah diboboti) pada tahap implikasi maka tahap selanjutnya adalah melakukan proses agregasi, yaitu proses mengombinasikan keluaran semua IF-THEN *rule* menjadi sebuah *fuzzy set* tunggal. Jika bagian *consequent* terdiri lebih dari satu pernyataan maka proses agregasi dilakukan secara terpisah untuk tiap variabel keluaran IF-THEN *rule*. Pada dasarnya agregasi adalah operasi *fuzzy logic* OR dengan masukannya adalah semua *fuzzy set* keluaran dari IF-THEN *rule* (Naba, 2009).

2.3.11 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses merubah output fuzzy dari FIS (*Fuzzy Inference System*) menjadi output *crisp*. Bentuk umum proses defuzzifikasi dinyatakan dengan (Al Hakim, 2010):

$$Z_0 = \text{defuzzifier}(z) \quad (2.7)$$

dimana z adalah aksi pengendalian fuzzy, Z_0 adalah aksi pengendali *crisp*, dan *defuzzifier* adalah operator defuzzifikasi (Al Hakim, 2010).

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output (Kusumadewi, 2002).

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan Mamdani, salah satunya adalah metode centroid (*Composite Moment*). Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy yang dirumuskan sebagai berikut (Kusumadewi, 2002):

$$Z = \frac{\int x\mu(x)dx}{\int \mu(x)dx} \quad (2.8)$$

dengan:

z = nilai defuzzifikasi

x = anggota himpunan fuzzy \bar{A}

$\mu_{\bar{A}}(x)$ = derajat keanggotaan suatu elemen x dalam suatu himpunan

Ada dua keuntungan menggunakan metode centroid, yaitu (Kusumadewi, 2002):

1. Nilai defuzzy akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu topologi himpunan fuzzy ke topologi berikutnya juga akan berjalan dengan halus.
2. Mudah dihitung.

2.4 Deskripsi Wilayah Penelitian

2.4.1 Letak Geografis

Kecamatan Pujon merupakan sebuah kawasan yang terletak antara $110^{\circ}10'$ sampai $111^{\circ}40'$ Bujur Timur dan antara $7^{\circ}21'$ sampai $7^{\circ}31'$ Lintang Selatan. Luas Kecamatan Pujon seluruhnya adalah $130,75 \text{ Km}^2$ dan terdiri dari 10 desa (Malangkab,2015).



Gambar 2.7 Peta Kecamatan Pujon

2.4.2 Batas Wilayah

Adapun batas wilayah Kecamatan Pujon adalah sebagai berikut (Malangkab,2015):

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Mojokerto.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Kota Batu.
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Dau dan Kabupaten Blitar.
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Ngantang.

2.4.3 Kondisi Topografi

Kondisi topografi merupakan salah satu kondisi fisik yang dapat mengetahui potensi dan kendala fisik perkembangan suatu kawasan/wilayah. Kondisi topografi erat kaitannya dengan letak ketinggian dan kemiringan lereng suatu lahan. Secara umum dapat dideskripsikan bahwa wilayah Kecamatan Pujon mempunyai kontur berbukit dengan ketinggian 1100 di atas permukaan laut. Wilayah Kecamatan Pujon dikelilingi oleh gunung-gunung, antara lain : Gunung Banyak yang berbatasan dengan Kota Batu, Gunung Kawi, Gunung Cemoro Kandang, Gunung Parangklakah, Gunung Dworowati, Gunung Argowayang, Gunung Gentong Growah, Gunung Biru, dan Gunung Anjasmoro (Malangkab,2015).

2.4.4 Tinjauan Geologi

Dari struktur geologi, Kecamatan Pujon memiliki macam tanah kompleks Andosol coklat, Andosol coklat kekuningan, dan Litosol, serta Asosiasi Andosol coklat dan Glei humus (Malangkab,2015).

2.4.5 Tinjauan Hidrologi

Secara hidrografis wilayah Kecamatan Pujon terdapat Sungai Konto yang mengalir melintasi wilayah Kecamatan Pujon dan Ngantang kemudian berakhir di Bendungan Selorejo (Malangkab,2015).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Komputasi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang pada bulan Oktober 2015 sampai selesai.

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Seperangkat Personal Computer (PC) tipe Intel Core i3-2310M @ 2,10 GHz dan sistem operasi Microsoft Windows 7 untuk membuat program dan penulisan laporan.
2. Perangkat lunak (Software) untuk perancangan logika fuzzy dan pembuatan GUI sebagai interpretasi hasilnya menggunakan Matlab versi 7.10.

3.3 Variabel Input dan Variabel Output

Penelitian ini menggunakan dua macam variabel, yaitu variabel input dan variabel output. Variabel input terdiri dari lima variabel, diantaranya yaitu: curah hujan, ketinggian, kemiringan lahan, penggunaan lahan, dan kepadatan penduduk. Variabel outputnya berupa tingkat kerawanan longsor.

3.4 Langkah Penelitian

1. Membentuk variabel input dan variabel output
Variabel input berupa curah_hujan, ketinggian, kemiringan_lahan, penggunaan_lahan, dan kepadatan_penduduk, sedangkan variabel output berupa tingkat_kerawanan_longsor.
2. Menentukan pembobotan atau skoring masing-masing variabel input
Penentuan bobot atau skoring tiap-tiap variabel input dimaksudkan untuk mempermudah pengolahan data sekunder dalam membuat rancangan fuzzy.
Berikut ini skor untuk masing-masing variabel input.

a. Variabel curah hujan

Tabel 3.1 Skor Variabel Curah Hujan

No	Jumlah curah hujan (mm/hari)	Skor
1.	20-50	1
2.	50-100	5
3.	>100	9

b. Variabel ketinggian

Tabel 3.2 Skor Variabel Ketinggian

No	Kelas	Skor
1.	<1100 m dpl	1
2.	1100-1200 m dpl	5
3.	1200 m dpl	9

c. Variabel kemiringan lahan

Tabel 3.3 Skor Variabel Kemiringan Lahan

No	Kelas	Skor
1.	0-8 %	1
2.	8-15 %	3

3.	15-25 %	5
4.	25-40 %	7
5	>40%	9

d. Variabel penggunaan lahan

Tabel 3.4 Skor Variabel Penggunaan Lahan

No	Kelas	Skor
1.	Tidak ada vegetasi	1
2.	Sedikit vegetasi	5
3.	Banyak vegetasi	9

e. Variabel Kepadatan Penduduk

Tabel 3.5 Skor Variabel Kepadatan Penduduk

No	Kelas	Skor
1.	Rendah	1
2.	Sedang	5
3.	Tinggi	9

3. Membentuk himpunan fuzzy

Variabel input membentuk himpunan fuzzy dan semesta pembicaraan sebagai

berikut.

- a. Variabel input curah_hujan = {**Basah, Lembab, Kering**}
- b. Variabel input ketinggian = {**Rendah, Agak Tinggi, Tinggi**}
- c. Variabel input kemiringan_ahan = {**Landai, Agak Curam, Curam**}
- d. Variabel input kepadatan_penduduk = {**Rendah, Sedang, Tinggi**}
- e. Variabel input penggunaan_lahan = {**Tidak Ada Vegetasi, Sedikit**

Vegetasi, Banyak Vegetasi}

Variabel output membentuk himpunan fuzzy dan semesta pembicaraan

sebagai berikut.

a. Variabel output Tingkat_Kerawanan Longsor = {**Rawan, Agak rawan,**

Tidak Rawan}

4. Membentuk himpunan semesta pembicaraan masing-masing variabel
Semesta pembicaraan masing-masing variabel ditunjukkan pada tabel 3.6

berikut ini.

Tabel 3.6 Himpunan Semesta Pembicaraan

Fungsi	Variabel	Semesta pembicaraan
Input	Curah hujan	[x,y]
	Ketinggian	[x,y]
	Kemiringan lahan	[x,y]
	Kepadatan Penduduk	[x,y]
	Penggunaan lahan	[x,y]
Output	Tingkat Kerawanan longsor	[a,b]

Dimana :

x = nilai terendah dari data

y = nilai tertinggi dari data

a = batas minimum variabel output

b = batas maksimum variabel output

5. Menentukan fungsi keanggotaan masing-masing variabel
Fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi keanggotaan trapesium dan segitiga yang dikombinasikan membentuk kurva bentuk bahu dengan kaidah berikut ini.

a. $\mu(x) = \text{trapmf}(x; a, b, c, d)$

$$= \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (3.1)$$

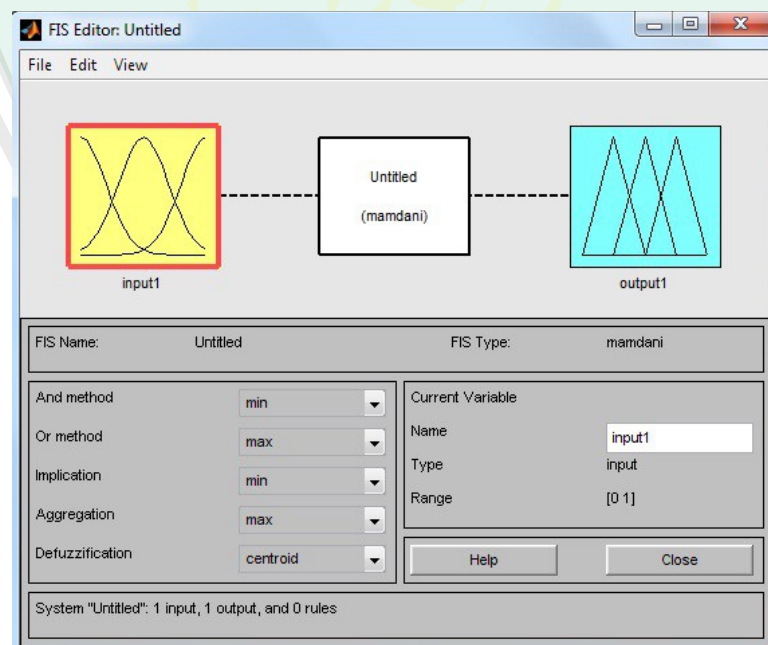
b. $\mu(x) = \text{trimf}(x; a, b, c)$

6. Menentukan basis data
- Pendekatan yang digunakan adalah:
- a) Semakin tinggi balok, semakin kecil tingkat kerawanan longsor.
- b) Semakin besar daerah, semakin kecil tingkat kerawanan longsor.
- c) Daerah yang mempunyai ketinggian tinggi dibandingkan daerah sekitarnya berpotensi kecil untuk terjadi longsor.
- d) Daerah kepadatan penduduk tinggi memiliki tingkat kerawanan semakin tinggi.
- e) Lahan yang tidak ditanami vegetasi memiliki tingkat kerawanan semakin tinggi.
7. Menentukan kaidah aturan
- Setelah menentukan fungsi keanggotaan, dibuat kaidah aturan menggunakan pernyataan jika-maka (**IF-THEN**) dengan contoh sebagai berikut:
- IF** curah_hujan (Basah), **AND** kemiringan_lahan (Landai), **AND** ketinggian (Tinggi), **AND** penggunaan_lahan (Tidak Ada Vegetasi), **AND** kepadatan_penduduk (Tinggi), **THEN** tingkat_kerawanan_longsor (Rawan).
8. Menentukan nilai Z
- Nilai Z diperoleh dari hasil output perancangan fuzzy dengan inputan data masing-masing variabel input dalam setiap sampel pada kolom yang disediakan. Hasilnya akan muncul secara otomatis berupa angka.
9. Menentukan tingkat kerawanan longsor untuk masing-masing sampel yang berjumlah 10 sampel. Tingkat kerawanan longsor ditentukan dengan mengubah keluaran fuzzy yang berupa nilai Z ke dalam bentuk himpunan fuzzy.

10. Menginterpretasikan hasil tersebut dengan menggunakan GUI (Graphic User Interface).

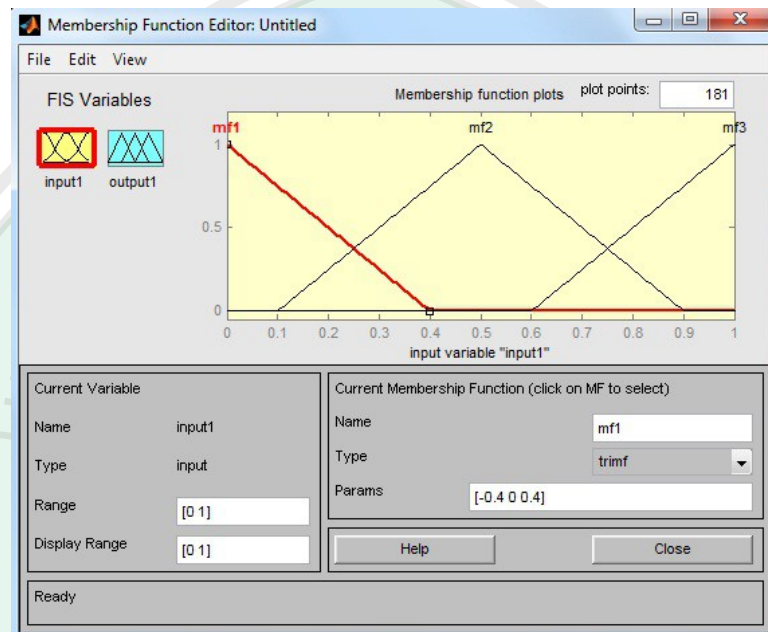
3.5 Perancangan Logika Fuzzy Menggunakan Matlab

Terdapat beberapa langkah yang diperlukan dalam membangun sistem fuzzy. Langkah pertama yang dilakukan, yaitu menentukan banyaknya inputan dan output yang diinginkan dengan FIS editor seperti pada gambar 3.1. Untuk menambahkan jumlah inputan dipilih menu Edit, kemudian Add Variabel, selanjutnya Add Input. Maka akan muncul kotak berwarna kuning yang baru dengan label input2. Label tersebut dapat diubah dengan menggantinya pada kolom Nama sesuai dengan yang diinginkan. Hal serupa dapat dilakukan untuk mengubah label output1.



Gambar 3.1 FIS Editor

Langkah berikutnya mendefinisikan fungsi-fungsi keanggotaan masing-masing variabel input dan variabel output melalui Membership Function Editor yang ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini.

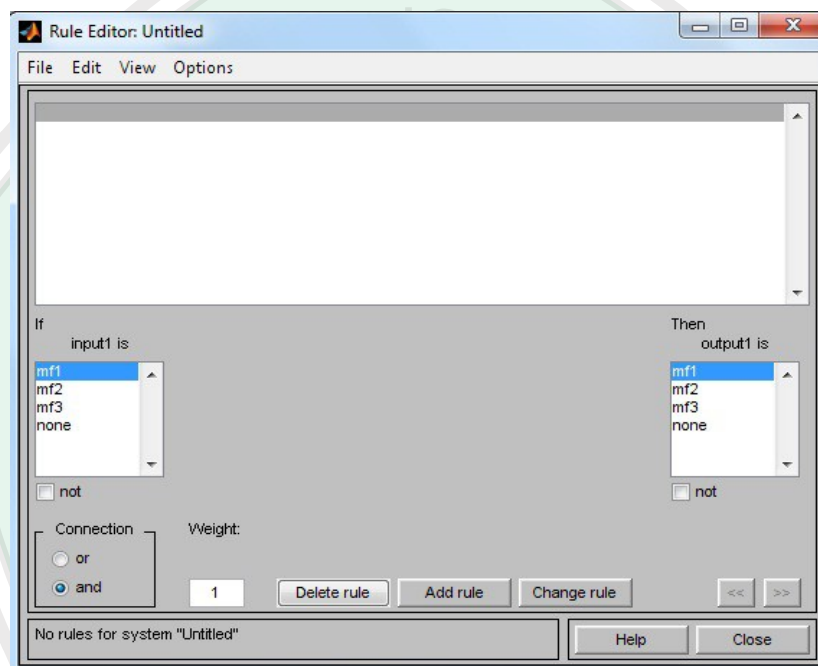


Gambar 3.2 Membership Function Editor

Untuk mengetahui kurva-kurva fungsi keanggotaan dapat dilakukan dengan mengklik salah satu ikon yang hasilnya ditampilkan di sebelah kanan. Bentuk kurva dan label kurva dapat diubah sesuai kebutuhan dengan mengubahnya pada kolom Tipe dan Nama. Terdapat 11 macam fungsi keanggotaan yang dapat dipilih pada *Fuzzy logic Toolbox* (Naba, 2009). Semesta pembicaraan diinputkan pada kolom *Range* dan *Display Range*.

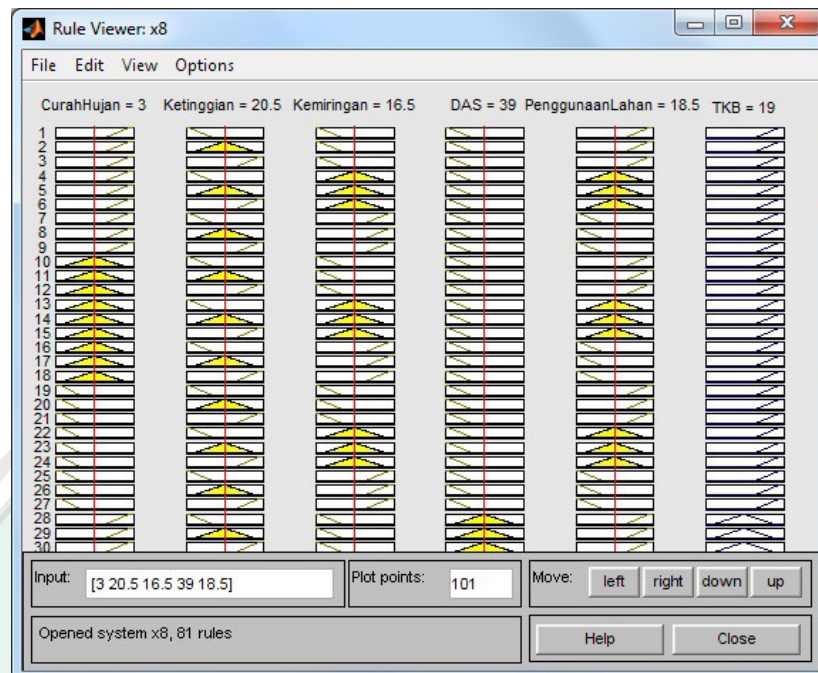
Selanjutnya mendefinisikan IF-THEN *rule* dengan Rule Editor. Penggunaannya mempermudah penyusunan pernyataan-pernyataan IF-THEN *rule* secara otomatis dengan mengklik sebuah item opsi nilai linguistik untuk

setiap variabel input dan outputnya. Rule yang sudah didefinisikan akan ditampilkan dalam format *verbose* atau kalimat yang panjang. Setiap pernyataan diberi bobot 1 untuk menyatakan rule tersebut berpengaruh dalam sistem yang dibangun (Naba, 2009). Rule Editor ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 3.3 Rule Editor

Keseluruhan proses ditampilkan pada Rule Viewer yang ditunjukkan dalam gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Rule Viewer

Banyaknya kolom pada Rule Viewer menunjukkan jumlah inputan yang digunakan. Harga masukan dapat diubah secara manual dengan mengetikkannya pada kolom input. Posisi garis merah menunjukkan harga masukannya. Nilai Z dapat dilihat pada kolom input yang secara otomatis akan muncul setelah harga masukan diketikkan.

3.6 Teknik Pengumpulan data

Data-data yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dan diperoleh dari beberapa instansi terkait, seperti: BMKG Karangploso dan BPS Kabupaten Malang.

3.7 Teknik Analisis Data

Data-data yang diperoleh selanjutnya diolah hingga mendapatkan hasil berupa tingkat kerawanan banjir untuk kemudian dibandingkan dengan data-data sekunder yang ada di lapangan.

3.8 Rancangan Penelitian

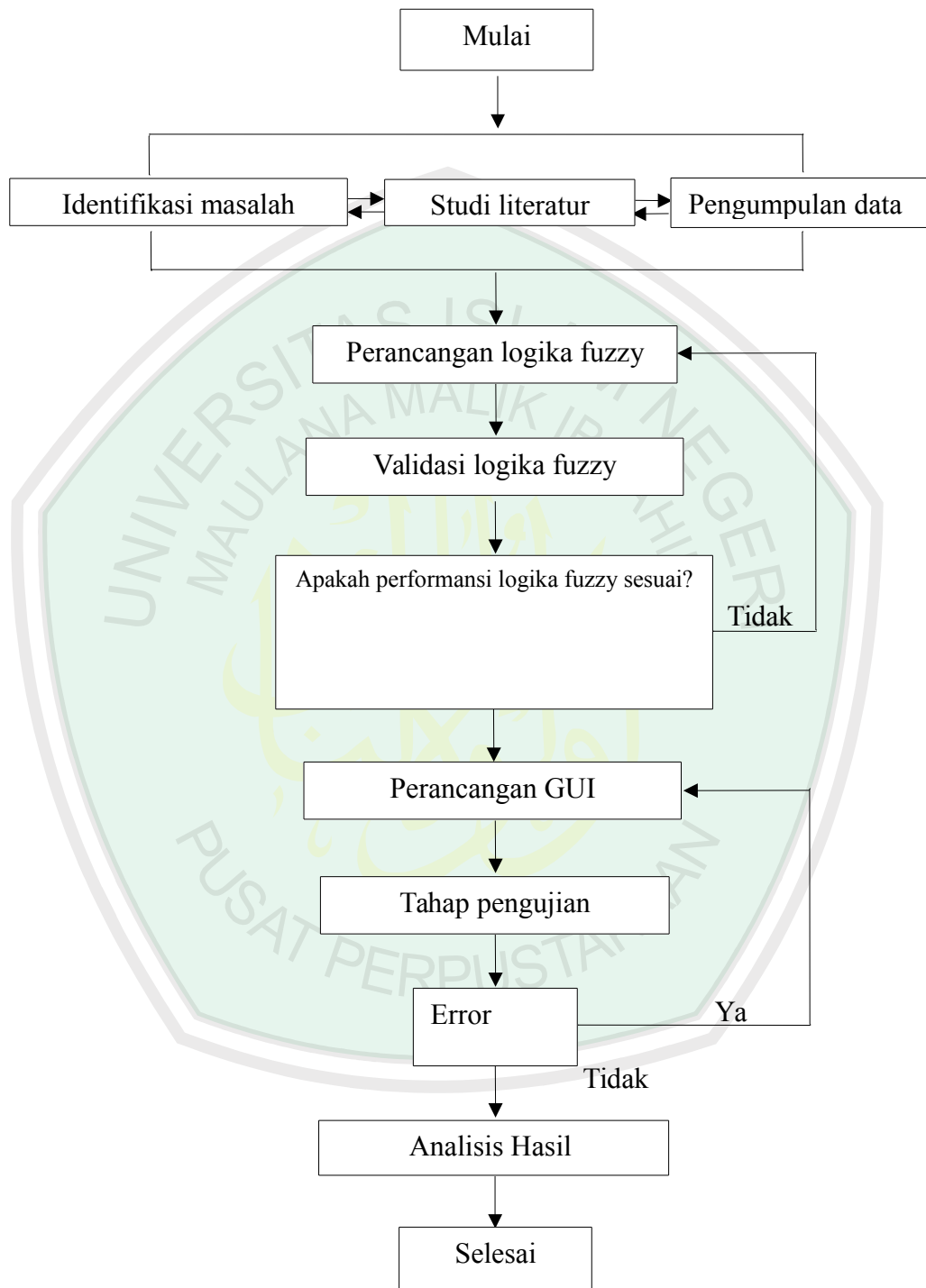
Rancangan penelitian dalam hal ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian mengenai Analisis Fuzzy Logic Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor di Kawasan Pujon yang dijelaskan dalam diagram alir rancangan penelitian gambar 3.5.

3.8.1 Tahap Awal

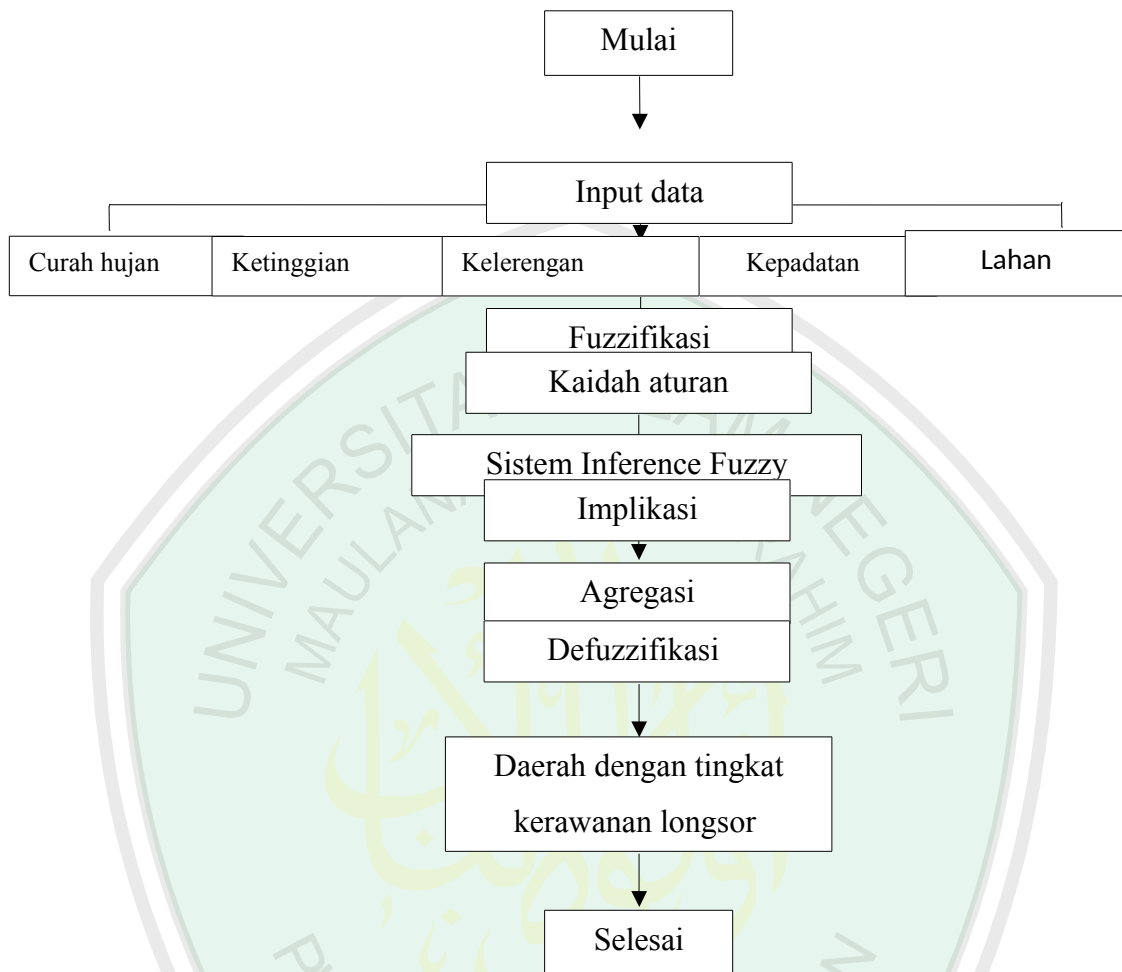
Merupakan tahap mengidentifikasi masalah di lokasi penelitian, yaitu Kawasan Pujon. Dalam hal ini, masalah yang diidentifikasi berupa kejadian longsor. Kemudian melakukan studi literatur untuk mengumpulkan informasi yang ada mengenai longsor. Berikutnya mengumpulkan data-data dari instansi terkait berupa data curah hujan, data kelerengan lahan, data ketinggian, data kepadatan penduduk, dan data penggunaan lahan.

3.8.2 Perancangan Logika Fuzzy

Ada beberapa tahapan dalam perancangan logika fuzzy yang dijelaskan pada gambar 3.6.



Gambar 3.5 Diagram Alir Rancangan Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Perancangan Logika Fuzzy

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Keadaan Geografis Kawasan Pujon

Kecamatan Pujon merupakan sebuah kecamatan yang terletak antara $112,26^{\circ}$ hingga $122,28^{\circ}$ Bujur Timur dan antara $7,52^{\circ}$ hingga $7,49^{\circ}$ Lintang Selatan. Luas wilayah Kecamatan Pujon seluruhnya berkisar $130,75 \text{ Km}^2$. Keadaan ketinggian daerah Kecamatan Pujon bervariasi, mulai dari 1000 m dpl hingga mencapai 1550 m dpl. Ketinggian suatu wilayah adalah ukuran tinggi area yang diukur dari permukaan laut. Dari 10 sampel desa yang diambil, masing-masing mempunyai ketinggian yang berbeda-beda. Ketinggian 1008 m dpl mencakup wilayah desa Bendosari. Ketinggian antara 1051 m dpl mencakup wilayah desa Sukomulyo. Ketinggian 1108 m dpl mencakup wilayah desa Pujon Kidul. Ketinggian 1129 m dpl mencakup wilayah desa Pujon Lor. Ketinggian 1164 m dpl mencakup wilayah desa Pandesari. Ketinggian 1077 mencakup wilayah desa Ngroto. Ketinggian 1182 m dpl mencakup wilayah desa Ngabab. Ketinggian 1151 m dpl mencakup wilayah desa Tawangsari. Ketinggian 1120 m dpl mencakup wilayah desa Madiredo. Terakhir di ketinggian 1546 m dpl mencakup wilayah desa Wiyurejo.

Kelerengan merupakan derajat kemiringan suatu wilayah yang biasanya dinyatakan dengan persen (%). Kemiringan lahan untuk masing-masing sampel juga bervariasi, 10 desa berturut-turut yang terdiri dari Desa Bendosari, Sukomulyo, Pujon Kidul, Pandesari, Pujon Lor, Ngroto, Ngabab, Tawangsari, Madiredo, dan Wiyurejo masing-masing memiliki tingkat kemiringan lereng yang

di klasifikasikan berdasarkan kelasnya. Kemiringan lahan antara 0-8 % mencakup Desa Pandesari. Sementara itu, kemiringan lahan antara 8-15 % meliputi wilayah Desa Pujon Kidul dan Tawangsari. Kemiringan lahan antara 25-40 % meliputi wilayah Sukomulyo dan Ngroto Winongan. Terakhir untuk kemiringan lahan >40 % mencakup 5 wilayah desa. Yaitu Desa Bendosari, Pujon Lor, Ngabab, Madiredo dan Wiyurejo. Untuk kemiringan lahan antara 0-8 % termasuk daerah relatif datar. Kemiringan lahan antara 8-15 % merupakan daerah yang landai. Kemiringan lahan antara 15-25 % adalah daerah agak curam, sedangkan kisaran 25-40 % termasuk daerah curam dan >40 % merupakan daerah sangat curam.

Curah hujan termasuk dalam parameter yang berubah-ubah. Dalam rentang waktu 10 tahun, curah hujan di Kecamatan Pujon berbeda-beda antara satu dengan yang lainnya. Curah hujan yang paling rendah yaitu pada tahun 2012, sebesar 68 milimeter sedangkan curah hujan paling tinggi yaitu pada tahun 2007, sebesar 182 milimeter.

Penggunaan lahan atau vegetasi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi untuk proses terjadinya longsor. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang Tahun 2014 dari 10 desa di kecamatan Pujon masing-masing memiliki status penggunaan lahan yang bervariasi dalam bentuk prosentase (%). Untuk menghitung prosentase penggunaan lahan dibutuhkan luas total dan luas dari penggunaan lahan untuk areal persawahan dari tiap desa. Selanjutnya dari hasil prosentase ini akan diklasifikasikan kedalam kategori banyak vegetasi, kurang vegetasi, atau tidak ada vegetasi. Penggunaan lahan tiap desa di kecamatan Pujon bervariasi. Dimulai dari desa Bendosari dengan prosentase penggunaan lahan sebesar 11,47 %. Desa Sukomulyo sebesar 31,93 %. Desa Pujon Kidul

sebesar 17,88 %. Desa Pandesari sebesar 18,64 %. Desa Pujon Lor sebesar 3,92 %. Desa Ngroto sebesar 54,4 %. Desa Ngabab sebesar 23,29 %. Desa Tawangsari sebesar 26,39 %. Desa Madiredo sebesar 42,72 %. Terakhir desa Wiyurejo dengan prosentase penggunaan lahan sebesar 29,04 %. Sistem penggunaan lahan di Kecamatan Pujon adalah sistem persawahan dimana sawah adalah penggunaan lahan yang paling memicu untuk terjadinya longsor. Sehingga setelah mengetahui prosentase penggunaan lahan masing-masing desa maka akan diketahui desa mana dengan penggunaan lahan yang paling tinggi dan paling rendah.

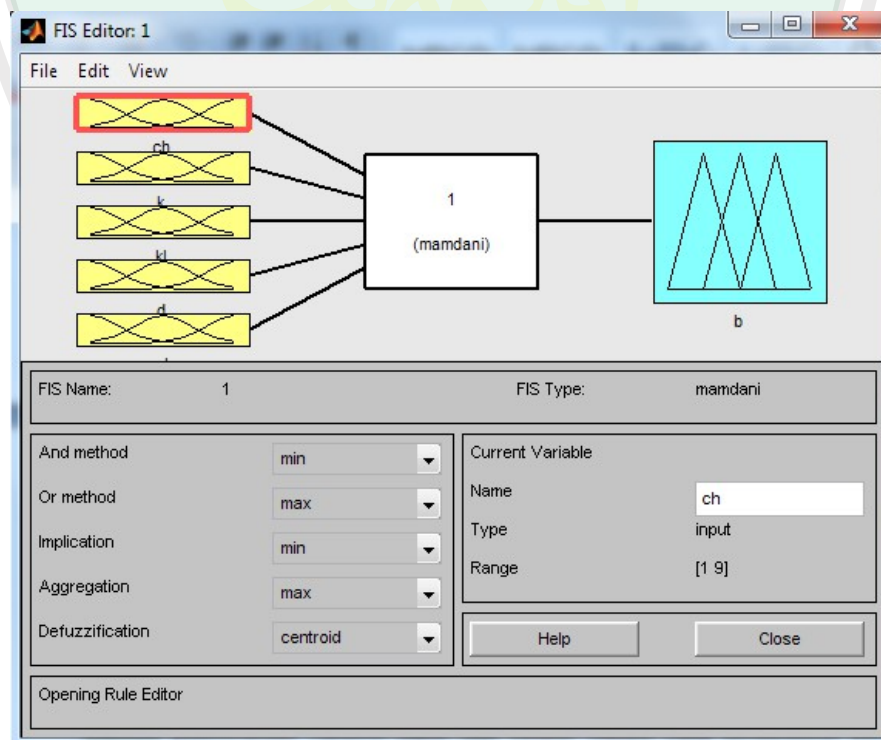
Kepadatan penduduk adalah perbandingan antara banyaknya penduduk dengan luas wilayahnya. Satuan yang digunakan pada umumnya adalah Km^2 . Kepadatan penduduk di suatu wilayah tidaklah sama. Semakin padat jumlah penduduk di suatu wilayah maka akan semakin tinggi kemungkinan untuk terjadinya longsor di wilayah tersebut. Kepadatan penduduk di Kecamatan Pujon bervariasi untuk tiap-tiap desa. Dimulai dari Desa Bendosari dengan kepadatan penduduk sebesar 1971 jiwa/ km^2 . Desa Sukomulyo sebesar 1836 jiwa/ km^2 . Desa Pujon Kidul sebesar 797 jiwa/ km^2 . Desa Pandesari sebesar 2014 jiwa/ km^2 . Desa Pujon Lor sebesar 2239 jiwa/ km^2 . Desa Ngroto sebesar 2501 jiwa/ km^2 . Desa Ngabab sebesar 1759 jiwa/ km^2 . Desa Tawangsari sebesar 1743 jiwa/ km^2 . Desa Madiredo sebesar 3034 jiwa/ km^2 . Terakhir Desa Wiyurejo dengan kepadatan penduduk sebesar 1743 jiwa/ km^2 .

4.1.2 Menentukan Tingkat Kerawanan Longsor Dengan Metode Fuzzy Logic

Tingkat kerawanan longsor ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang mempengaruhi. Parameter-parameter yang mempengaruhi longsor dapat dibagi menjadi dua, yaitu parameter yang bersifat tetap dan yang berubah-ubah.

Parameter yang bersifat tetap dalam hal ini adalah keadaan bentang alam suatu wilayah, seperti keadaan topografi yang meliputi geologi batuan ketinggian dan kelerengan. Sedangkan yang termasuk dalam parameter yang berubah-ubah, yaitu penggunaan lahan dan curah hujan.

Mengklasifikasikan kerawanan longsor berdasarkan tingkatannya merupakan salah satu cara dalam menanggulangi longsor serta untuk keperluan mitigasi bencana. Dengan menggunakan Fuzzy Logic Mamdani, ada beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah pertama, yaitu menentukan variabel input dan variabel output pada FIS Editor yang ditunjukkan pada gambar 4.1. Selain menentukan variabel-variabel input dan output, ditentukan juga label untuk masing-masing variabel serta metode yang akan digunakan dalam proses implikasi, agregasi dan defuzzifikasi.



Gambar 4.1 FIS Editor

Kemudian menentukan semesta pembicaraan variabel input dan output seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Himpunan Semesta Pembicaraan

Fungsi	Variabel	Semesta pembicaraan
Input	Curah hujan	[1,9]
	Ketinggian lahan	[1 9]
	Kemiringan lahan	[1 9]
	Kepadatan Penduduk	[1 9]
	Penggunaan lahan	[1 9]
Output	Tingkat Kerawanan	[1 82]

(Sumber: Analisis Penulis)

Selanjutnya mendefinisikan himpunan dan fungsi-fungsi keanggotaan masing-masing variabel pada *Fuzzy Logic Toolbox* dengan seperti pada tabel 4.2.

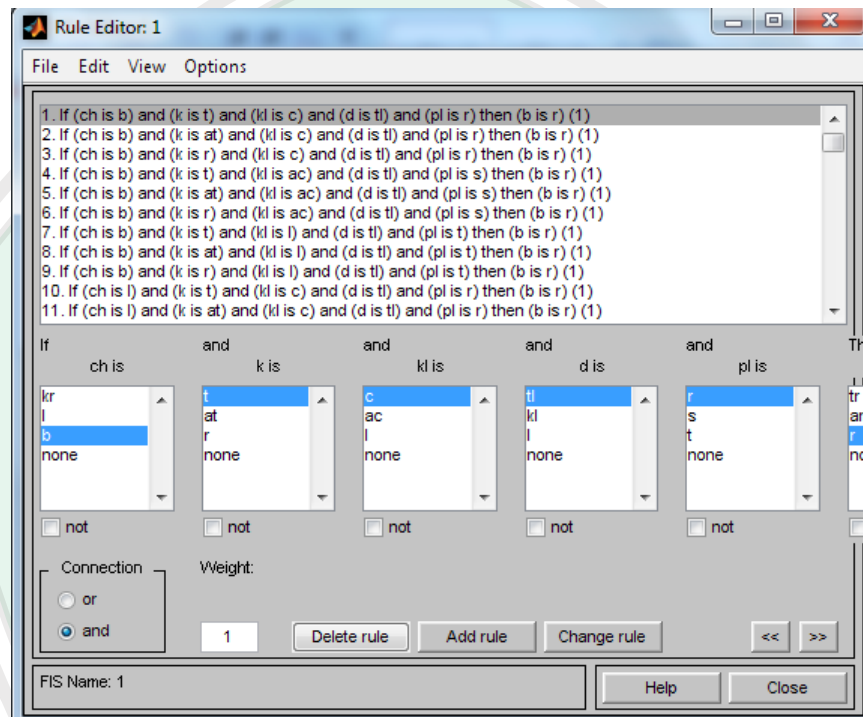
Tabel 4.2 Himpunan Fuzzy

Variabel	Nama Himpunan Fuzzy
Curah hujan	Kering
	Lembab
	Basah
Ketinggian Lahan	Rendah
	Agak tinggi
	Tinggi
Kemiringan lahan	Datar
	Landai
	Agak Curam
	Curam
Kepadatan Penduduk	Sangat Curam
	Rendah
	Sedang
Penggunaan lahan	Tinggi
	Tidak ada Vegetasi
	Sedikit Vegetasi
Tingkat Kerawanan	Banyak Vegetasi
	Tidak rawan
	Agak rawan

Longsor	Rawan
---------	-------

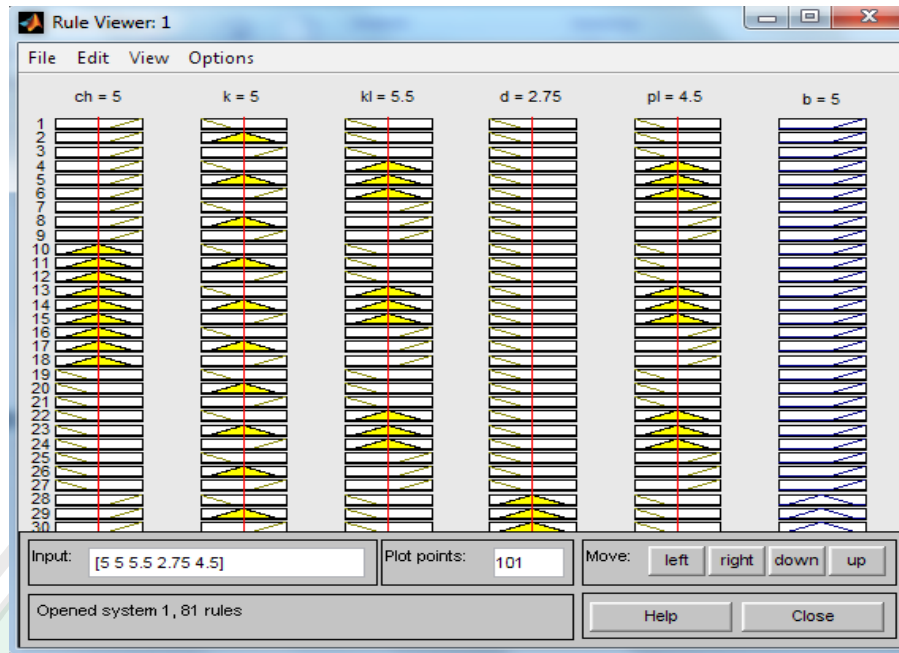
(Sumber: Analisis Penulis)

Selanjutnya adalah membuat aturan untuk mengoperasikan sistem. Aturan-aturan tersebut disusun dengan bantuan Rule Editor berikut ini.



Gambar 4.2 Rule Editor

Terdapat 405 kombinasi aturan yang terbentuk seperti yang ditunjukkan dalam lampiran. Setelah menentukan aturan yang digunakan, tahap berikutnya yaitu mengevaluasi aturan dan defuzzifikasi. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid dengan proses yang ditunjukkan pada Rule Viewer berikut ini.



Gambar 4.3 Rule Viewer

Output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan yang kemudian diubah menjadi himpunan fuzzy. Hasil yang diperoleh dalam menentukan tingkat kerawanan banjir di Kawasan Pujon dengan metode fuzzy logic mamdani ditunjukkan pada tabel 4.3 :

Tabel 4.3 Tingkat Kerawanan Longsor

No	Desa	Tingkat Kerawanan Longsor
1.	Bendosari	Agak Rawan
2.	Sukomulyo	Agak Rawan
3.	Pujon Kidul	Agak Rawan
4.	Pandesari	Agak Rawan
5.	Pujon Lor	Agak Rawan
6.	Ngroto	Agak Rawan
7.	Ngabab	Agak Rawan
8.	Tawang Sari	Agak Rawan
9.	Madiredo	Rawan
10.	Wiyurejo	Rawan

(Sumber: Hasil Pengolahan)

4.2 Pembahasan

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang terjadi secara tiba-tiba dalam kurun waktu tertentu. Kejadiannya disebabkan oleh beberapa faktor yang mengakibatkan longsor. Seperti dalam penelitian ini dimana faktor-faktor penentu tingkat kerawanan longsor yang meliputi curah hujan, ketinggian lahan, kemiringan lahan, penggunaan lahan, dan kepadatan penduduk. Longsor dapat dikelompokkan berdasarkan tingkat kerawanannya.

Dalam menentukan tingkat kerawanan longsor dengan metode fuzzy, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa dari sepuluh desa di Kecamatan Pujon terdapat 2 desa yang rawan longsor dan 8 desa yang termasuk dalam kategori agak rawan longsor. Dua desa yang termasuk dalam kategori rawan longsor yaitu desa Madiredo dan Wiyurejo. Sedangkan 8 desa yang termasuk dalam kategori agak rawan yaitu desa Bendosari, Sukomulyo, Pujon Kidul, Pujon Lor, Pandesari, Ngroto, Ngabab, dan Tawang Sari. Dari hasil analisa maka dapat dilihat bahwa Kecamatan Pujon secara menyeluruh berpotensi untuk terjadinya Longsor.

Kecamatan Pujon merupakan hulu dari DAS Brantas terletak di bagian utara Kabupaten Malang. Kecamatan Pujon pada saat ini telah mengalami gangguan, berupa alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian dan permukiman yang tidak memperhatikan syarat-syarat konservasi tanah dan air yang mana secara hidrologis merupakan daerah resapan untuk wilayah Kabupaten Malang. Pemanfaatan lahan yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air di Kecamatan Pujon berpotensi menyebabkan terjadinya degradasi lahan yang pada akhirnya akan menimbulkan lahan kritis.

Dampak adanya lahan kritis ini adalah kekeringan panjang terjadi dimusim kemarau dan banjir serta longsor di musim hujan. Sampai saat ini masalah banjir bandang terus menjadi isu penting dalam perencanaan terutama di daerah Kabupaten Malang. Banjir, erosi, tanah longsor dimusim hujan dan kekeringan berkepanjangan dimusim kemarau, sangat erat hubungannya dengan kesalahan penanganan pengelolaan lahan daerah aliran sungai (DAS), terutama bagian hulu yang kurang mengikuti kaidah konservasi tanah dan air (Maryono, 2005).

Elevasi adalah istilah lain dari ukuran ketinggian lokasi di atas permukaan laut. Lahan pegunungan berdasarkan elevasi dibedakan atas dataran medium (350-700 m dpl) dan dataran tinggi (>700 m dpl). Elevasi berhubungan erat dengan jenis komoditas yang sesuai untuk mempertahankan kelestarian lingkungan.

Lereng atau kemiringan lahan adalah salah satu faktor pemicu terjadinya erosi dan longsor di lahan pegunungan. Peluang terjadinya erosi dan longsor makin besar dengan makin curamnya lereng. Makin curam lereng makin besar pula volume dan kecepatan aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan erosi. Selain kecuraman, panjang lereng juga menentukan besarnya longsor dan erosi. Makin panjang lereng, erosi yang terjadi makin besar. Pada lereng >40% longsor sering terjadi, terutama disebabkan oleh pengaruh gaya gravitasi.

Keadaan topografi yang meliputi keadaan ketinggian dan kemiringan lahan mempunyai pengaruh yang berbeda. Kemiringan lahan lebih berpengaruh dibandingkan dengan keadaan ketinggiannya. Kemiringan lahan mempengaruhi kecepatan aliran air hujan yang jatuh ke daratan. Keadaan kemiringan lahan yang curam menyebabkan aliran air hujan akan semakin cepat. Sedangkan keadaan kemiringan lahan yang landai menyebabkan aliran air hujan menjadi lambat.

4.3 Integrasi dengan Al-Qur'an

Al-Qur'an merupakan kitab Allah yang berisi petunjuk dan pedoman yang lengkap untuk memimpin seluruh segi kehidupan manusia ke arah kebahagiaan yang hakiki dan abadi. Al-Qur'an merupakan sumber segala ilmu, menguraikan berbagai persoalan hidup dan kehidupan, mengandung ayat-ayat yang dapat dijadikan pedoman (meskipun secara garis besar) dalam pengembangan ilmu pengetahuan (sains) dan teknologi.

Dalam penelitian ini diperoleh hasil akhir suatu program yang dapat dimanfaatkan untuk melihat apakah suatu wilayah tersebut berpotensi bencana tanpa harus menyentuh objek yang diamati, sehingga hal ini memudahkan dalam mengkaji objek penelitian. Seperti yang dijelaskan oleh al-Qur'an bahwa Islam mengajarkan kemudahan kepada umatnya. Sebagaimana firman Allah dalam surat al-Baqarah ayat 185:

شَهْرُ رَمَضَانَ الَّذِي أُنزِلَ فِيهِ الْقُرْآنُ هُدًى لِّلنَّاسِ وَبَيِّنَاتٍ مِّنَ الْهُدَىٰ وَالْفُرْقَانِ فَمَن شَهِدَ مِنْكُمُ الشَّهْرَ فَلْيَصُمْهُ وَمَن كَانَ مَرِيضًا أَوْ عَلَىٰ سَفَرٍ فَعِدَّةٌ مِّنْ أَيَّامٍ أُخَرَ يُرِيدُ اللَّهُ بِكُمُ الْيُسْرَ وَلَا يُرِيدُ بِكُمُ الْعُسْرَ وَلِتُكْمِلُوا الْعِدَّةَ وَلِتُكَبِّرُوا اللَّهَ عَلَىٰ مَا هَدَاكُمْ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ١٨٥

“(Beberapa hari yang ditentukan itu ialah) bulan Ramadhan, bulan yang di dalamnya diturunkan (permulaan) Al Quran sebagai petunjuk bagi manusia dan penjelasan-penjelasan mengenai petunjuk itu dan pembeda (antara yang hak dan yang bathil). Karena itu, barangsiapa di antara kamu hadir (di negeri tempat tinggalnya) di bulan itu, maka hendaklah ia berpuasa pada bulan itu, dan barangsiapa sakit atau dalam perjalanan (lalu ia berbuka), maka (wajiblah baginya berpuasa), sebanyak hari yang ditinggalkannya itu, pada hari-hari yang lain. Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu. Dan hendaklah kamu mencukupkan bilangannya dan hendaklah kamu mengagungkan Allah atas petunjuk-Nya yang diberikan kepadamu, supaya kamu bersyukur” (QS. al-Baqarah:185).

Ilmu pengetahuan (sains) merupakan ilmu pengetahuan kealaman yaitu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang alam dengan segala isinya. Sedangkan teknologi adalah ilmu tentang penerapan ilmu pengetahuan alam untuk memenuhi suatu tujuan dan juga bersifat selalu mengiringi dan mengimbangi terhadap ilmu pengetahuan. Islam menghargai ilmu pengetahuan sebagaimana dalam wahyu pertama yang diturunkan kepada Nabi Muhammad SAW tersebut di atas. Seorang muslim yang mempelajari ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dijadikan sebagai suatu ibadah kepada Allah dalam rangka mempertebal keimanan dan meningkatkan kesejahteraan manusia. Teknologi dalam Islam bukan tujuan, tetapi sebagai alat yang digunakan untuk meneropong terhadap ayat-ayat Allah. Semakin maju teknologi, semakin banyak informasi yang diperoleh. Penemuan-penemuan baru akan semakin membantu kepada orang Islam untuk lebih mudah mengagungkan Allah sehingga baginya benar-benar bahwa Allah itu Maha Besar dan sebaliknya manusia merupakan makhluk yang amat kecil. Dengan demikian, diharapkan akan semakin memperbesar peran manusia sebagai khalifah Allah di permukaan bumi yakni memakmurkan bumi dan mengusahakan kesejahteraan bagi segenap penghuni bumi.

Dalam penelitian ini diperoleh hasil akhir yang menentukan suatu daerah berpotensi longsor atau tidak. Di dalam Al-Qur'an telah diberikan beberapa contoh bencana longsor, salah satunya adalah ayat berikut:

فَجَعَلْنَا عَلَيْهِمْ سَافِلَهَا وَأَمْطَرْنَا عَلَيْهِمْ حِجَارَةً مِّن سِجِّيلٍ ٧٤

“Maka Kami jadikan bahagian atas kota itu terbalik ke bawah dan Kami hujani mereka dengan batu dari tanah yang keras.”(QS.Al-Hijr:74)

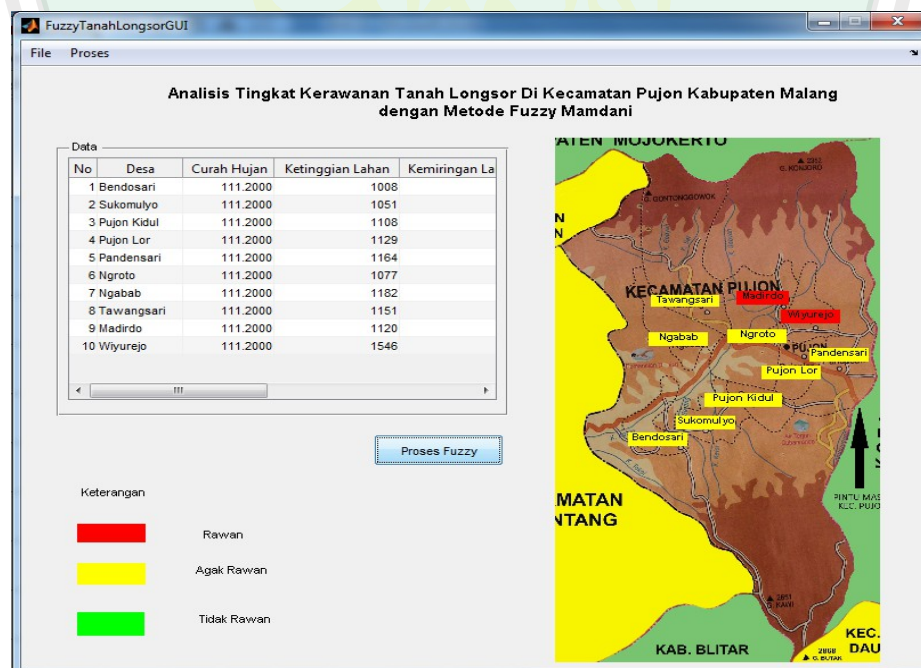
Dalam ayat tersebut dikatakan bahwa bagian atas kota, maksudnya adalah permukaan tanah. Terbalik ke bawah yakni mengalami kelongsoran sehingga tanah permukaan turun ke bawah. Adapun daerah yang berada di bawah daerah longsor itu seolah-olah dihujani dengan batu dari tanah yang keras. Demikian salah satu contoh bagaimanatanah longsor digambarkan dalam Al-Qur'an.

Ketika kaum Luth melakukan tindakan penyimpangan seksual, dan tidak lagi menghiraukan ajakan Luth, maka Allah Swt mendatangkan kepada mereka bencana yang sangat dahsyat. Allah Swt menghancurkan negeri tersebut sehancur-hancurnya dengan membalikkannya, yang di dalam ayat di atas diungkapkan dengan istilah “terbalik ke bawah”. Negeri itu semakin hancur setelah Allah Swt menghujani mereka dengan hujan *sijjil*/batu. *Sijjil* yaitu batu yang terbuat dari tanah, atau tanah yang bercampur air lalu membeku dan mengeras menjadi batu, sebagaimana yang disebutkan di dalam QS. al-Dzariyat: 33 dengan sebutan *hijarah min thîn*. Masing-masing batu yang ditimpakan tersebut telah diberi tanda oleh Allah yang khusus dijadikan untuk menghancurkan umat Luth, yang juga melakukan perbuatan maksiat khusus/di luar fitrah. Menurut banyak ahli tafsir pada masing-masing batu tersebut telah terdapat nama-nama orang yang akan dihancurkannya. Ini sebagaimana yang ditulis oleh ibn Katsir, Qurthubiy dan *mufassir* lainnya.

4.4 Tampilan GUI Tingkat Kerawanan Longsor Dengan Metode Fuzzy Logic

Tampilan GUI tingkat kerawanan longsor dengan metode fuzzy terdiri dari dua menu bar, yaitu File dan Proses. Pada menu File terdiri dari “Open” dan “Exit”. “Open” untuk membuka file dan “Exit” untuk keluar dari tampilan GUI. Selanjutnya, pada menu Proses terdiri dari “Fuzzy” untuk menampilkan *Fuzzy*

Logic Toolbox pada studi kasus tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Pujon. Terdapat tabel yang memperlihatkan nama masing-masing desa beserta nilai dari tiap parameter. Pada tabel ini juga diperlihatkan hasil perhitungan fuzzy dan juga hasil analisis dari fuzzy yang akan memperlihatkan masing-masing desa termasuk dalam kategori tingkatan longsor yang mana. Terdapat pula tiga keterangan pada bawah tabel dengan tiga warna yang berbeda untuk tingkatan longsor yang berbeda. Diantaranya adalah warna merah untuk rawan longsor, warna kuning untuk agak rawan, dan warna hijau untuk tidak rawan. Setelah program GUI dijalankan maka akan tampak pada tampilan peta disamping tabel yang menunjukkan 10 desa di kecamatan Pujon dengan warna yang mewakili tiga tingkat kerawanan longsor sesuai pada keterangan gambar. Tampilan GUI tingkat kerawanan longsor ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Tampilan GUI tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Pujon

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Untuk menentukan tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Pujon dapat dilakukan dengan metode fuzzy logic mamdani.
2. Setiap parameter longsor mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap tingkat kerawanan longsor di Kawasan Pujon. Hasil analisis diperoleh bahwa dari 10 desa di Kecamatan Pujon diperoleh 2 desa dengan kategori rawan longsor. Di antaranya adalah Desa Madiredo dan Desa Wiyurejo. Sedangkan 8 desa masuk dalam kategori agak rawan longsor. Di antaranya adalah Desa Bendosari, Sukomulyo, Pujon Kidul, Pandesari, Pujon Lor, Ngroto, Ngabab, dan Tawangsari. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan Kecamatan Pujon berpotensi untuk terjadi longsor.

5.2 Saran

1. Untuk menentukan tingkat kerawanan longsor, dapat digunakan metode fuzzy logic yang lain seperti metode Takagi Sugeno atau metode Tsukamoto, atau dengan metode jaringan syaraf tiruan.
2. Agar diperoleh hasil yang lebih maksimal, dapat ditambahkan parameter-parameter lain yang berpengaruh terhadap kerawanan longsor. Semakin banyak parameter maka akan semakin tinggi tingkat keakuratan hasilnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hakim, Jabar. 2010. *Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Dengan Metode Logika Fuzzy Untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan: Studi Kasus Pelayaran Surabaya-Banjarmasin*. Surabaya: Jurusan Teknik Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Indahsari, Vita. 2013. *Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Daerah Kabupaten Pasuruan Dengan Metode Fuzzy*. Skripsi. Malang: Jurusan Fisika. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Indrasmoro, Gigih. 2013. *Geographic information System (GIS) Untuk Deteksi Daerah Rawan Longsor Studi Kasus Di Kelurahan Karang Anyar Gunung Semarang*. Semarang: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Kusumadewi, Sri. 2002. *Analisis Dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligent*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maryono, Agus. 2005. *Menangani Banjir, Kekeringan, dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Navianti, Dynes Rizky, I Gusti Ngurah Rai Usadha, Farida Agustini Widjajati. 2012. *Penerapan Fuzzy Inference System pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara*. Surabaya: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2005. *Pengenalan Gerakan Tanah*. Jakarta: Mancamedia.

Sebastian, Lital. 2008. *Pendekatan Pencegahan Dan Penanggulangan Banjir*. Palembang: Fakultas Teknik Universitas Palembang.

Suhadirman. 2012. *Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada Sub DAS Walanae Hilir*. Makassar: Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

Suherlan. 2001. *Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi. Bogor.

Yuko, Mohammad. 2010. *Penggunaan Metode Weight Of Evidence Untuk Menaksir Kerentanan Tanah Longsor*. Jakarta: Jurusan Matematika. Universitas Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Ketinggian

No	Desa	Ketinggian (m dpl)
1.	Bendosari	1008
2.	Sukomulyo	1051
3.	Pujon Kidul	1108
4.	Pandesari	1129
5.	Pujon Lor	1164
6.	Ngroto	1077
7.	Ngabab	1182
8.	Tawang Sari	1151
9.	Madiredo	1120
10.	Wiyurejo	1546

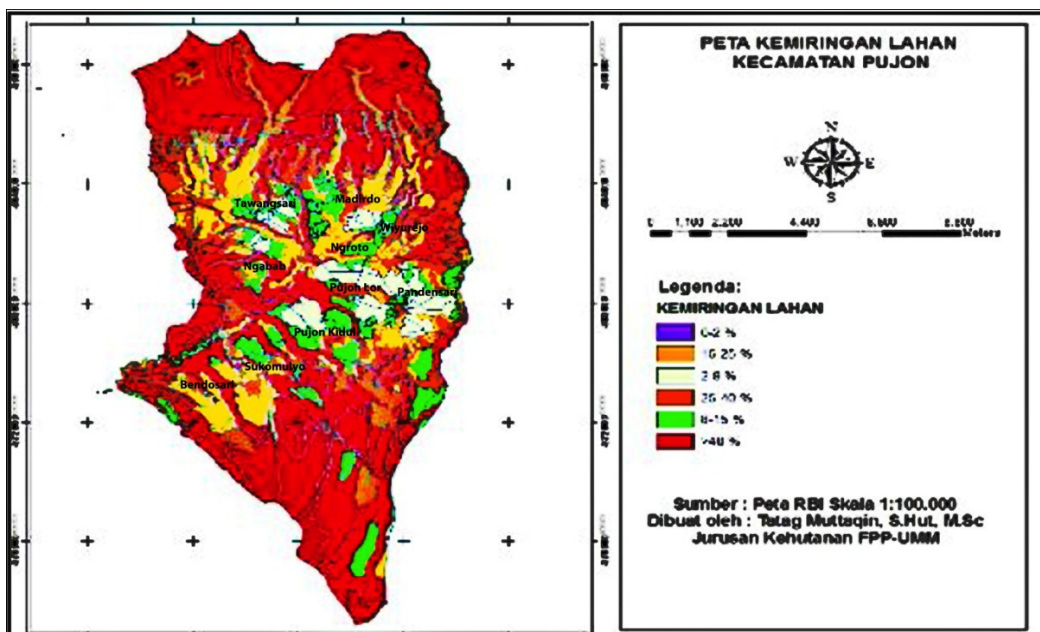
Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang Tahun 2014

Lampiran 2. Data Kemiringan Lahan

No	Desa	Kemiringan Lahan
1	Bendosari	Sangat Curam
2	Sukomulyo	Curam
3	Pujon Kidul	Landai
4	Pandesari	Datar
5	Pujon Lor	Sangat Curam
6	Ngroto	Curam
7	Ngabab	Sangat Curam
8	Tawang Sari	Landai
9	Madiredo	Sangat Curam
10	Wiyurejo	Sangat Curam

Sumber: Evaluasi Kekritisn Lahan di Kawasan Lindung Pujon Kabupaten Malang Jawa Timur dengan Teknologi Sistem Informasi Geografis (Skripsi).

Lampiran 3. Peta Kemiringan Lahan Kecamatan Pujon



Sumber: Evaluasi Kekritisan Lahan di Kawasan Lindung Pujon Kabupaten Malang Jawa Timur dengan Teknologi Sistem Informasi Geografis (Skripsi).

Lampiran 4. Data Penggunaan Lahan

No	Kecamatan	Penggunaan Lahan (%)
1.	Bendosari	11,47
2.	Sukomulyo	31,93
3.	Pujon Kidul	17,88
4.	Pandesari	18,64
5.	Pujon Lor	3,92
6.	Ngroto	54,4
7.	Ngabab	23,29
8.	Tawangasari	26,39
9.	Madiredo	42,72
10.	Wiyurejo	29,04

Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang Tahun 2014

Lampiran 5. Data Kepadatan Penduduk

No	Kecamatan	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)
1.	Bendosari	1971
2.	Sukomulyo	1836
3.	Pujon Kidul	797
4.	Pandesari	2014

5.	Pujon Lor	2239
6.	Ngroto	2501
7.	Ngabab	1759
8.	Tawang Sari	1742
9.	Madiredo	3034
10.	Wiyurejo	1743

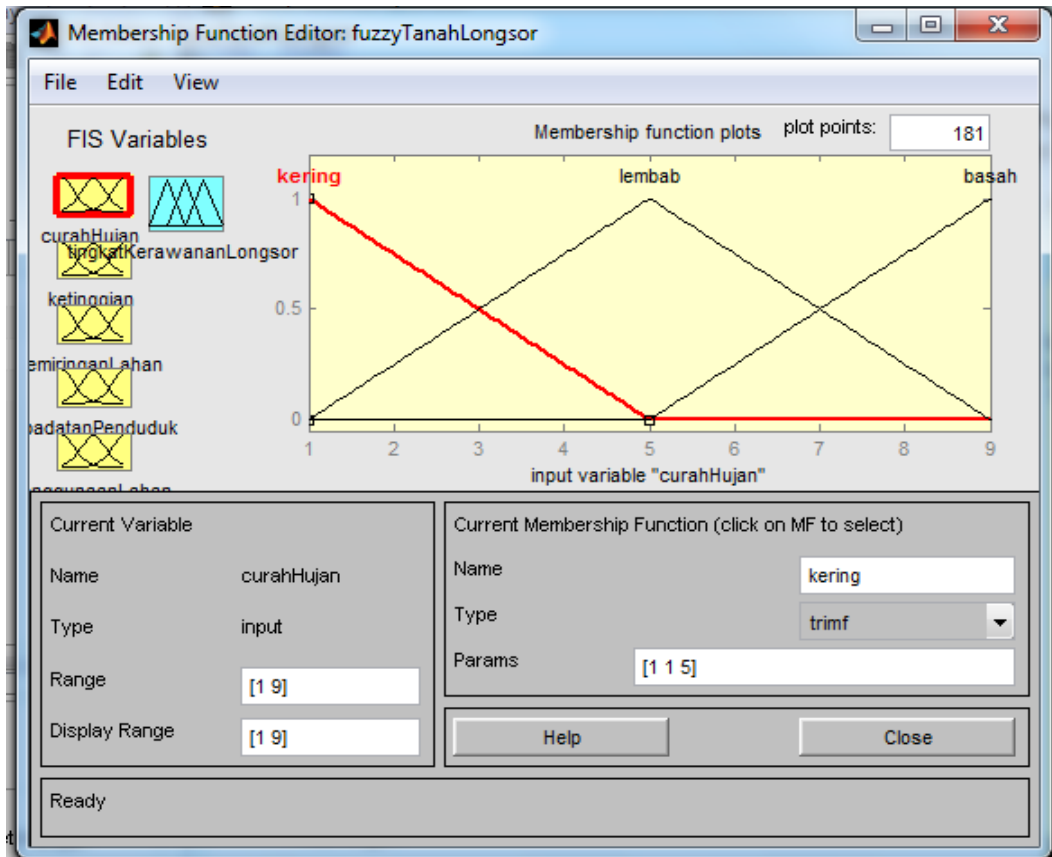
Sumber : Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang Tahun 2014

Lampiran 6. Data Curah Hujan

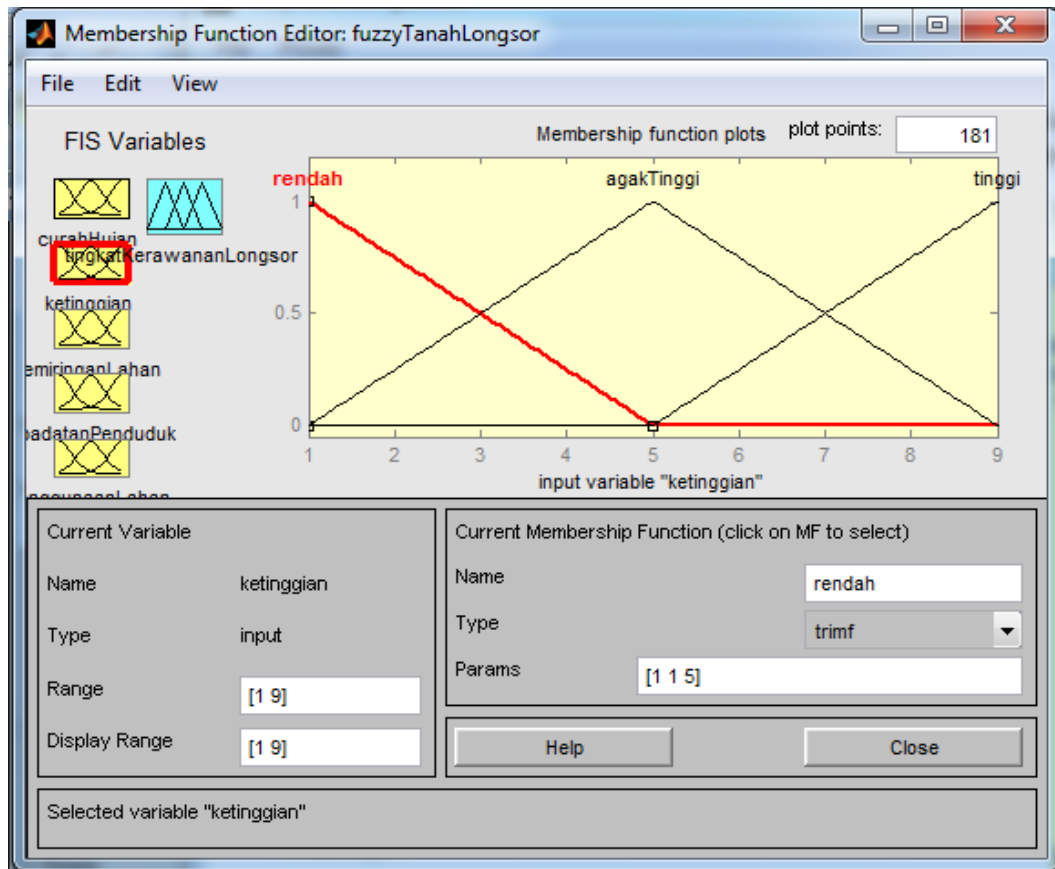
Tahun	Unsur Klimatologi	Curah Hujan Maksimum (mm)
2005	Curah Hujan Maksimum	69
2006	Curah Hujan Maksimum	139
2007	Curah Hujan Maksimum	182
2008	Curah Hujan Maksimum	145
2009	Curah Hujan Maksimum	75
2010	Curah Hujan Maksimum	118
2011	Curah Hujan Maksimum	72
2012	Curah Hujan Maksimum	68
2013	Curah Hujan Maksimum	120
2014	Curah Hujan Maksimum	124

Sumber : BMKG Karangploso

Lampiran 7. Domain Himpunan Fuzzy Variabel Curah Hujan

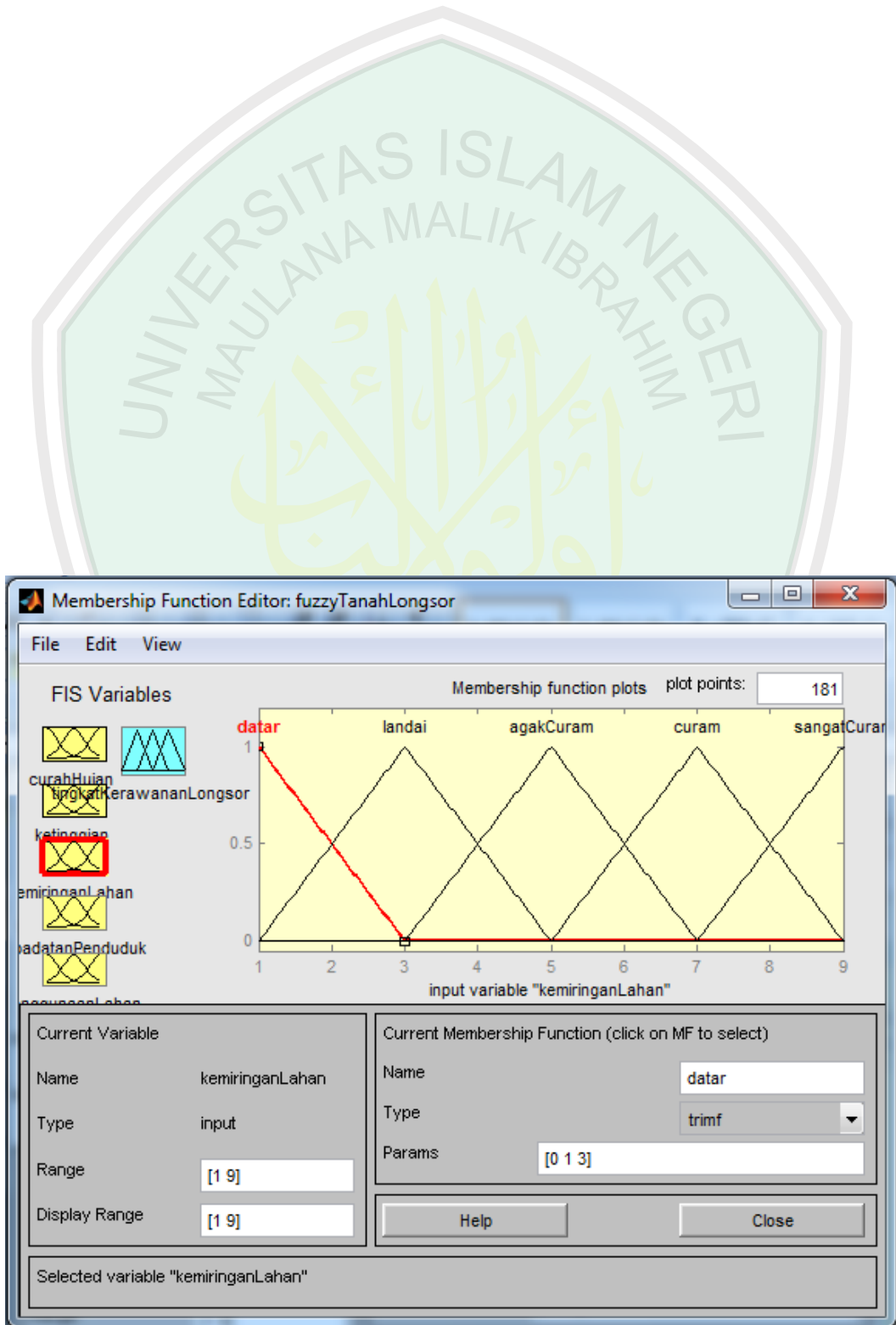


Lampiran 8. Domain Himpunan Fuzzy Variabel Ketinggian

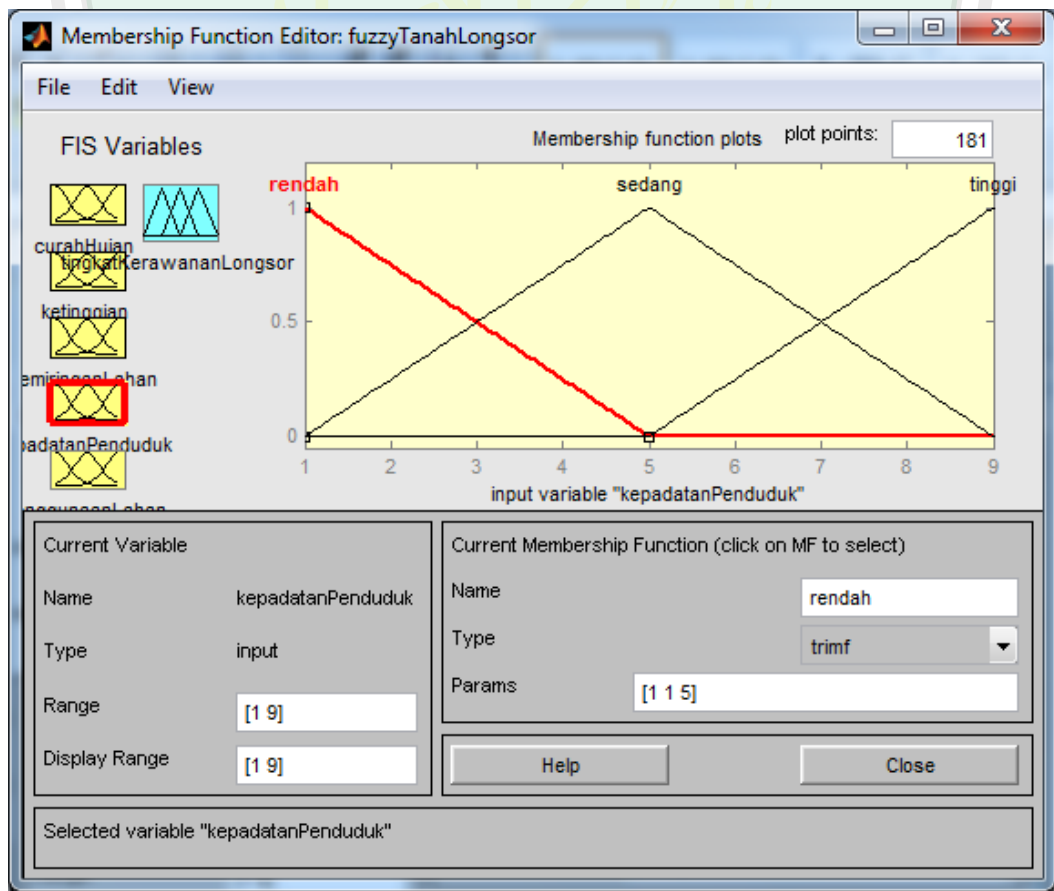


PUSAT PERPUSTAKAAN

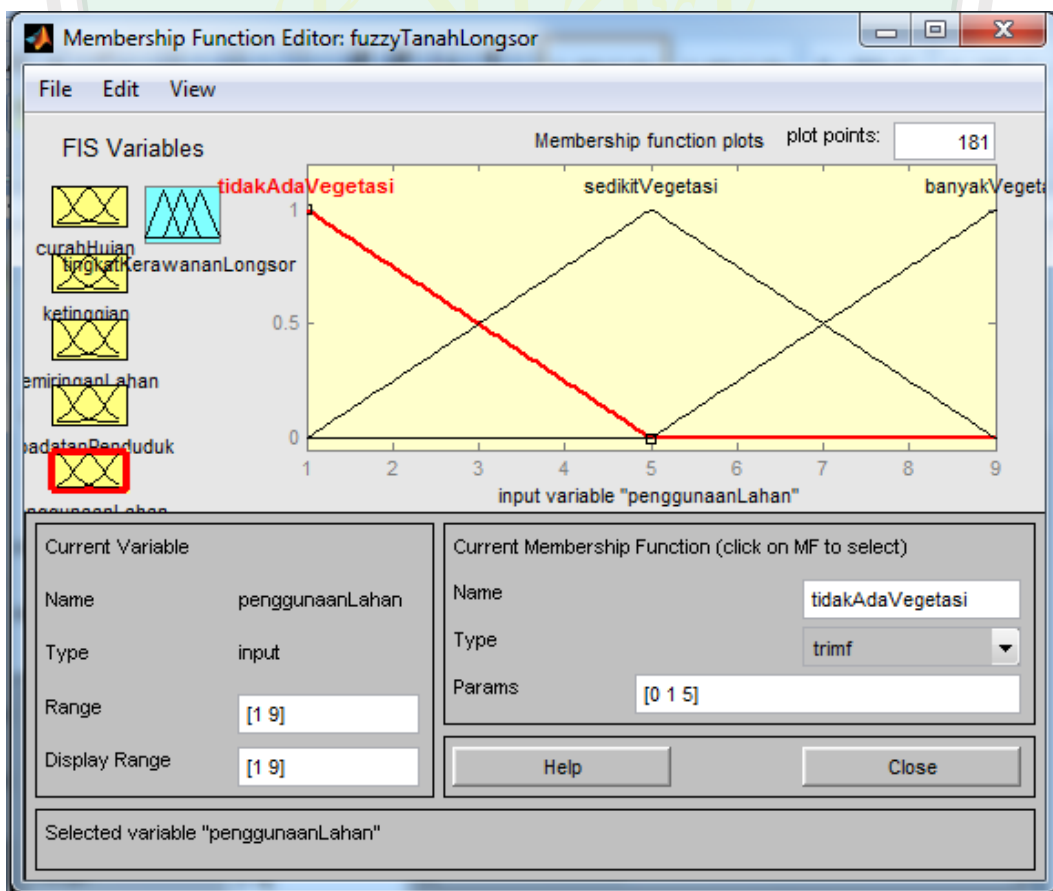
Lampiran 9. Domain Himpunan Fuzzy Variabel Kemiringan Lahan



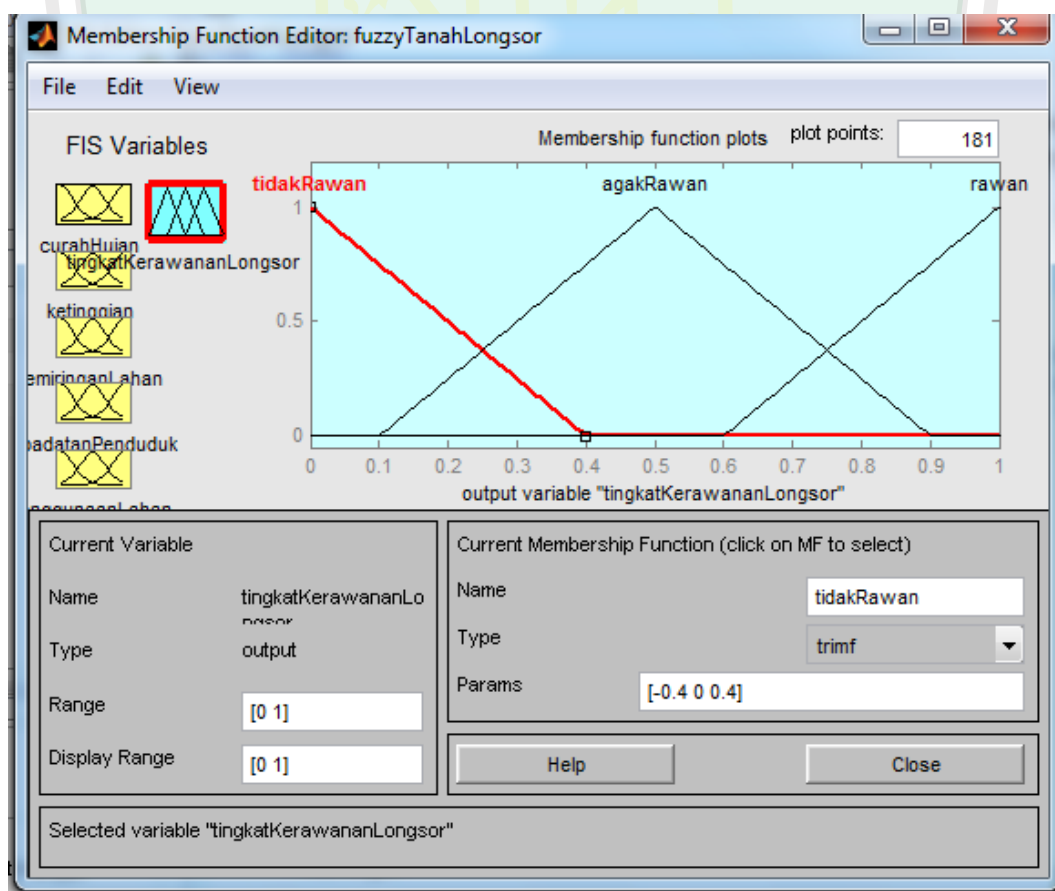
Lampiran 10. Domain Himpunan Fuzzy Kepadatan Penduduk



Lampiran 11. Domain Himpunan Fuzzy Variabel Penggunaan Lahan



Lampiran 12. Himpunan Fuzzy Variabel Tingkat Kerawanan Longsor



Lampiran 13. Aturan (Rules) Fuzzy

No		Curah Hujan	Ketinggian	Kemiringan	Kepadatan Penduduk	Penggunaan Lahan		Kategori
1	IF	Kering	Rendah	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
2	IF	Kering	Rendah	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
3	IF	Kering	Rendah	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
4	IF	Kering	Rendah	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
5	IF	Kering	Rendah	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
6	IF	Kering	Rendah	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
7	IF	Kering	Rendah	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
8	IF	Kering	Rendah	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
9	IF	Kering	Rendah	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
10	IF	Kering	Rendah	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
11	IF	Kering	Rendah	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
12	IF	Kering	Rendah	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
13	IF	Kering	Rendah	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan

14	IF	Kering	Rendah	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
15	IF	Kering	Rendah	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
16	IF	Kering	Rendah	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
17	IF	Kering	Rendah	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
18	IF	Kering	Rendah	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
19	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
20	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
21	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
22	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
23	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
24	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
25	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
26	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
27	IF	Kering	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
28	IF	Kering	Rendah	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
29	IF	Kering	Rendah	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
30	IF	Kering	Rendah	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
31	IF	Kering	Rendah	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
32	IF	Kering	Rendah	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
33	IF	Kering	Rendah	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
34	IF	Kering	Rendah	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan

35	IF	Kering	Rendah	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
36	IF	Kering	Rendah	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
37	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
38	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
39	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
40	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
41	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
42	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
43	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
44	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
45	IF	Kering	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
46	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
47	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
48	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
49	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
50	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
51	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
52	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
53	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
54	IF	Kering	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
55	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak

								Rawan
56	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
57	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
58	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
59	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
60	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
61	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
62	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
63	IF	Kering	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
64	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
65	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
66	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
67	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
68	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
69	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
70	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
71	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
72	IF	Kering	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
73	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
74	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
75	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
76	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
77	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan

78	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
79	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
80	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
81	IF	Kering	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
82	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
83	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
84	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
85	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
86	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
87	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
88	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
89	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
90	IF	Kering	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
91	IF	Kering	Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
92	IF	Kering	Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
93	IF	Kering	Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
94	IF	Kering	Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
95	IF	Kering	Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
96	IF	Kering	Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
97	IF	Kering	Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
98	IF	Kering	Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
99	IF	Kering	Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
100	IF	Kering	Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak

								Rawan
101	IF	Kering	Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
102	IF	Kering	Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
103	IF	Kering	Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
104	IF	Kering	Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
105	IF	Kering	Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
106	IF	Kering	Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
107	IF	Kering	Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
108	IF	Kering	Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
109	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
110	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
111	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
112	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
113	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
114	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
115	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
116	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
117	IF	Kering	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
118	IF	Kering	Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
119	IF	Kering	Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
120	IF	Kering	Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
121	IF	Kering	Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
122	IF	Kering	Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
123	IF	Kering	Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
124	IF	Kering	Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
125	IF	Kering	Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan

126	IF	Kering	Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
127	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
128	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
129	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
130	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
131	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
132	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
133	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
134	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
135	IF	Kering	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
136	IF	Lembab	Rendah	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
137	IF	Lembab	Rendah	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
138	IF	Lembab	Rendah	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
139	IF	Lembab	Rendah	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
140	IF	Lembab	Rendah	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
141	IF	Lembab	Rendah	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
142	IF	Lembab	Rendah	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
143	IF	Lembab	Rendah	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
144	IF	Lembab	Rendah	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
145	IF	Lembab	Rendah	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan

146	IF	Lembab	Rendah	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
147	IF	Lembab	Rendah	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
148	IF	Lembab	Rendah	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
149	IF	Lembab	Rendah	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
150	IF	Lembab	Rendah	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
151	IF	Lembab	Rendah	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
152	IF	Lembab	Rendah	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
153	IF	Lembab	Rendah	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
154	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
155	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
156	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
157	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
158	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
159	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
160	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
161	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
162	IF	Lembab	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
163	IF	Lembab	Rendah	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
164	IF	Lembab	Rendah	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
165	IF	Lembab	Rendah	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
166	IF	Lembab	Rendah	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
167	IF	Lembab	Rendah	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
168	IF	Lembab	Rendah	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan

169	IF	Lembab	Rendah	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
170	IF	Lembab	Rendah	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
171	IF	Lembab	Rendah	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
172	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
173	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
174	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
175	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
176	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
177	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
178	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
179	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
180	IF	Lembab	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
181	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
182	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
183	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
184	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
185	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
186	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
187	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
188	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
189	IF	Lembab	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
190	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan

191	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
192	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
193	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
194	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
195	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
196	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
197	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
198	IF	Lembab	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
199	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
200	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
201	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
202	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
203	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
204	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
205	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
206	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
207	IF	Lembab	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
208	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
209	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
210	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
211	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
212	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
213	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
214	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
215	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
216	IF	Lembab	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan

217	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
218	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
219	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
220	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
221	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
222	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
223	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
224	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
225	IF	Lembab	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
226	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
227	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
228	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
229	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
230	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
231	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
232	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
233	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
234	IF	Lembab	Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
235	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
236	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
237	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
238	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
239	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
240	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
241	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan

242	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
243	IF	Lembab	Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
244	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
245	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
246	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
247	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
248	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
249	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
250	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
251	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
252	IF	Lembab	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
253	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
254	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
255	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
256	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
257	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
258	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
259	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
260	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
261	IF	Lembab	Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
262	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
263	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
264	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
265	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
266	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
267	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan

268	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Rawan
269	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
270	IF	Lembab	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
271	IF	Basah	Rendah	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
272	IF	Basah	Rendah	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
273	IF	Basah	Rendah	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
274	IF	Basah	Rendah	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
275	IF	Basah	Rendah	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
276	IF	Basah	Rendah	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
277	IF	Basah	Rendah	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
278	IF	Basah	Rendah	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
279	IF	Basah	Rendah	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
280	IF	Basah	Rendah	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
281	IF	Basah	Rendah	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
282	IF	Basah	Rendah	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
283	IF	Basah	Rendah	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
284	IF	Basah	Rendah	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
285	IF	Basah	Rendah	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
286	IF	Basah	Rendah	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
287	IF	Basah	Rendah	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
288	IF	Basah	Rendah	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
289	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan

290	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
291	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
292	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
293	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
294	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
295	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
296	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
297	IF	Basah	Rendah	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
298	IF	Basah	Rendah	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
299	IF	Basah	Rendah	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
300	IF	Basah	Rendah	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
301	IF	Basah	Rendah	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
302	IF	Basah	Rendah	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
303	IF	Basah	Rendah	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
304	IF	Basah	Rendah	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
305	IF	Basah	Rendah	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
306	IF	Basah	Rendah	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
307	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
308	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
309	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
310	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
311	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
312	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
313	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
314	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
315	IF	Basah	Rendah	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan

316	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Tidak Rawan
317	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
318	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
319	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
320	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
321	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
322	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
323	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
324	IF	Basah	Agak Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
325	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
326	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
327	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
328	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
329	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
330	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
331	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
332	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
333	IF	Basah	Agak Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
334	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
335	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
336	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
337	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
338	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
339	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
340	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan

341	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
342	IF	Basah	Agak Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
343	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
344	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
345	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
346	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
347	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
348	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
349	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
350	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
351	IF	Basah	Agak Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
352	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
353	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
354	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
355	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
356	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
357	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
358	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Rawan
359	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
360	IF	Basah	Agak Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
361	IF	Basah	Tinggi	Datar	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
362	IF	Basah	Tinggi	Datar	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
363	IF	Basah	Tinggi	Datar	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
364	IF	Basah	Tinggi	Datar	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
365	IF	Basah	Tinggi	Datar	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
366	IF	Basah	Tinggi	Datar	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan

367	IF	Basah	Tinggi	Datar	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
368	IF	Basah	Tinggi	Datar	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
369	IF	Basah	Tinggi	Datar	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
370	IF	Basah	Tinggi	Landai	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
371	IF	Basah	Tinggi	Landai	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
372	IF	Basah	Tinggi	Landai	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
373	IF	Basah	Tinggi	Landai	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
374	IF	Basah	Tinggi	Landai	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
375	IF	Basah	Tinggi	Landai	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
376	IF	Basah	Tinggi	Landai	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
377	IF	Basah	Tinggi	Landai	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
378	IF	Basah	Tinggi	Landai	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
379	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
380	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
381	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Agak Rawan
382	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
383	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
384	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
385	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
386	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
387	IF	Basah	Tinggi	Agak Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
388	IF	Basah	Tinggi	Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
389	IF	Basah	Tinggi	Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Agak Rawan
390	IF	Basah	Tinggi	Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
391	IF	Basah	Tinggi	Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
392	IF	Basah	Tinggi	Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan

393	IF	Basah	Tinggi	Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
394	IF	Basah	Tinggi	Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Rawan
395	IF	Basah	Tinggi	Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
396	IF	Basah	Tinggi	Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
397	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Agak Rawan
398	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
399	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Rendah	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
400	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Rawan
401	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
402	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Sedang	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan
403	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Tidak Ada Vegetasi	THEN	Rawan
404	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Sedikit Vegetasi	THEN	Rawan
405	IF	Basah	Tinggi	Sangat Curam	Tinggi	Banyak Vegetasi	THEN	Rawan



PERUMUSAN RULES FUZZY:

Curah Hujan		Ketinggian Lahan	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
Kering	1	Rendah	1
Lembab	2	Agak Tinggi	2
Basah	3	Tinggi	3

Kemiringan Lahan		Penggunaan Lahan		Kepadatan Penduduk	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
Datar	1	Tidak Ada Vegetasi	1	Rendah	1
Landai	2	Sedikit Vegetasi	2	Sedang	2
Agak Curam	3	Banyak Vegetasi	3	Tinggi	3
Curam	4				
Sangat Curam	5				
Tingkat Kerawanan Longsor					
	Kelas	Rentang Nilai			
	Tidak Rawan	$K \leq 8$			
	Agak Rawan	$8 < K \leq 13$			
	Rawan	$K > 13$			

Rumus:

$$K = \sum X_i$$

Dimana

K = Nilai Kerawanan

X_i = Nilai Kelas Parameter ke-i

Klasifikasi Nilai Kerawanan:

$K \leq 8$ Tidak Rawan Longsor

$8 < K \leq 13$ Agak Rawan Longsor

$K > 13$ Rawan Longsor



Lampiran 14. M-file Editor Fuzzy

```
function varargout = FuzzyTanahLongsorGUI(varargin)
% FUZZYTANAHLONGSORGUI M-file for FuzzyTanahLongsorGUI.fig
%   FUZZYTANAHLONGSORGUI, by itself, creates a new
FUZZYTANAHLONGSORGUI or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = FUZZYTANAHLONGSORGUI returns the handle to a new
FUZZYTANAHLONGSORGUI or the handle to
%   the existing singleton*.
%
```

```

%
FUZZYTANAHLONGSORGUI('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
calls the local
%     function named CALLBACK in FUZZYTANAHLONGSORGUI.M with the
given input arguments.
%
%     FUZZYTANAHLONGSORGUI('Property','Value',...) creates a new
FUZZYTANAHLONGSORGUI or raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property
value pairs are
%     applied to the GUI before FuzzyTanahLongsorGUI_OpeningFcn
gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to
FuzzyTanahLongsorGUI_OpeningFcn via varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
FuzzyTanahLongsorGUI

% Last Modified by GUIDE v2.5 26-Dec-2015 16:11:21

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @FuzzyTanahLongsorGUI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',   @FuzzyTanahLongsorGUI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before FuzzyTanahLongsorGUI is made visible.
function FuzzyTanahLongsorGUI_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% varargin    command line arguments to FuzzyTanahLongsorGUI (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for FuzzyTanahLongsorGUI
handles.output = hObject;
axes(handles.peta);
a = imread('peta_Pujon.jpg'); %Load Gambar Peta
imshow(a);
% Update handles structure

guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes FuzzyTanahLongsorGUI wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = FuzzyTanahLongsorGUI_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout    cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject     handle to figure
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

%
-----
--
function menuBarFile_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to menuBarFile (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

%
-----
--
function menuBarProses_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to menuBarProses (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

%
-----
--
function menuBarFuzzy_Callback(hObject, eventdata, handles)
fismat = readfis('fuzzyTanahLongsor.fis'); % Membaca File Fuzzy

```

```

fuzzy(fismat)
% hObject    handle to menuBarFuzzy (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%
-----
--
%-----Membaca File excel
function menuBarOpenFile_Callback(hObject, eventdata, handles)

filename1 = uigetfile('*.xlsx');
if isequal(filename1,0)
    return
end

[~,~,y] = xlsread(filename1);
set(handles.tabelData, 'data', y);
set(handles.pushbuttonProsesFuzzy, 'enable', 'on');

% hObject    handle to menuBarOpenFile (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

%
-----
--
function menuBarExit_Callback(hObject, eventdata, handles)

menuExit = questdlg('Apakah anda ingin
keluar?', 'Konfirmasi', 'Ya', 'Tidak', 'Ya');
if strcmp('Ya', menuExit)==1
    close
elseif strcmp('Tidak', menuExit)==1
end
% hObject    handle to menuBarExit (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbuttonProsesFuzzy.
% ----Melakukan Proses Perhitungan
function pushbuttonProsesFuzzy_Callback(hObject, eventdata,
handles)
m=1;
n=3;

%Membaca Tabel
field=zeros(10, 5);
dataKriteria = get(handles.tabelData, 'data');
for i=m : 10 %Membaca Tabel Kebawah
    nNew=1;

```

```

    for j=n : 7 %Membaca Tabel Kesamping
        field(i,nNew) = cell2mat(dataKriteria(i,j));
        nNew=nNew+1;
    end
end

fisHasil=zeros(10,1);%----Matrix Hasil Ukuran 10x1
fisTL = readfis('fuzzyTanahLongsor.fis'); %Membuka file fuzzy
untuk perhitungan

for f=1:10

    %---Konversi Curah Hujan (Menjadi Nilai Scoring)
    if(field(f,1) <= 50)
        a1 = 1;
    elseif(field(f,1) > 50 && field(f,1) <= 100)
        a1 = 5;
    elseif(field(f,1) > 100)
        a1 = 9;
    end

    %---Konversi Ketinggian Lahan
    if(field(f,2) <= 1100)
        a2 = 1;
    elseif(field(f,2) > 1100 && field(f,2) <= 1200)
        a2 = 5;
    elseif(field(f,2) > 1200)
        a2 = 9;
    end

    %---Konversi kemiringan Lahan
    if(field(f,3) == 1)
        a3 = 1;
    elseif(field(f,3) == 2)
        a3 = 3;
    elseif(field(f,3) == 3)
        a3 = 5;
    elseif(field(f,3) == 4)
        a3 = 7;
    elseif(field(f,3) == 5)
        a3 = 9;
    end

    %---Konversi Kepadatan Penduduk
    if(field(f,4) <= 1000)
        a4 = 1;
    elseif(field(f,4) > 1000 && field(f,4) <=3000)
        a4 = 5;
    elseif(field(f,4) >3000)
        a4 = 9;
    end

    %---Konversi Penggunaan Lahan
    if(field(f,5) <= 30)
        a5 = 1;
    elseif(field(f,5) > 30 && field(f,5) <= 50)

```

```

        a5 = 5;
elseif(field(f,5) > 50)
    a5 = 9;
end

fisHasil(f,1) = evalfis([a1 a2 a3 a4 a5],fisTL);

dataKriteria(f,8) = num2cell(fisHasil(f,1));
if(fisHasil(f,1)<= 0.3)
    dataKriteria(f,9) = cellstr('Tidak Rawan');
elseif(fisHasil(f,1)> 0.3 && fisHasil(f,1)<=0.6)
    dataKriteria(f,9) = cellstr('Agak Rawan');
elseif(fisHasil(f,1)> 0.6)
    dataKriteria(f,9) = cellstr('Rawan');
end
set(handles.tabelData, 'data', dataKriteria);
end

%Desa Bendosari
if(fisHasil(1,1)<= 0.3)
    set(handles.textBendosari, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(1,1)> 0.3 && fisHasil(1,1)<=0.6)
    set(handles.textBendosari, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(1,1)> 0.6)
    set(handles.textBendosari, 'BackgroundColor', 'red');
end

%-----Set Warna Hasil Tiap Desa-----
%Desa Sukomulyo
if(fisHasil(2,1)<= 0.3)
    set(handles.textSukomulyo, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(2,1)> 0.3 && fisHasil(2,1)<=0.6)
    set(handles.textSukomulyo, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(2,1)> 0.6)
    set(handles.textSukomulyo, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Pujon Kidul
if(fisHasil(3,1)<= 0.3)
    set(handles.textPujonKidul, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(3,1)> 0.3 && fisHasil(3,1)<=0.6)
    set(handles.textPujonKidul, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(3,1)> 0.6)
    set(handles.textPujonKidul, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Pujon Lor
if(fisHasil(4,1)<= 0.3)
    set(handles.textPujonLor, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(4,1)> 0.3 && fisHasil(4,1)<=0.6)
    set(handles.textPujonLor, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(4,1)> 0.6)
    set(handles.textPujonLor, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Pandensari
if(fisHasil(5,1)<= 0.3)

```

```

        set(handles.textPandensari, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(5,1)> 0.3 && fisHasil(5,1)<=0.6)
    set(handles.textPandensari, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(5,1)> 0.6)
    set(handles.textPandensari, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Ngroto
if(fisHasil(6,1)<= 0.3)
    set(handles.textNgroto, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(6,1)> 0.3 && fisHasil(6,1)<=0.6)
    set(handles.textNgroto, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(6,1)> 0.6)
    set(handles.textNgroto, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Ngabab
if(fisHasil(7,1)<= 0.3)
    set(handles.textNgabab, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(7,1)> 0.3 && fisHasil(7,1)<=0.6)
    set(handles.textNgabab, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(7,1)> 0.6)
    set(handles.textNgabab, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Tawangsari
if(fisHasil(8,1)<= 0.3)
    set(handles.textTawangsari, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(8,1)> 0.3 && fisHasil(8,1)<=0.6)
    set(handles.textTawangsari, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(8,1)> 0.6)
    set(handles.textTawangsari, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Madirdo
if(fisHasil(9,1)<= 0.3)
    set(handles.textMadirdo, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(9,1)> 0.3 && fisHasil(9,1)<=0.6)
    set(handles.textMadirdo, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(9,1)> 0.6)
    set(handles.textMadirdo, 'BackgroundColor', 'red');
end

%Desa Wiyurejo
if(fisHasil(10,1)<= 0.3)
    set(handles.textWiyurejo, 'BackgroundColor', 'green');
elseif(fisHasil(10,1)> 0.3 && fisHasil(10,1)<=0.6)
    set(handles.textWiyurejo, 'BackgroundColor', 'yellow');
elseif(fisHasil(10,1)> 0.6)
    set(handles.textWiyurejo, 'BackgroundColor', 'red');
end

% hObject    handle to pushbuttonProsesFuzzy (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function tabelData_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to tabelData (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function peta_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to peta (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate peta

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function tabelCoba_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to tabelCoba (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function uitable3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to uitable3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

function coba_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to coba (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of coba as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of
coba as a double

```

```
% --- Executes during object creation, after setting all
properties.
function coba_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to coba (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all
CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

