IDENTIFIKASI SEBARAN KERAWANAN LONGSOR MELALUI ANALISIS *FUZZY LOGIC* DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA, KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Geologi
Universitas Sriwijaya

Oleh:
Muhamad Agam Duano
NIM.03071181621001

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Identifikasi Sebaran Kerawanan Longsor Melalui Analisis Fuzzy Logic Daerah Rantau Panjang Dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi
2. Biodata Peneliti
    a. Nama Lengkap : Muhamad Agam Duano
    b. Jenis Kelamin : Laki-laki
    c. NIM : 03071181621001
    d. Alamat Rumah : Jl. Sukabangun 2 Lorong Sukamandi RT. 44 RW.04
    e. Telepon/email : 089649237814/ Agamduano@gmail.com
3. Nama Penguji I : Ir. Endang Wiwik D. Hastuti, M.Sc. ( )
4. Nama Penguji II : Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. ( )
5. Jangka Waktu Penelitian
    a. Persetujuan Lapangan : 22 Desember 2021
    b. Sidang Seminar : 22 Januari 2022
6. Pendanaan
    a. Sumber Dana : Mandiri
    b. Besar Dana : Rp. 4.000.000

Palembang, Desember 2021

Menyetujui,
Pembimbing I

Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc., Ph.D
NIP.195812261988111001

Pembimbing II

Stevanus Nalendra Jati, S.T., M.T.
NIP. 198908302019031011

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Geologi

Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T.
NIP. 198705252014042001

UCAPAN TERIMA KASIH

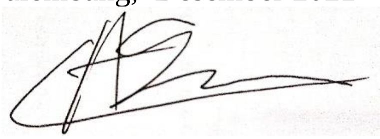
Puji syukur atas kehadirat Allah SWT. karena berkah, rahmat, hidayah dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis. Selain itu, terima kasih kepada Prof. Edy Sutriyono M.Sc., Ph.D. dan Bapak Stevanus Nalendra Jati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan serta arahan sehingga laporan ini dapat diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Dalam penulisan laporan ini, penulis banyak mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dikesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ketua Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya Ibu Elisabet Dwi Mayasari S.T., M.T. yang telah memfasilitasi dan memotivasi saya dalam pelaksanaan pemetaan geologi.
2. Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, yang telah membagi ilmu serta pengalaman mulai dari semester pertama hingga saat ini.
3. Teman seperjuangan pemetaan Sri Hayani dan Ahmad Hady Viqran yang telah berjuang bersama dalam suka maupun duka saat sebelum pemetaan hingga setelah pemetaan.
4. Akbar, Alma, Selvi, Aulia, Aurel, Nabila, Balqis, Ririn, dan Rivo sebagai tempat berkeluh kesah, diskusi, dan saling memberi semangat hingga motivasi untuk menyelesaikan laporan ini.
5. Seluruh teman dan rekan HMTG "SRIWIJAYA" yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis.
6. Kedua Orang Tua tercinta yaitu Mus Mulyadi dan Bairut yang selalu memberi dukungan baik secara moril maupun materil

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak.

Palembang, Desember 2021



Muhammad Agam Duano
NIM. 03071181621001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia laporan skripsi ini digugurkan dan tidak diluluskan pada mata kuliah tugas akhir, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Palembang, 16 januari 2022

Muhammad Agam Duano
NIM. 03071181621001

IDENTIFIKASI SEBARAN KERAWANAN LONGSOR MELALUI ANALISIS *FUZZY LOGIC* DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA, KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI

M.Agam Duano
03071181621001
Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Lokasi penelitian terletak pada Desa Rantau Panjang, Kecamatan Batang Asai, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Memiliki morfologi perbukitan hingga pegunungan dengan lereng landai hingga sangat curam sehingga ditemui beberapa titik longsor saat observasi lapangan yang memutus satu-satunya akses jalan menuju desa. Penelitian dilakukan mengunakan metode *fuzzy logic* agar dapat meliputi daerah yang luas dengan waktu yang singkat mengunakan pendekatan kuantitatif dengan komputasi sederhana. Parameter yang digunakan dalam penelitain ini terdiri atas tujuh parameter yaitu elevasi morfologi, kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, tutupan lahan, curah hujan, dan densitas. Hasil analisis data mengunakan *software ArgGIS* 10.6.1 didapatkan bahwa daerah penelitian memilki tiga kelas kerawanan longsor yaitu kerawanan rendah memiliki luasan 127.28 atau sekitar 37% km^2 mendominasi Desa Rantau Panjang, kemudian area dengan tingkat kerawanan longsor sedang memiliki luas 147.92 km^2 atau sebesar 43% mendominasi Desa Pekan Gedang dan Desa Sungai Salak Baru, lalu area dengan kerawanan tinggi memiliki luas 68.8 km^2 atau sebesar 20% mendominasi Desa Raden Anom, Desa Pekan Gedang dan Desa Sungai Salak Baru.

Kata Kunci: Rantau Panjang, *fuzzy logic*, Longsor.

Indralaya, 23 Mei 2022.

Menyetujui,	**Mengetahui,**
Pembimbing	Koordinator Program Studi Teknik Geologi
Prof. Dr. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc.	Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T.
NIP 195812261988111001	NIP 198705252014042001

IDENTIFICATION OF LANDSLIDE INSECURITY DISTRIBUTION THROUGH FUZZY LOGIC ANALYSIS OF RANTAU PANJANG AND SURROUNDINGS, SAROLANGUN REGENCY, JAMBI

M.Agam Duano
03071181621001
Sriwijaya University

ABSTRACT

The research location is located in Rantau Panjang Village, Batang Asai District, Sarolangun Regency, Jambi. It has a hilly to mountainous morphology with slopes of ramps so steep that there are several landslide points encountered during field observations that cut off the only road access to the village. Research is carried out using fuzzy logic methods in order to cover a large area with a short time using quantitative approaches with simple computing. The parameters used in this penelitain consist of seven parameters, namely, morphological elevation, slope slope, rock type, soil type, land cover, rainfall, and density. The results of data analysis using ArgGIS software 10.6.1 found that the research area has three classes of landslide vulnerability, namely low vulnerability has an area of 127.28 or about 37% km2 dominates Rantau Panjang Village, then the area with a medium level of landslide vulnerability has an area of 147.92 km2 or by 43% dominates Pekan Gedang Village and Sungai Salak Baru Village, then the area with high vulnerability has an area of 68.8 km2 or by 20% dominates Raden Anom Village, Pekan Gedang Village and Sungai Salak Baru Village.

Keywords: Rantau Panjang, fuzzy logic, landslide.

Indralaya, 23 Mei 2022

Menyetujui,
Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc.
NIP 195812261988111001

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Geologi

Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T.
NIP 198705252014042001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN .... **Error! Bookmark not defined.**
UCAPAN TERIMA KASIH iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI .... **Error! Bookmark not defined.**
ABSTRAK iv
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Maksud Dan Tujuan 2
1.3. Rumusan Masalah 2
1.4 Batasan Masalah 2
1.5 Lokasi Penelitian dan Aksesibilitas 2
BAB II 4
2.1 Pengindaraan Jauh 4
2.2 *Fuzzy Logic* 5
2.2.1 Sistem *Fuzzy* 5
2.2.2 Persamaan Linear Keanggotaan 6
2.2.3 Operasi Dasar Himpunan 7
2.3 Kerawanan Longsor 8
2.3.1 Faktor Penyebab Longsor 9
2.3.2 Klasifikasi Longsor 10
BAB III 12
3.1 Studi Pendahuluan 12
3.2 Observasi Lapangan 12
3.2.1 Akusisi Data Primer 13
3.2.2 Data Sekunder 14
3.3 Analisis Data 15

3.3.1 Analisis Laboratorium 15
3.3.2 Analisis *Fuzzy Logic* 16
3.3 Kerja Studio 25
3.5 Penyajian Laporan 27
BAB IV 28
4.1 Geologi Lokal 28
4.2 Analisis Kerawanan Longsor 30
4.2.1 *Fuzzy Logic* 30
4.2.2 *Fuzzification* 36
4.2.3 *Defuzzification* 46
4.2.4 *Rule fuzzy* 48
4.3 Pembahasan 49
BAB V 50
DAFTAR PUSTAKA 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta kesampaian lokasi penelitian 3
Gambar 2.1 Skema penginderaan jarak jauh...4
Gambar 2.2 Konsep *Fuzzy Logic* (Kusumadewi. 2013)..5
Gambar 2.3 Elemen *Fuzzy Logic* (Kusumadewi. 2013) 5
Gambar 2.4 Fungsi keanggotaan *Fuzzy Logic* (Kusumadewi. 2013) 6
Gambar 2.5 Persamaan keanggotaan kurva naik (Kusumadewi, 2013) 6
Gambar 2.6 Persamaan keanggotaan kurva turun (Kusumadewi, 2013)................7
Gambar 2.7 Persamaan keanggotaan kurva segitiga (Kusumadewi, 2013)...........7
Gambar 2.8 Persamaan keanggotaan kurva trapesium (Kusumadewi, 2013) 7
Gambar 2.9 Operasi himpunan *Fuzzy Logic* (Kusumadewi. 2013) 8
Gambar 2.10 Mekanisme longsor (Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 2009) ...8
Gambar 2.11 Rumus perhitungan kemiringan lereng (Darmawan, 2017) 9
Gambar 2.12 Model Klasifikasi Longsor Highland & Jhonson 11
Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian 12
Gambar 3.2 Metode hukum V dalam penarikan litologi. 14
Gambar 3.3 Klasifikasi batuan sedimen (Pettijhon, 1987) 15
Gambar 3.4 Tahapan Sistem Deduksi *fuzzy* (Kusumadewi, 2013).........................16
Gambar 3.5 Sistem *Fuzzy database* parameter longsor daerah penelitian 17
Gambar 3.6 Alur *Fuzzification* (Kusumadewi, 2013)...21
Gambar 3.7 Kurva linear naik (Kusumadewi, 2013)..22
Gambar 3.8 Kurva linear turun (Kusumadewi, 2013) 22
Gambar 3.9 Kurva linear segitiga (Kusumadewi, 2013)...22
Gambar 3.10 Kurva linear trapesium (Kusumadewi, 2013). 23
Gambar 3.11 Komposisi aturan derajat sampel (Akhsar, 2015)...............................23
Gambar 3.12 Jenis operasi multi data *fuzzy* (Kusumadewi, 2013) 24
Gambar 3.13 Persamaan *defuzzification* (Kusumadewi, 2013) 24
Gambar 3.14 Tahapan *fuzzy membership* pada AcrGIS 10.6.1 26
Gambar 3.15 Proses *fuzzy overlay* pada ArgGIS 10.6.1..26
Gambar 4.1 Kolom stratigrafi lokal (Duano, 2021) 29
Gambar 4.2 Implikasi kurva sistem *fuzzy* elevasi morfologi.................................36
Gambar 4.3 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan elevasi morfologi 37
Gambar 4.4 Operasi sistem *fuzzy* elevasi morfologi daerah penelitian 37
Gambar 4.5 Implikasi kurva sistem *fuzzy* kemiringan lereng. 38
Gambar 4.6 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan kemiringan lereng..........38
Gambar 4.7 Operasi himpunan sistem *fuzzy* kemiringan lereng daerah penelitian 39
Gambar 4.8 Implikasi kurva sistem *fuzzy* jenis batuan daerah penelitian 39

Gambar 4.9 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan jenis batuan. 39
Gambar 4.10 Operasi himpunan sistem *fuzzy* jenis batuan daerah penelitian 40
Gambar 4.11 Implikasi kurva sistem *fuzzy* jenis tanah 41
Gambar 4.12 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan jenis tanah 41
Gambar 4.13 Operasi himpunan sistem *fuzzy* jenis tanah daerah penelitian 42
Gambar 4.14 Implikasi kurva sistem *fuzzy* tutupan lahan daerah penelitian 42
Gambar 4.15 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan tutupan Lahan 43
Gambar 4.16 Operasi himpunan sistem *fuzzy* tutupan lahan daerah penelitian........43
Gambar 4.17 Implikasi kurva sistem *fuzzy* curah hujan daerah penelitian. 44
Gambar 4.18 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan curah Hujan 44
Gambar 4.19 Operasi Himpunan sistem *fuzzy* curah hujan daerah penelitian..........45
Gambar 4.20 Implikasi kurva sistem *fuzzy* densitas daerah penelitian.....................45
Gambar 4.21 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan curah Hujan...................45
Gambar 4.22 Operasi Himpunan sistem *fuzzy* curah hujan daerah penelitian 46
Gambar 4.23 Persamaan *defuzzification* (Kusumadewi, 2013). 47
Gambar 4.24 Proses *overlay* seluruh parameter longsor daerah penelitian. 49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Klasifikasi kelompok mineral metamorf menurut Roberson (1999).. 16
Tabel 3.2 Sistem *fuzzy* parameter elevasi morfologi (Widyatmanti, 2016)....... 17
Tabel 3.3 Sistem *fuzzy* parameter kemiringan lereng (Widyatmanti, 2016)...... 18
Tabel 3.4 Sistem *fuzzy* parameter jenis batuan (Puslitanak, 2004)….................. 18
Tabel 3.5 Sistem *fuzzy* parameter jenis tanah (Sobirin, 2013).......................... 19
Tabel 3.6 Sistem *fuzzy* parameter tutupan lahan (Arief 2016)........................... 20
Tabel 3.7 Sistem *fuzzy* parameter curah hujan (BMKG, 2017)......................... 20
Tabel 3.8 Sistem *fuzzy* parameter densitas (Zhumabek, 2017).......................... 21
Tabal 3.9 Variabel *output fuzzy* (Sutojo, 2011).. 25
Tabel 4.1 *Fuzzy database* variabel elevasi morfologi....................................... 31
Tabel 4.2 *Fuzzy database* variabel kemiringan lereng...................................... 32
Tabel 4.3 *Fuzzy database* variabel jenis batuan.. 33
Tabel 4.4 *Fuzzy database* variabel jenis tanah.. 33
Tabel 4.5 *Fuzzy database* variabel tutupan lahan... 34
Tabel 4.6 *Fuzzy database* variabel curah hujan.. 35
Tabel 4.7 *Fuzzy database* variabel densitas.. 36
Tabel 4.8 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan elevasi daerah penelitian.. 37
Tabel 4.9 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan lereng daerah penelitian.. 38
Tabel 4.10 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan jenis batuan daerah penelitian. 39
Tabel 4.11 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan jenis tanah daerah penelitian. 40
Tabel 4.12 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan tutupan lahan daerah penelitian. 43
Tabel 4.13 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan curah hujan daerah penelitian... 44
Tabel 4.14 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan densitas daerah penelitian.. 46
Tabel 4.15 Nilai komposisi aturan dan derajat keanggotaan daerah penelitian... 46
Tabel 4.16 Tabel variabel domain tingkat kerawanan longsor (Sutojo, 2011).... 47
Tabel 4.17 Tabel Perhitungan *defuzzification* lokasi pengamatan longsor.......... 48
Tabel 4.18 Tabel *Rule fuzzy* lokasi pengamatan longsor.................................... 48
Tabel 4.19 Tabel sebaran longsor daerah penelitian... 59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Peta Lintasan Dan Pengamatan Longsor.
Lampiran B. Peta Eleveasi Morfologi.
Lampiran C. Peta Kemiringan Lereng.
Lampiran D. Peta Jenis Batuan.
Lampiran E. Peta Jenis Tanah.
Lampiran F. Peta Tutupan Lahan.
Lampiran G. Peta Curah Hujan.
Lampiran H. Peta Densitas.
Lampiran I. Peta Sebaran Longsor Daerah Penelitian.

BAB I
PENDAHULUAN

Bab ini akan memuat latar belakang, maksud dan tujuan, rumusan masalah, batasan masalah, serta lokasi dan aksesibilitas. Latar belakang akan memberikan gambaran umum terhadap aspek-aspek geologi yang akan diteliti. Maksud dan tujuan ditampilkan agar peneliti dapat berfokus terhadap hasil akhir yang ingin dicapai pada penelitian ini. Rumusan masalah merupakan serangkaian pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab peneliti untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Batasan masalah mengacu pada aspek-aspek utama yang perlu diteliti. Lokasi dan aksesibilitas ditampilkan untuk memberikan informasi administratif dan akses menuju daerah penelitian.

1.1. Latar Belakang

Penelitian ini merupakan kesinambungan dari pengamatan lapangan dan pemetaan geologi yang telah dilakukan sebelumnya. Saat dilakukan pengamatan ditemukan beberapa titik longsor pada daerah penelitian yang ditandai dengan lereng yang curam - sangat curam, vegetasi yang minim, dan batuan telah mengalami pelapukan yang intensif. Berdasarkan data yang dirilis Badan Badan Pusat Statistik (BPS) Jambi terjadi peningkatan kejadian tanah longsor dari 58 kasus pada 2014 menjadi 98 kasus pada 2018 dan di proyeksikan akan terus bertambah apabila tidak ditangani. Hal ini lah yang mendorong penulis untuk melakukan studi identifikasi tingkat kerawanan dan sebaran longsor didaerah penelitian, guna memberikan edukasi dan mitigasi pada penduduk sekitar daerah penelitian sehingga dapat mengurangi dampak bencana longsor yang akan terjadi.

Secara administratif daerah penelitian terletak pada empat desa yaitu Desa Rantau Panjang, Desa Pekan Gedang, Desa Sungai Salak Baru, dan Desa Raden Anom pada Kecamatan Sarolangun, Jambi. Daerah penelitian termasuk wilayah yang berpotensi terjadinya longsor lantaran keadaan geologi daerah penelitian yang termasuk pada Zona Sesar Semangko dan Perbukitan Barisan. Hal tersebut didukung juga dengan penggunaan lahan yang tidak memenuhi regulasi keamanan sehingga dapat meningkatkan potensi terjadinya longsor.

BNPB (2012) menyatakan tanah longsor merupakan jenis pergerakan massa tanah atau batuan, ataupun campuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat gangguan kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng, sedangkan Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan (2009) menyatakan terjadinya longsor disebabkan oleh gangguan keseimbangan lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah atau batuan yang bergerak dari elevasi tinggi ke elevasi rendah. Menurut Arsyad (2010) terdapat tiga faktor utama yang harus dipenuhi agar longsor dapat terjadi yaitu, adanya lereng yang cukup curam sehingga pergerakan massa tanah dapat terjadi, terdapat lapisan kedap air dan lunak di bawah massa tanah sebagai bidang gelincir, lapisan massa tanah telah jenuh di atas lapisan kedap air tersebut.

Metode yang digunakan peneliti dalam studi identifikasi tingkat kerawanan dan sebaran longsor adalah *Fuzzy Logic* yaitu dengan mengombinasikan data hasil observasi lapangan dengan data Digital Elevation Model (DEM) serta Rupa Bumi Indonesia (RBI). *Fuzzy Logic* merupakan suatu metode analisis keruangan yang berfungsi untuk memetakan beberapa variabel ke dalam *output* yang sesuai dengan cara tumpang susun peta (*overlay*). Ilustrasi setiap variabel dilakukan menggunakan *software ArgGIS* 10.6.1, penggunaan perangkat lunak dipilih guna meningkatkan akurasi dan mempermudah penyampaian informasi spasial.

1.2. Maksud Dan Tujuan

Studi ini dimaksudkan untuk mendapatkan paket informasi dari daerah penelitian dengan melakukan observasi dan perhitungan komponen geologi yang terkait dengan kelongsoran tanah.

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi tingkat kerawanan longsor melalui metode *Fuzzy Logic*.
2. Menganalisis persebaran lokasi yang berpotensi longsor pada daerah penelitian
3. Memberikan paket data geologi untuk mitigasi bencana longsor di daerah penelitan.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta maksud dan tujuan yang telah diuraikan di atas maka didapat rumusan masalah studi sebagai berikut:

1. Variabel apa saja yang berperan terhadap kejadian longsor daerah penelitian?
2. Bagaimana menentukan tingkat kerawanan longsor terhadap variabel penyebab longsor menggunakan metode *Fuzzy Logic*?
3. Bagaimana persebaran lokasi rawan longsor pada daerah penelitian?

1.4 Batasan Masalah

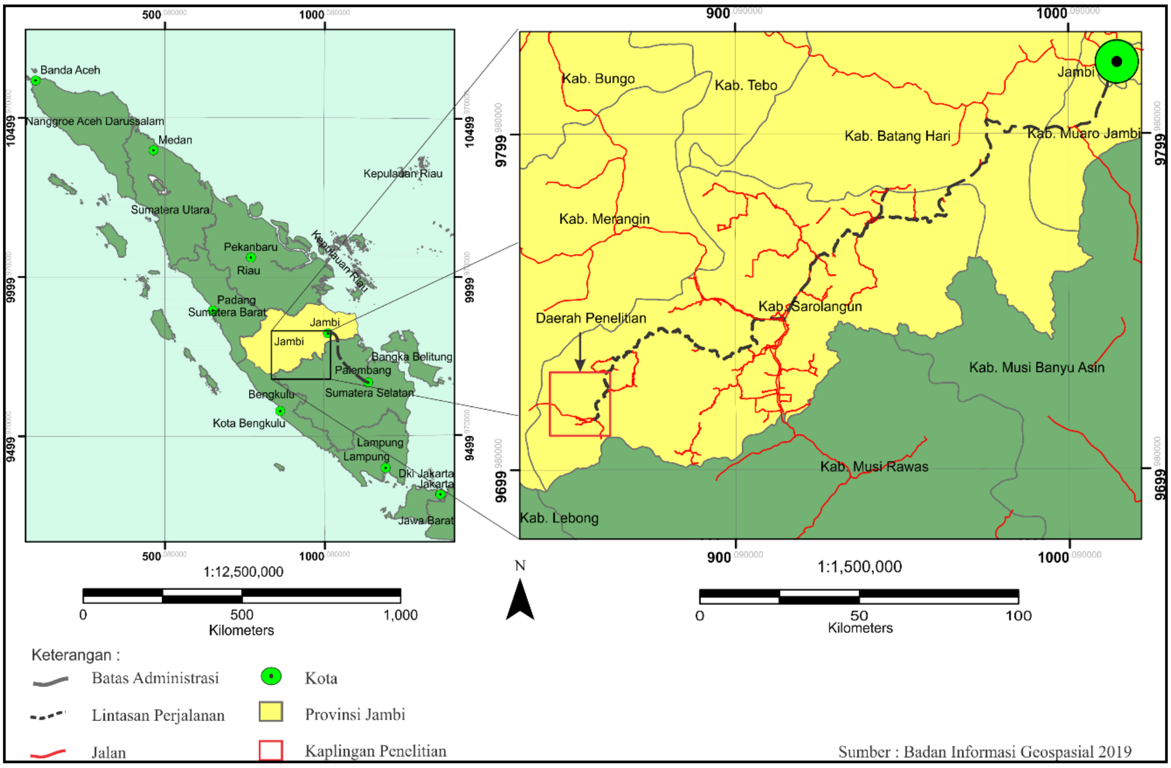
Kegiatan pemetaan dan penelitian ini difokuskan pada kondisi daerah penelitan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian tersebar di 4 desa dengan luasan 344 km^2 dengan skala 1:125.000.
2. Observasi data difokuskan pada singkapan yang tersingkap di permukaan yang dikombinasikan data sekunder berupa Digital Elevation Model Nasional (DEMNas).
3. Analisis menggunakan metode *Fuzzy Logic* dengan perhitungan nilai derajat keanggotaan dari masing-masing variabel untuk mendapat klasifikasi nilai dari setiap parameter.

1.5 Lokasi Penelitian dan Aksesibilitas

Secara administratif berada pada Desa Batin Pengambang Kecamatan Batang Asai Kabupaten Sarolangun (Gambar 1.1), Provinsi Jambi. Secara geografis berada di S2^o 31’ 56.0” - S2^o 36’ 48.0” dan E102^o 11’ 23.6”- E102^o 11’ 23.6” daerah penelitian memiliki luasan sebesar 344 km^2 dengan skala 1:125.000 pada pembuatan peta.

Untuk menuju daerah penelitian dari Kota Jambi dapat ditempuh melalui jalur darat dengan menggunakan kendaraan roda dua atau roda empat selama 6 jam menuju lokasi penelitian. Untuk memasuki lokasi penelitian digunakan jalur timur laut yang mana jalur ini menjadi satu-satunya akses yang dapat ditempuh (Gambar 1.1).



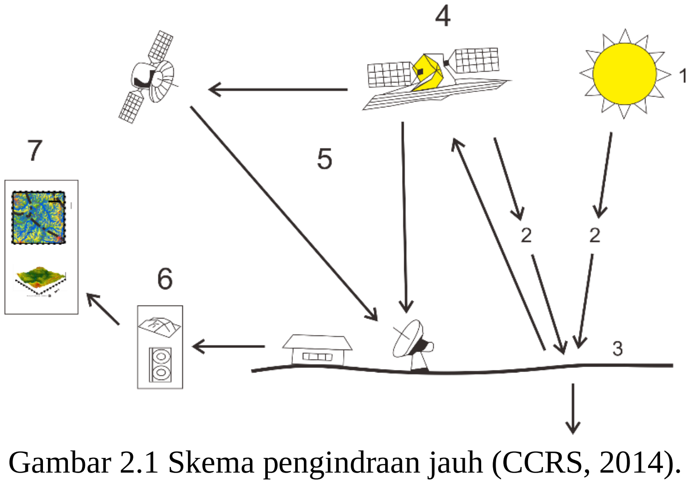
Gambar 1.1 Peta ketersampaian daerah penelitian (Badan Informasi Geospasial, 2019)

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

Bab ini akan dilakukan kajian pustaka melalui buku, jurnal, maupun *paper* penelitian terdahulu yang digunakan sebagai kerangka berpikir peneliti. Kemudian membahas mengenai hal-hal yang dilakukan dalam studi meliputi Pengindraan jauh, tingkat kerawanan longsor menggunakan *Fuzzy Logic*, hingga pembuatan model persebaran kerawanan longsor longsor menggunakan metode tumpang susun peta (*overlay*).

2.1 Pengindaraan Jauh

Pengindraan jauh juga dikenal sebagai *remote sensing* merupakan suatu metode untuk memperoleh informasi mengenai suatu objek, fenomena maupun area tanpa melakukan kontak langsung terhadap objek yang dikaji (Lillesand dan kiefer, 2004). Djauhari (2021) menyatakan bahwa pengindraan jauh (indraja) merupakan suatu rangkaian teknik yang dikembangkan guna memperoleh dan menganalisis segala informasi yang berkaitan dengan bumi, adapun informasi ini biasanya berbentuk radiasi elektromagnetik yang pantulkan ataupun dipancarkan oleh pemukaan bumi. Pantulan ataupun pancaran ini dapat ditangkap kemudian direkam menggunakan sensor. Sensor di sini merujuk pada alat pengindra yang umumnya dipasang pada pesawat tanpa awak, *drone*, balon udara, satelit ataupun wahana lainnya. Adapun hasil dari pengindraan inilah yang dikategorikan sebagai data citra (Gambar 2.1).



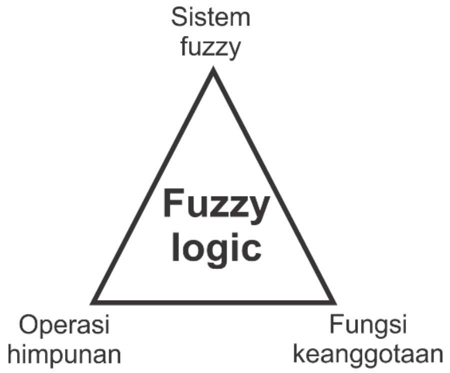
Gambar 2.1 Skema pengindraan jauh (CCRS, 2014).

Pengindraan jauh dilakukan berdasarkan perbedaan daya reflektansi elektromagnetik objek pada permukaan bumi, sehingga daya reflektansi yang berbeda akan direkam dan diartikan sensor sebagai suatu objek yang berbeda kemudian direpresentasikan ke dalam data. Sebelum direkam oleh sensor gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh permukaan bumi akan melewati atmosfer terlebih dahulu. Partikel pada atmosfer berupa awan dan debu dapat membiaskan pantulan gelombang membetuk ganguan sehingga sebelum dilakukan analisis citra perlu dilakukan koreksi radiometri. Adapun elemen dalam pengindraan jauh dapat dibagi menjadi tujuh

elemen yaitu: sumber energi atau iluminasi (1) radiasi; (2) interaksi dengan objek; (3) perekaman oleh sensor; (4) proses transmisi (5) penerimaan serta pemrosesan data; (6) interpretasi dan analisis data hingga; (7) pengaplikasian data.

2.2 *Fuzzy Logic*

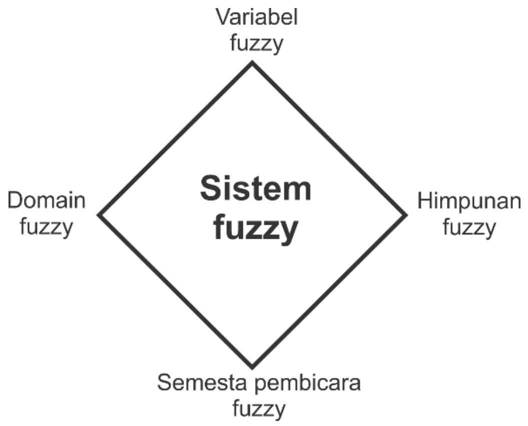
Berdasarkan Zadeh (1962) *fuzzy logic* adalah suatu metode berbentuk sistem yang mampu menjadi kontrol pemecahan masalah yang dapat diimplementasikan ke dalam suatu sistem, baik sistem sederhana hingga sistem yang rumit. Beberapa kelebihan sistem *fuzzy* yaitu mudah untuk dipahami, mempunyai toleransi tinggi terhadap data yang kurang sempurna, dan mampu memodelkan fungsi non linier yang rumit dalam waktu singkat, berdasarkan Kusumadewi (2013) *fuzzy logic* tersusun atas tiga bagian yang saling terhubung satu sama lain (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Konsep *Fuzzy Logic* (Kusumadewi, 2013)

2.2.1 Sistem *Fuzzy*

Menurut Kusumadewi (2013) sistem *fuzzy* terbagi menjadi empat komponen utama yaitu, variabel *fuzzy* yang merupakan komponen yang akan dianalisis sebagai tolak ukur dalam sistem *fuzzy*, adapun variabel *fuzzy* yang digunakan dalam parameter ini adalah elevasi morfologi, kemiringan lereng, tutupan lahan, curah hujan, jenis tanah dan batuan.



Gambar 2.3 Elemen Sistem *Fuzzy Logic* (Kusumadewi, 2013)

2.2.2 Persamaan Linear Keanggotaan

Dalam tahapan penentuan fungsi linear keanggotaan *fuzzy* yang membentuk model kurva yang memetakan variabel masukan ke pada derajat keanggotaan (μ) yang memiliki interval antara 0 hingga 1 (Kusumadewi, 2013). Sebelum dilakukan pengoperasian fungsi keanggotaan *fuzzy* perlu dilakukan analisis variabel nilai *fuzzy* yang bisa ditentukan dari jumlah data pembagian terstruktur mengenai longsor. Pengoperasian fungsi keanggotaan *fuzzy* bisa dilakukan dengan meng*input* nilai sistem *fuzzy* ke dalam beberapa jenis kurva di antaranya kurva trapesium, kurva linear naik, kurva linear turun, dan kurva segitiga(Gambar 2.4).

Gambar 2.4 Fungsi keanggotaan *fuzzy* (Kusumadewi, 2013)

Berdasarkan Kusumadewi (2013) implikasi sistem *fuzzy* diperoleh dari nilai *database* yang dioperasikan menggunakan persamaan linear yang kemudian di representasikan ke dalam kurva fungsi keanggotaan. Penentuan kurva yang digunakan dalam analis data didasari oleh banyaknya jumlah setiap himpunan *fuzzy database* seluruh parameter longsor. Adapun pengoperasian data dilakukan dengan empat persamaan yaitu kurva linear naik, kurva linear turun, kurva linear segitiga, dan kurva linear trapesium.

Persamaan kurva linear naik merepresentasikan garis lurus yang melewati dua titik pada bidang kartesius yang dilambangkan dengan (a,0) dan (b,1) sehingga garis bergerak menuju domain tertinggi di sebelah kanan. Himpunan keanggotaan dilambangkan dengan $\mu[x]$ di mana a merupakan nilai domain yang memiliki derajat persamaan 0, dan b merupakan nilai domain yang memiliki derajat persamaan 1, sementara x adalah nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan *fuzzy* (Gambar 2.5).

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

keterangan

a = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 0

b = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 1

x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

Gambar 2.5 Persamaan keanggotaan kurva naik (Kusumadewi, 2013)

Sama seperti persamaan kurva linear naik, kurva linear turun merupakan fungsi dari suatu garis lurus yang melewati dua titik pada bidang kartesius yang dilambangkan dengan (a,1) dan (b,0). Sehingga pada kurva linear turun data tersebar pada domain

tertinggi menuju domain terendah sehingga terbentuk garis lurus ke bawah sehingga membentuk persamaan berikut (Gambar 2.6).

$$\mu[x] = \begin{cases} 1 \,;\, x \leq a \\ \dfrac{(b\text{-}x)}{(b\text{-}a)} \,;\, a \leq x \leq b \\ 0 \,;\, x \geq b \end{cases}$$

keterangan
a = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 0
b = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 1
x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

Gambar 2.6 Persamaan keanggotaan kurva turun (Kusumadewi, 2013)

Persamaan kurva linear segitiga merupakan gabungan dari kurva linear naik dan turun. Kurva ini pada bidang kartesius dilambangkan dengan (a,0), (b,1) dan (c,0) di mana sebaran himpunan keanggotaan $\mu[x]$ akan berada di antara a dan c dengan b sebagai batas atasnya. Secara sederhana kurva linear segitiga dapat dijabarkan dengan persamaan berikut (Gambar 2.7).

$$\mu[x] = \begin{cases} 0;\, x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \dfrac{(x\text{-}a)}{(b\text{-}a)} \,;\, a \leq x \leq b \\ \dfrac{(c\text{-}x)}{(c\text{-}b)} \,;\, b \leq x \leq c \end{cases}$$

keterangan
a = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 0
b = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 1
c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajad keangotaan 0
x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

Gambar 2.7 Persamaan keanggotaan kurva segitiga (Kusumadewi, 2013)

Persamaan kurva trapesium merupakan modifikasi dari kurva segitiga. Di mana nilai kurva linear trapesium merupakan fungsi pada bidang kartesius yang dilambangkan dengan (a,0), (b,1), (c,1), dan (d,0). Di mana sebaran himpunan keanggotaan $\mu[x]$ akan berada di antara a dan d dengan b dan c sebagai batas atasnya. Sehingga persamaan kurva trapesium dapat dirumuskan sebagai berikut (Gambar 2.8).

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

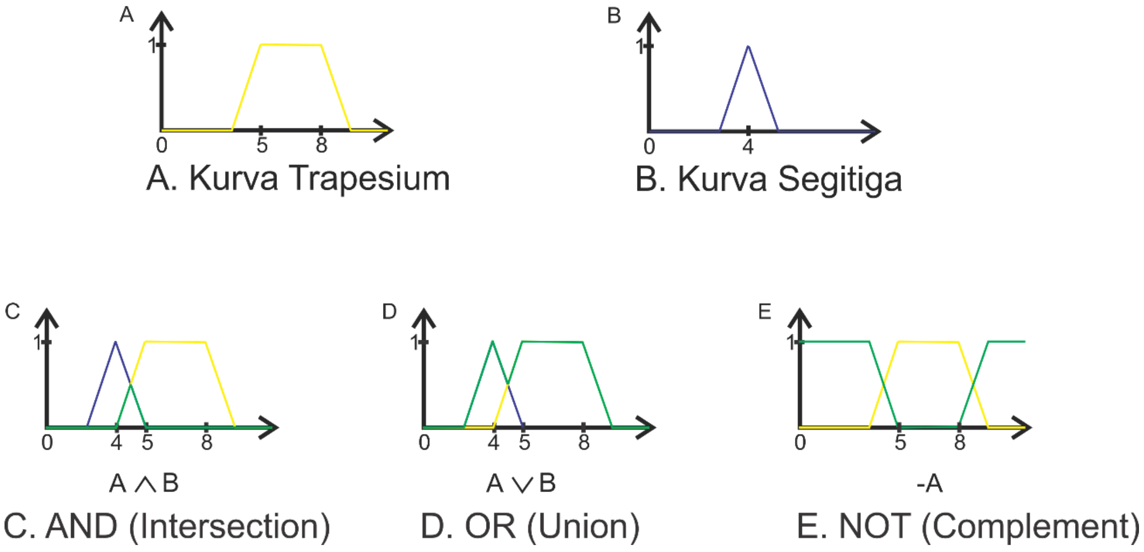
keterangan
a = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 0
b = nilai domain yang mempunyai derajad keangotaan 1
c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajad keangotaan 1
d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajad keangotaan 0
x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan *fuzzy*

Gambar 2.8 Persamaan keanggotaan kurva trapesium (Kusumadewi, 2013)

2.2.3 Operasi Dasar Himpunan

Pengoperasian himpunan *fuzzy* dilaksanakan memalui proses inferensi dan deduksi atau penalaran agar dihasilkan nilai derajat keanggotaannya, lalu penilai tadi di masukan ke dalam hasil dari operasi perpotongan dua variabel *fuzzy* atau lebih dikenal dengan nama predikat. Menurut Kusumadewi (2013) terdapat tiga cara untuk melakukan kombinasi dan analisis pengoperasian dasar variabel *fuzzy* yaitu, AND (*Intersection*) cara

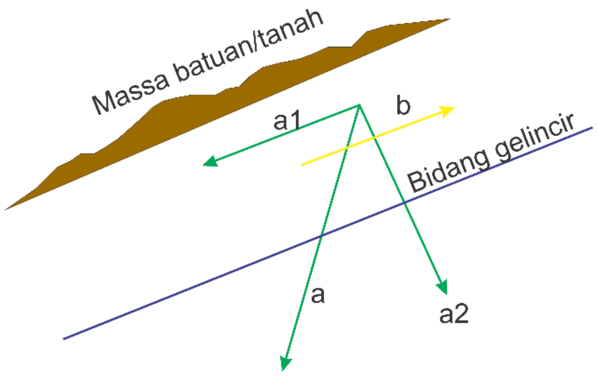
ini digunakan dalam operasi *intersect* dengan mengambil nilai keanggotaan yang paling kecil pada irisan himpunan, kemudian OR (*Union*) cara ini dilakukan pada operasi *union* dengan mengambil gabungan nilai keanggotaan pada irisan himpunan, lalu NOT (*Complement*) yaitu dengan cara mengambil nilai terbesar dari gabungan himpunan (Gambar 2.6).



Gambar 2.9 Operasi dasar himpunan *fuzzy* (Kusumadewi, 2013)

2.3 Kerawanan Longsor

Kerawanan longsor merupakan suatu kecenderungan tanah pada suatu daerah untuk terjadi longsor. Longsoran menurut Direktorat Geologi dan Tata lingkungan (2009) merupakan suatu fenomena pergerakan massa tanah ataupun batuan menuju ke tempat yang lebih rendah akibat adanya gangguan kestabilan. Hal ini dapat terjadi terhadap tanah ataupun batuan yang memiliki daya hambat lebih kecil dibanding massa batuan tersebut sehingga tercipta suatu bilang gelincir sehingga terjadi pergerakan massa tanah (Gambar 2.10). Dimana a merupakan gaya massa batuan pada titik terberatnya, a1 dan a2 adalah vektor berat dari massa batuan dikontrol oleh besaran lereng, dan b merupakan gaya penghambat, sehingga bila b < a maka akan terjadi longsor.



Gambar 2.10 Mekanisme Longsor (Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 2009)

2.3.1 Faktor Penyebab Longsor

Menurut Arsyad (2010) terdapat tiga faktor utama yang harus dipenuhi agar longsor dapat terjadi yaitu, adanya lereng yang cukup curam sehingga pergerakan massa tanah dapat terjadi, terdapat lapisan kedap air dan lunak di bawah massa tanah sebagai bidang gelincir, lapisan massa tanah telah jenuh di atas lapisan kedap air tersebut. Menurut Karnawati (2007) ada dua faktor utama penyebab terjadinya longsor yaitu faktor pengontrol yang terbagi menjadi empat bagian yaitu geomorfologi, kondisi geologi dan jenis tanah, curah hujan, serta tata guna lahan.

2.3.1.1 Geomorfologi

Kondisi geomorfologi dapat menjadi parameter dalam mengidentifikasi tingkat kerawanan longsor. Geomorfologi terbagi menjadi morfografi dan morfometri, di mana morfografi merupakan pemerian suatu daerah berdasarkan proses pembentukannya. Sedangkan morfometri merupakan suatu analisis matematis konfigurasi muka bumi meliputi dimensi dan bentuk rupa bumi.

Keadaan geomorfologi digambarkan melalui elevasi dan tingkat kemiringan lereng. Berdasarkan Darmawan (2017), kemiringan lereng merupakan persentase perbandingan antara jarak vertikal (elevasi) dengan jarak horizontal (panjang lereng) (Gambar 2.11).

$$slope\ (\%) = beda\,\frac{beda\ elevasi}{jarak\ horizontal} \times 100\%$$

Gambar 2.11 Rumus perhitungan persentase kemiringan lereng (Darmawan, 2017)

2.3.1.2 Kondisi Geologi dan Jenis Tanah

Kondisi geologi digambarkan dengan tipe batuan dan jenis tanah penyusun lereng serta keaktifan struktur geologi. Kondisi geologi diwujudkan dari peta sebaran batuan dan peta sebaran jenis tanah sedangkan keaktifan struktur geologi digambarkan melalui peta densitas kelurusan. Kondisi geologi berperan penting dalam mengontrol potensi longsor di mana apabila batuan penyusun lereng merupakan batuan *impermeabel* dan tanah penyusun lereng tidak kohesif makan akan terbentuk suatu bidang gelincir, ditambah lagi bila daerah tersebut memiliki struktur geologi yang aktif maka sewaktu-waktu dapat terjadi pergerakan yang mengganggu kestabilan lereng.

2.3.1.3 Tata Guna Lahan

Berdasarkan Sugiharyanto (2009) tata guna lahan terbagi menjadi dua yaitu tutupan lahan dan penggunaan lahan, tutupan lahan merupakan visualisasi objek alami tanpa pengaruh manusia terhadap objek tersebut, data tutupan lahan diperoleh dari identifikasi citra satelit. Sedangkan penggunaan lahan adalah pemanfaatan lahan oleh manusia yang mana dalam pengamatannya perlu observasi langsung di lapangan dikarenakan kegiatan manusia dapat mengubah bentuk lahan secara cepat namun tidak diimbangi dengan pembaruan citra satelit.

Dalam perkembangannya pemanfaatan lahan dilakukan sesuai dengan kebutuhan manusia yang terus meningkat maka manusia mengubah lingkungan hidup yang terbangun untuk mempermudah keberlangsungan hidup manusia. Akan tetapi seiring dengan meningkatnya kepadatan penduduk dan akses menuju daerah terpencil membuat manusia menggunakan lahan secara tidak efektif dan cenderung membahayakan seperti pembangunan permukiman di daerah dengan elevasi tinggi dan lereng curam, pembuatan jalan tanpa pengaman memotong tebing dan pembukaan areal persawahan dan ladang yang tidak di sertai kondisi tanah dan vegetasi yang dapat menopang lereng dapat mempengaruhi kestabilan lereng.

2.3.1.4 Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kerawanan lereng. Hal ini terjadi karena pada hujan terjadi siklus hidrologi yang terus menerus dan mempengaruhi iklim sehingga mempengaruhi tingkat pelapukan batuan. Intensitas hujan dapat diukur berdasarkan jumlah hujan dalam kurun waktu tertentu yang ditampung dalam penakar hujan dan dihitung selama hujan berlangsung. tingkat ketinggian air hujan yang terkumpul dalam penakar hujan pada tempat yang datar, tidak meresap, tidak menyerap dan tidak mengalir.

Iklim dan curah hujan merupakan salah satu pengontrol pelapukan di mana perbedaan temperatur dan curah hujan yang intens dapat menyebabkan rekahan pada tanah dan batuan sehingga dapat menjadi celah bagi air hujan untuk masuk dan menginisiasi peningkatan tekanan air pori menyebabkan jenuhnya tanah pada lereng. Lapisan tanah yang jenuh air akan menyebabkan lereng menjadi berat menjadi lebih rentan terhadap potensi pergerakan tanah.

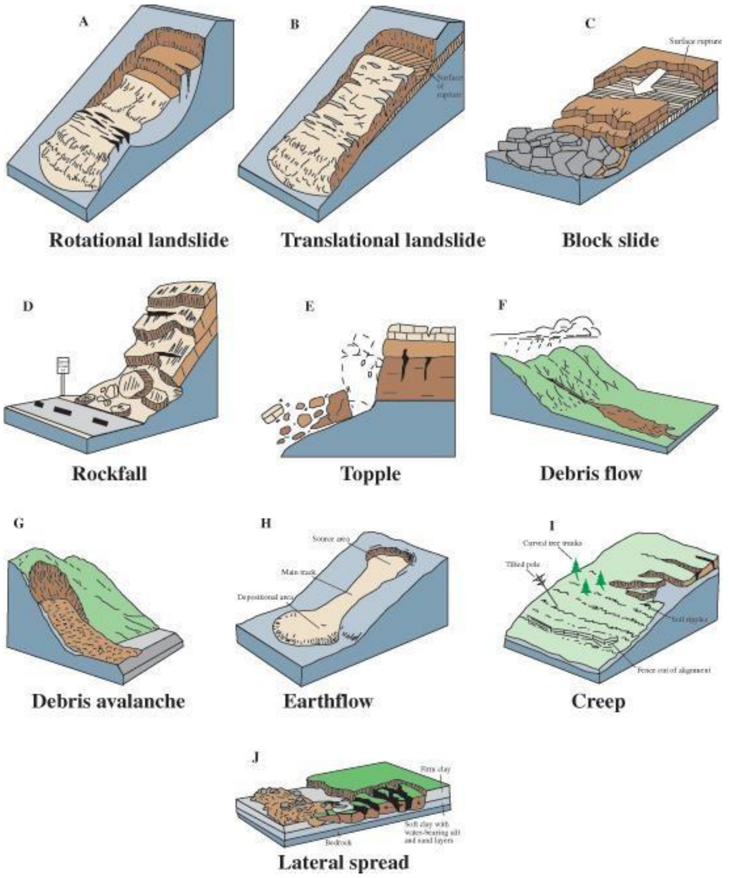
2.3.1.5 Aktivitas Geodinamika

Aktivitas geodinamika direpresentasikan dari analisis kelurusan pada daerah penelitian. Kelurusan merupakan suatu fitur yang mencerminkan permukaan pada muka bumi yang dapat di petakan. Kelurusan dapat terlihat pada foto udara dan citra satelit Sebagai suatu pola yang lurus atau sedikit melengkung dengan warna yang lebih gelap ataupun lebih terang dibanding area sekitarnya. Menurut Zhumabek (2017), analisis kelurusan merupakan rangkaian efektif metode perpetaan jarak jauh untuk memantau potensi bahaya fitur geologi dan morfologi untuk mengevaluasi lingkungan geodinamik secara keseluruhan.

2.3.2 Klasifikasi Longsor

Menurut Highland dan Johnshon (2004), parameter klasifikasi longsor dapat dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan jenis material longsoran dan pergerakannya dengan mengombinasikan variabel tambahan, seperti tingkat gerakan massa batuan dan air, udara, maupun konten es (glasial). Jenis – jenis longsor dibedakan berdasarkan ukuran material yang bergerak. Bila material halus yang bergerak disebut *mud* (lumpur), jika berupa butiran (pasir dsb.) disebut *debris*, sedangkan bongkahan besar disebut *rock*.

Berdasarkan bidang dan kecepatan pergerakannya dibedakan menjadi *fall* (jatuh), *flow* (mengalir) dan *creep* (merayap). Bila material bergerak dalam jumlah besar disebut *avalanche*. Berikut klasifikasi longsor menurut Highland dan Johnshon (Gambar 2.12).

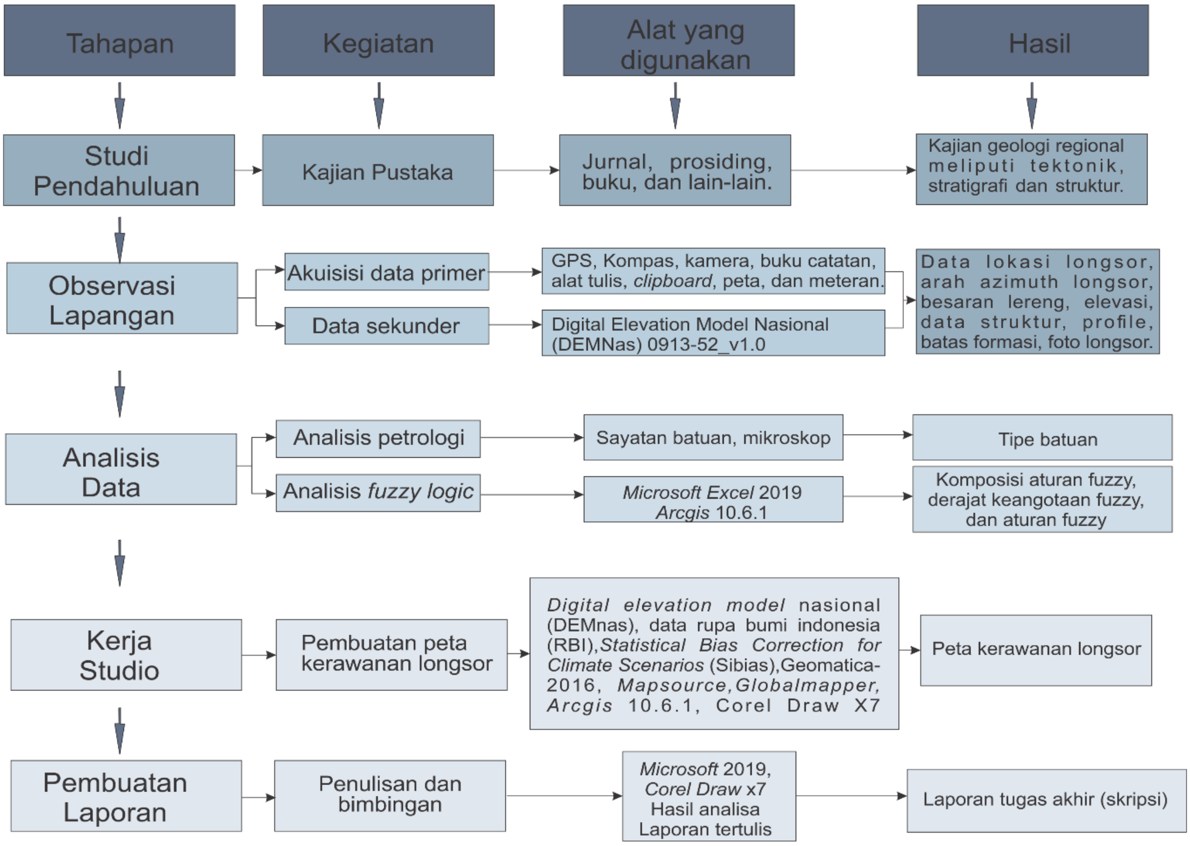


Gambar 2.12 Model klasifikasi longsor menurut Highland dan Johnshon (2004).

Rotational landslide (A) merupakan pergerakan massa tanah yang memiliki bidang gelincir berbentuk cekungan dengan material berupa lumpur hingga pasir. *Translational landslide* (B) adalah pergerakan massa tanah pada bidang gelincir yang berbentuk begelombang hingga rata dengan material berupa lumpur hingga pasir. *Block slide* (C) ialah pergerakan massa batuan pada bidang yang rata dengan material longsor berupa bongkah batuan. *Rockfall* (D) merupakan pergerakan material longsor berupa bongkah batuan pada bidang geilncir yang memiliki lereng yang cukup curam. *Topple* (E) merupakan jenis longsor dimana sejumlah besar batuan jatuh bebas dari tebing yang menggantung. *Debris flow* (F) adalah longsoran yang terjadi akibat pengaruh air, kecepatan aliran dipengaruhi oleh volume, kemiringan lereng, dan tekanan air. *Debris avalanche* (G) ialah pergerakan massa tanah yang terjadi pada area yang bersalju dengan material material halus yang terbawa salju. *Earthflow* (H) merupakan pergerakan tanah yang terjadi pada tanah yang tersusun oleh lempung dan lanau, longsor memiliki kecepatan bervariasi bergantung dari hujan dan kadar air tanah. *Creep* (I) adalah longsoran yang memiliki pergerakan lambat dicirikan dengan miringnya pohon, rumah, ataupun tiang listrik. *Lateral spread* (I) adalah pergerakan massa tanah akibat perbedaan material penyusun tanah dimana pada lapisan atas merupakan tanah keras dan pada bagian bawah tersusun oleh tanah lunak sehingga terjadi keretakan tanah secara lateral.

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan suatu tahapan sistematis yang diaplikasikan terhadap daerah penelitian guna menyelesaikan masalah. Adapun tahapan yang digunakan berupa observasi, analisis, dan interpretasi yang digambarkan dalam diagram alir berikut (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian

3.1 Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan merupakan tahapan awal di mana peneliti melakukan kajian pustaka terhadap jurnal, *paper*, dan buku dari penelitian terdahulu. Dalam hal ini peta geologi regional guna mendapat informasi mengenai kondisi geologi daerah penelitian. Hal ini dilakukan agar peneliti dapat membangun kerangka pemikiran dan hipotesis mengenai bahasan yang akan dikaji.

3.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan guna mendapatkan informasi yang tersingkap di permukaan. Observasi lapangan terbagi menjadi dua yaitu primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh selama observasi lapangan seperti sebaran batuan, elevasi, dan kemiringan lereng. Sedangkan data sekunder merupakan data yang didapat

dari badan organisasi ataupun dari penelitian terdahulu semisal curah hujan, jenis tanah, tutupan lahan, dan lain lain.

3.2.1 Akusisi Data Primer

Observasi lapangan dilakukan dalam beberapa tahapan meliputi akuisisi data struktur dan data geomorfologi guna mendapatkan data sekunder. Adapun metode dan tahapan yang dilakukan antara lain.

Penentuan lintasan menggunakan metode *transverse* dengan menyusuri sungai dan tebing di sekitar jalan. Metode ini dipilih mempertimbangkan erosi di sekitar sungai membuat sungai menjadi media yang baik untuk mendapat singkapan batuan dan struktur. Dalam penerapannya metode ini juga mempertimbangkan pola kelurusan, pola aliran sungai dan kerapatan kontur melalui peta topografi serta memotong arah keseragaman batuan sehingga didapat lintasan yang efektif dan efisien dalam melakukan akuisisi data.

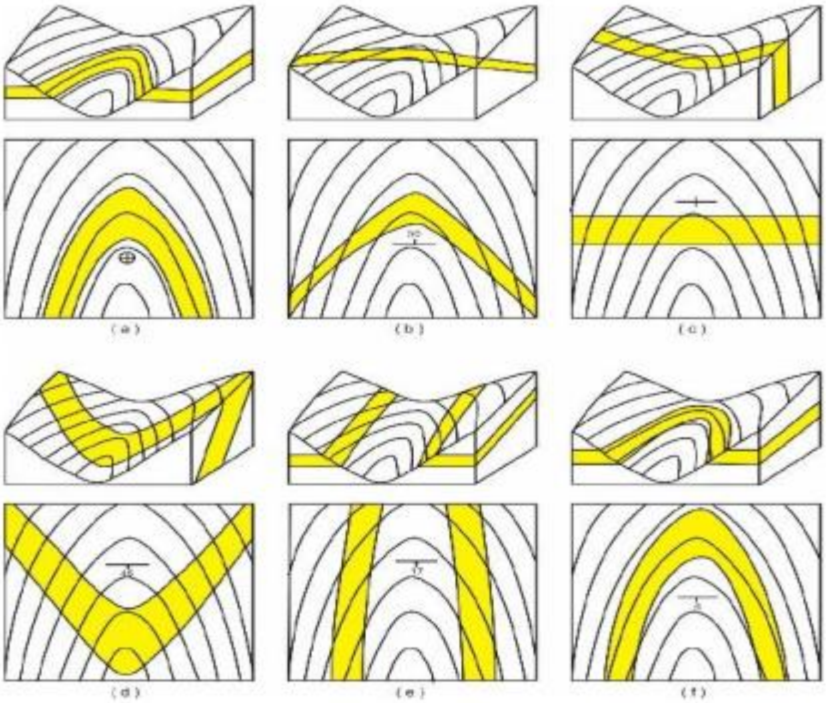
Akuisisi data geomorfologi melalui pengamatan terhadap aspek geomorfologi pada daerah penelitian meliputi aspek morfografi dan morfometri serta bentuklahan. Pengamatan dilakukan pada beberapa titik ketinggian, punggungan dan longsor pada daerah penelitian.

Penghimpunan data struktur geologi yang didapat dari pengukuran terhadap data garis dan bidang. Data garis berupa *fracture* yaitu *shear fracture* dan *gash fracture,* data bidang meliputi *offset*, breksiasi, *slicken side*, dan bidang sesar dan pengukuran kontak satuan batuan.

Adapun peralatan yang digunakan dalam observasi lapangan antara lain: *hand held* GPS sebagai alat navigasi sekaligus untuk memberikan tanda tempat. Kompas dan pita ukur digunakan sebagai instrumen ukur untuk mengukur kedudukan batuan, struktur geologi, *azimuth* singkapan dan pergeseran yang ditemukan di lapangan. Buku catatan lapangan dan telepon genggam guna mencatat dan mendokumentasikan fenomena yang terjadi di lapangan.

Penarikan jenis batuan daerah penelitian dilakukan berdasarkan penarikan data kontak kedudukan satuan batuan yang telah dihimpun di lapangan menggunakan hukum V. Hukum V merupakan dasar penarikan batuan secara interpolasi dengan mengakuisisi dan menghubungkan data kemiringan lapisan serta topografi relief morfologi melalui ketampakan citra dalam bentuk *Digital Elevation Model* (DEM). Dalam penerapannya, hukum "V" terbagi menjadi 6 yaitu: (Gambar 3.2) a) Lapisan horizontal akan membentuk pola singkapan yang mengikuti pola garis kontur (Gambar 3.2a). b) Lapisan dengan kemiringan yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng maka ketampakan lapisan akan memotong lembah dengan pola singkapan yang sudutnya berlawanan dengan arah kemiringan lembah (Gambar 3.2b). c) Pada lapisan tegak akan membentuk pola singkapan berupa garis lurus di mana pola singkapan ini tidak dipengaruhi oleh keadaan topografi (Gambar 3.2c). d) Lapisan yang miring searah dengan arah kemiringan lereng akan membentuk pola singkapan searah dengan arah kemiringan lereng (Gambar 3.2d).

e) Lapisan yang kemiringannya hampir landai, maka ketampakannya agak mengikuti pola garis kontur namun sedikit memotongnya (Gambar 3.2e). f) Lapisan dengan kemiringan yang searah dengan kemiringan lereng di mana besar kemiringan lapisan lebih kecil dari kemiringan lereng, maka pola singkapan yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng/lembah dan lapisannya biasanya terputus/tidak terhubung (Gambar 3.2f).



Gambar 3.2 Metode hukum V dalam penarikan litologi.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari badan organisasi tertentu ataupun kajian literatur, di mana pada studi khusus penelitian ini data sekunder berfungsi sebagai parameter variabel *input* dalam metode *fuzzy logic* yang dikombinasikan dan *overlay* dengan data primer menghasilkan peta kerawanan longsor diolah melalui *Geographic Information System* (GIS), data yang diperlukan dalam pengolahan data menggunakan *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNas), data curah hujan tahunan, data administrasi dan batas wilayah, serta jenis tanah.

Data citra *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNas) lokasi penelitian diunduh melalui website resmi *https://tides.big.go.id/DEMNAS/.php* yaitu DEMNAS_1011_52-v1. Penggunaan dan pengolahan data ini akan menghasilkan parameter variabel *input* berupa peta topografi, peta kemiringan lereng, dan peta elevasi morfologi.

3.3 Analisis Data

Data yang telah dihimpun dari tahapan sebelumnya kemudian dilakukan pengolahan dan analisis, pengolahan dilakukan secara analisis laboratorium dan analisis studio. Analisis laboratorium terdiri dari analisis petrografi sedangkan analisis studio terbagi menjadi dua yaitu pembuatan peta dan analisis *fuzzy logic*. Pembuatan peta dilaksanakan pada tujuh variabel yang akan dianalisis *fuzzy logic* kemudian dilakukan tumpang tindih (*overlay*) menghasilkan *output* berupa persebaran kerawanan longsor.

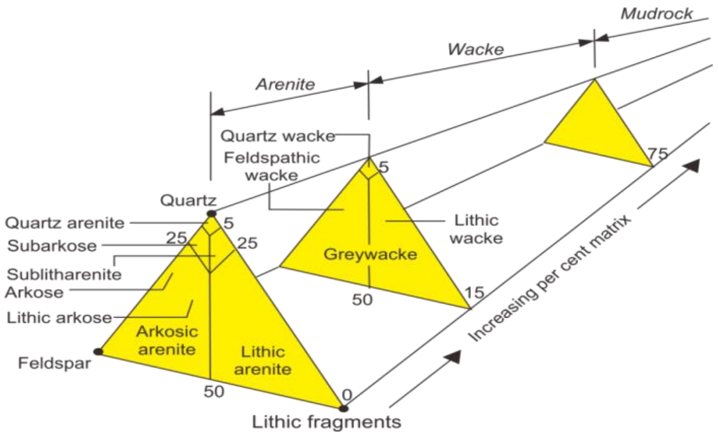
3.3.1 Analisis Laboratorium

Tahapan analisis laboratorium bertujuan untuk mengidentifikasi jenis batuan secara mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung di lapangan. Kegiatan analisis laboratorium, meliputi analisis petrografi dengan meninjau sayatan tipis batuan. Sehingga menjadi acuan dalam pembuatan dan penarikan peta persebaran tipe batuan daerah penelitian dan merupakan salah satu komponen parameter perhitungan studi tingkat kerawanan longsor.

3.3.1.1 Analisis Petrologi

Analisis petrologi dilakukan untuk mengklasifikasikan jenis dan penamaan batuan melalui analisis sayatan tipis. Adapun contoh batuan kemudian dianalisis di bawah mikroskop polarisasi. Contoh batuan yang akan dianalisis tersusun dari batuan sedimen dan metamorf.

Pettijohn (1987) mengklasifikasikan batuan sedimen berdasarkan keterdapatan mineral kuarsa dan feldspar serta matriks pada sayatan batuan sedimen. Bila presentase matriks kurang dari 15% maka batuan tersebut termasuk kedalam kelompok *arenit*, sedangkan batuan dengan matriks 15-75% diklasifikasikan sebagai *wacke* dan bila matriks lebih dari 75% maka dikelompokan ke dalam *mudrock*. (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Klasifikasi batuan sedimen (Pettijhon, 1987).

Adapun identifikasi batuan metamorf merujuk pada klasifikasi Robertson (1999) yang membagi batuan metamorf berdasarkan komposisi mineral utama penyusun batuan seperti kuarsa, feldspar, dan mika (Tabel 3.1).

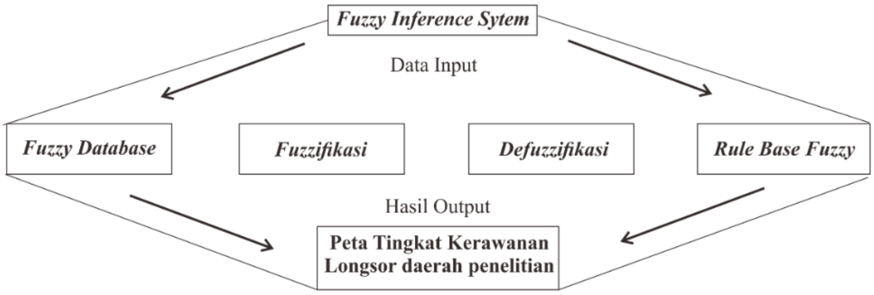
Tabel 3.1 Klasifikasi kelompok mineral metamorf menurut Roberson (1999).

Kelompok metamorf	Mika (%)	Kuarsa + Feldspar (%)
Psammite	0-20	80-100
Semipelite	20-40	60-80
Pelite	>40	<60

Batuan dengan komposisi kuarsa lebih dari 80% dapat diklasifikasikan sebagai kuarsit, sedangkan batuan dengan kandungan mika 20% dengan keterdapatan feldspar dan kuarsa 80-100% termasuk ke dalam golongan psammite seperti gneiss, batuan dengan komposisi mika 20-40% dengan kandungan kuarsa dan feldspar 60-80% dapat digolongkan ke dalam kelompok semipelite seperti sekis, lalu batuan dengan komposisi mika kuarsa dan feldspar cenderung seimbang dapat dikelompokkan ke dalam klasifikasi pelite meliputi batusabak dan filit. Adapun ditinjau dari teksturnya batuan metamorf terbagi menjadi 2 tipe yaitu foliasi dan nonfoliasi.

3.3.2 Analisis *Fuzzy Logic*

Berdasarkan Kusumadewi (2013), analisis *fuzzy logic* akan membentuk fungsi nonlinear dengan dasar pembagian terstruktur dan eksklusif untuk mengidentifikasi ketidakpastian parsial data lapangan. Sehingga sistem *fuzzy* akan bekerja sesuai dengan prinsip penalaran yang berarti sistem ini akan dapat mengevaluasi parameter penyebab longsor dengan waktu yang relatif lebih cepat. Analisis *fuzzy* dilakukan dengan menghimpun *fuzzy database* kemudian dilakukan *fuzzification* sehingga didapat nilai komposisi aturan dan derajat keanggotaan, lalu dilakukan *defuzifikasi* guna mengubah nilai domain *fuzzy* menjadi nilai linguistik, selanjutnya dilakukan *rule fuzzy* agar dapat dilakukan komputasi mengunakan *overlay* guna menghasilkan nilai kerawanan longsor daerah penelitian. Berikut alur tahapan kontrol *fuzzy*. Berikut alur tahapan analisis *fuzzy* (Gambar 3.4).

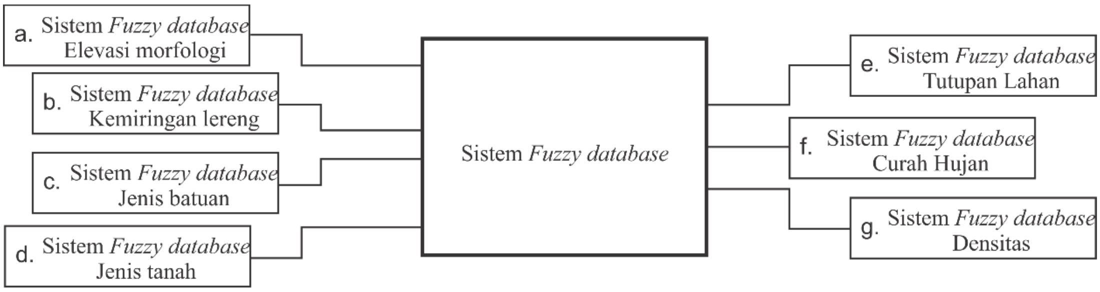


Gambar 3.4 Tahapan Sistem Deduksi *fuzzy* (Kusumadewi, 2013).

3.3.2.1. *Fuzzy Database*

Fuzzy database merupakan suatu basis statistik yang terdapat pada perangkat keras komputer dan menggunakan komputasi atau perangkat lunak dalam pengolahan datanya (Kusumadewi, 2013). Sistem *fuzzy* merupakan konsep matematis yang terdiri dari variabel, himpunan, semesta pembicara dan domain parameter longsor dengan penalaran sederhana. Variabel adalah suatu faktor penentu nilai kerawanan longsor pada

daerah penelitian. Himpunan merupakan kelas dalam suatu variable, misal dalam elevasi morfologi terdapat lima kelas yaitu dataran rendah hingga pegunungan. Semesta pembicara ialah nilai rentang yang diizinkan dalam suatu kelas, misal pada variable elevasi morfologi dikelas perbukitan rendah memiliki nilai semesta pembicara antara 50-200 mdpl. Sedangkan domain adalah nilai yang mengambarkan posisi kelas dalam kurva. Adapun sistem *fuzzy* yang digunakan dalam analisis ini terdiri dari 7 variabel yang memiliki kelas dan nilai sistem *fuzzy* beragam (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Sistem *Fuzzy database* parameter longsor daerah penelitian.

a) Sistem *Fuzzy Database* Elevasi Morfologi

Elevasi morfologi saling berkaitan dengan kemiringan lereng, umumnya pada wilayah yang memiliki elevasi tinggi memiliki lereng yang curam hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan ketinggian yang menimbulkan ketidakstabilan lereng. Namun terdapat pula daerah yang memiliki levasi tinggi dengan kemiringan lereng yang landai. Biasanya daerah tersebut ditemui pada dataran tinggi. Variabel elevasi morfologi yang digunakan menjadi parameter longsor daerah penelitian terbagi menjadi lima kelas disesuaikan menurut klasifikasi Widyatmanti (2016) (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Sistem *fuzzy* parameter elevasi morfologi (Widyatmanti, 2016).

No.	Himpunan *fuzzy* tingkat elevasi morfologi	Semesta pembicara *fuzzy* elevasi morfologi	Domain *fuzzy*
1	Dataran rendah	< 50	e <10
2	Perbukitan rendah	50 – 200	5< e ≤ 20
3	Perbukitan	200 – 500	15< e ≤ 30
4	Perbukitan tinggi	500 – 1000	25< e ≤ 40
5	Pegunungan	> 1000	e < 35

Keadaan elevasi morfologi mengontrol tingkat kemiringan lereng di suatu wilayah, namun tidak semua elevasi tinggi dapat menghasilkan tebing dan lereng yang terjal, seperti halnya dataran tinggi yang memiliki topografi perbukitan tinggi namun pada bagiannya puncaknya memiliki ketinggian yang relatif sama sehingga menghasilkan lereng yang tidak begitu curam. Adapun pembagian kelas himpunan *fuzzy* dan semesta pembicaraan ditinjau berdasarkan klasifikasi Widyatmanti (2016), sedangkan rentang nilai domain *fuzzy* merujuk pada Sugianti (2019). Hasil observasi lapangan dijumpai lima titik pengamatan longsor, yang mana kehadiran longsor teramati pada kelas perbukitan rendah dan perbukitan.

b) Sistem *Fuzzy Database* Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng adalah salah satu faktor penting dalam proses terjadinya bencana longsor, peristiwa tersebut disebabkan semakin besar derajat kemiringan lereng akan semakin besar pula risiko tanah longsor, kondisi ini dikarenakan gaya pendorong pada dinding lereng yang curam relatif lebih besar daripada lereng landai variabel kemiringan lereng yang digunakan sebagai parameter longsor dipilih berdasarkan klasifikasi Widyatmanti (2016), di mana klasifikasi tersebut membagi kelas lereng menjadi tujuh kelas yaitu lereng datar, sangat landai, landai, agak curam, curam, sangat curam dan sangat curam sekali adapun pembagian nilai sistem *fuzzy* kemiringan lereng antara lain (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Sistem *fuzzy* parameter kemiringan lereng (Widyatmanti, 2016).

No.	Himpunan *fuzzy* tingkat kemiringan lereng	Semesta pembicara *fuzzy* kelas lereng	Domain *fuzzy*
1	Datar	0-2%	Kl<10
2	Sangat Landai	3-7%	5< kl ≤ 20
3	Landai	8-13%	15< kl ≤ 30
4	Agak Curam	14-20%	25< kl ≤ 40
5	Curam	21-55%	35< kl ≤ 50
6	Sangat Curam	56-140%	45< kl ≤ 60
7	Sangat Curam Sekali	>140%	55< kl

c) Sistem *Fuzzy Database* Jenis Batuan

Pembagian jenis batuan pada parameter longsor daerah penelitian didasari oleh ukuran butirnya, ukuran butir mempengaruhi kemampuan pori batuan dalam meloloskan dan menyimpan air, sehingga dari tipe batuan yang menyusun daerah penelitian dapat mempengaruhi tingkat kerawanan longsornya. Adapun dari pengamatan lapangan didapat satuan batuan yang menyusun daerah penelitian yaitu satuan batulempung, satuan batupasir, metapasir, batusabak, dan tuff terbagi menjadi 3 tingkatan yaitu cukup resisten, kurang resisten dan tidak resisten (Tabel 3.5).

Tabel 3.4 Sistem *fuzzy* parameter jenis batuan (Puslitanak, 2004).

No.	Himpunan *fuzzy* tingkat jenis batuan	Semesta pembicara *fuzzy* jenis batuan	Domain *fuzzy*
1	Cukup resisten	Granit dan Tuff	jb < 25
2	Agak resisten	Batupasir, Batulanau, dan Batupasir	25 < jb ≤ 50
3	Tidak resisten	Lapukan Metapasir dan Lapukan Batusabak	75 < jb

Ukuran butir menunjukkan perbedaan porositas dan permeabilitas dari suatu batuan, bila batuan memiliki permeabilitas buruk dan porositas baik akan meningkatkan presipitasi dan kejenuhan tanah sehingga menyebabkan batuan tidak resisten, hal ini dikarenakan batuan merupakan penahan agar tidak terjadi longsor. Pembagian kelas himpunan *fuzzy* dan semesta pembicaraan ditinjau berdasarkan Puslittanak (2004) dalam Yassar (2020) sedangkan rentang nilai domain *fuzzy* merujuk pada Sugianti (2019).

d) Sistem *Fuzzy Database* Jenis Tanah

Data ini bersumber dari *Food and Agriculture Organitation* (FAO) yang dinaungi oleh Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB). Parameter ini saling berkaitan dengan parameter tipe batuan, hal ini dikarenakan tanah merupakan hasil dari pelapukan batuan yang berfungsi sebagai penahan lereng pada bagian permukaan agar tidak mengalami longsor. Parameter jenis tanah yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor daerah penelitian antara lain. Jenis tanah *Acrisols* merupakan tipe tanah yang berasosiasi dengan keadaan iklim tropis dicirikan oleh kandungan sub-soils yang kaya dengan lempung, lalu jenis tanah *Cambisols* merupakan tanah yang baru terbentuk pada horizon tanah. *Cambisols* terbentuk pada material dengan tekstur halus hingga medium. Menurut Sobirin (2013) dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sifat kepekaan tanah yaitu agak peka dan sangat peka. Sedangkan untuk domain *fuzzy* parameter jenis tanah diklasifikasikan berdasarkan Sugianti (2019) yang menyatakan bahwa tanah dengan jenis agak peka memiliki domain kurang dari sepuluh dan tanah dengan jenis sangat peka memiliki domain lebih dari lima namun kurang dari lima belas (Tabel 3.5).

Tabel 3.5 Sistem *fuzzy* parameter jenis tanah (Sobirin, 2013).

No	Himpunan *fuzzy* jenis tanah	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*
1	Agak Peka	*Cambisols*	Jt ≤ 10
2	Sangat Peka	*Acrisols*	5 < jt ≤ 15

Kepekaan tanah yang memengaruhi peningkatan kerawanan longsor yaitu ditinjau dari tekstur, struktur, bahan organik, tingkat kesuburan serta sifat permeabilitas dari tanah. Adapun yang mendasari pembagian kelas himpunan *fuzzy* dan semesta pembicaraan ditinjau berdasarkan klasifikasi Sobirin (2013) sedangkan rentang nilai domain *fuzzy* merujuk pada Sugianti (2019). Hasil observasi lapangan terdapat 5 longsor yang tersebar di 1 titik kelas kepekaan tanah.

e) Sistem *Fuzzy Database* Tutupan Lahan

Untuk menentukan penggunaan lahan daerah penelitian dapat dilakukan dengan cara mengunduh shp data *website* resmi Indonesia Geospasial Portal dengan alamat *http://tanahair.indonesia.go.id.* Data yang diunduh dalam penelitian ini berupa shp administrasi Kabupaten Sarolangun kemudian dilakukan komputasi menggunakan aplikasi *ArgGIS* 10.6.1 dan diproyeksikan pada peta skala 1: 125.000. Untuk menggambarkan penggunaan lahan pengaruh tutupan lahan terhadap longsor didominasi oleh aktivitas manusia seperti penyalahgunaan lahan akan lebih memungkinkan untuk terjadi longsor. Menurut Arief (2016) parameter pemanfaatan lahan terbagi menjadi 4 tingkatan (Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Sistem *fuzzy* parameter tutupan lahan (Arief, 2016).

No.	Himpunan *fuzzy* tingkat tutupan lahan	Semesta pembicara *fuzzy* tutupan lahan	Domain *fuzzy*
1	Tidak Peka	Ladang	tl <10
2	Sedikit Peka	Sawah dan Permukiman	5 < tl ≤ 20
3	Agak Peka	Perkebunan dan semak belukar	15 < tl ≤ 30
4	Sangat Peka	Hutan kering	25 < tl

Pada lahan hutan daerah penelitian yang memiliki jumlah vegetasi yang cukup melimpah namun memiliki akar yang kurang kuat sehingga memiliki tingkat erosi yang tinggi dibandingkan wilayah terbuka yang memiliki vegetasi lebih sedikit namun akar serabut yang kuat menahan tanah seperti semak belukar, sawah, dan permukiman hingga ladang sehingga lebih tidak peka terhadap erosi. Hal ini dikarenakan pada penggunaan lahan tersebut memiliki tingkat daya serap air (drainase) yang baik sehingga dapat mengatasi kejenuhan air dalam tanah, yang mana apabila tanah jenuh maka tanah menjadi labil dan mudah mengalami gerakan massa batuan dan erosi. Pembagian kelas himpunan *fuzzy* dan semesta pembicaraan parameter tutupan lahan ditinjau berdasarkan klasifikasi Arief (2016), sedangkan rentang nilai domain *fuzzy* merujuk pada penelitian Sugianti (2019). Hasil observasi lapangan teramati longsor yang tersebar di 3 titik kelas yaitu sedikit peka, agak peka, dan sangat peka.

f) Sistem *Fuzzy Database* Curah Hujan

Pengolahan data curah hujan didapatkan dari pengolahan data *Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satelite Observation* (CHRIPS) pada aplikasi *Statistical Bias Correction for Climate Scenarios* (SiBiaS). Data curah hujan yang digunakan dari hasil pengolahan aplikasi tersebut adalah rata-rata curah hujan maksimum bulanan dalam periode tahun 2011-2019 pada daerah penelitian. Setelah itu dilakukan pengolahan komputasi melalui aplikasi *ArgGIS* 10.61. Menurut Ritonga (2011), intensitas curah hujan ialah jumlah tingkatan volume air hujan yang jatuh dan dihitung dalam wadah tertentu persatuan luas permukaan dengan batas jangka waktu relatif lama. Oleh karena itu intensitas curah hujan secara umum dinyatakan dalam tinggi air (mm). Menurut Badan Meteorologi Klimatologi Geofisika (BMKG, 2017) intensitas curah hujan perbulan terbagi menjadi tiga tingkatan yaitu intensitas rendah, menengah dan tinggi (Tabel 3.7).

Tabel 3.7 Sistem *fuzzy* parameter curah hujan (BMKG, 2017).

No.	Himpunan *fuzzy* tingkat curah hujan	Semesta pembicara *fuzzy* curah hujan	Domain *fuzzy*
1	Rendah	0 – 100	ch < 25
2	Menengah	100 – 300	25 < ch ≤ 50
3	Tinggi	300 – 500	75 < ch

g) Sistem *Fuzzy Database* Densitas

Pembagian densitas pada parameter longsor penelitian didasari oleh besaran nilai keaktifan tektonik lokal. Hal ini didasari oleh perhitungan densitas kelurusan di lokasi penelitian. Semakin tinggi densitas di lokasi penelitian maka kemungkinan terjadinya pergerakan sehingga dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan tanah. Densitas kelurusan pada daerah penelitian yang kemudian diklasifikasikan menurut Zhumabek (2017). Pada daerah penelitian ditemui 6 kelas keaktifan tektonik yaitu, stabil, agak aktif, terangkat, aktif, sangat aktif, amat sangat aktif (Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Sistem *fuzzy* parameter densitas (Zhumabek, 2017).

No.	Himpunan *fuzzy* densitas kelurusan	Semesta pembicara *fuzzy* densitas kelurusan	Domain *fuzzy*
1	Stabil	0-36%	d <10
2	Agak aktif	36-64%	5< d ≤ 20
3	Terangkat	64-69%	15< d ≤ 30
4	Aktif	69-72%	25< d ≤ 40
5	Sangat aktif	72-87%	35< d ≤ 50
6	Amat sangat aktif	87-100%	45< d ≤ 60

3.3.3.2 *Fuzzification*

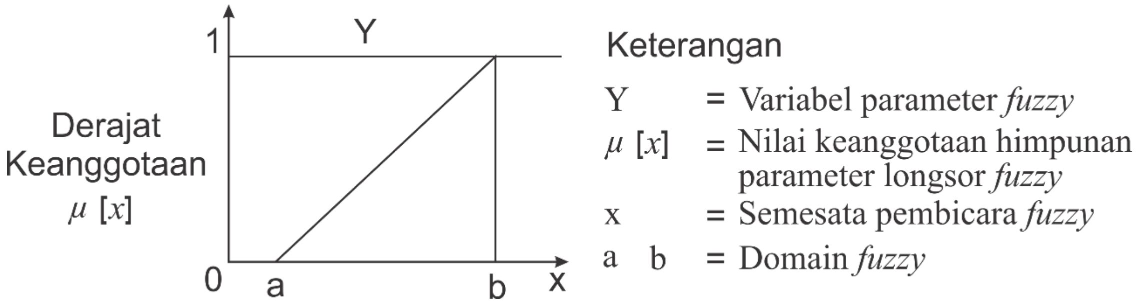
Fuzzification merupakan suatu proses pengubahan nilai *fuzzy database* dengan cara memetakan nilai tegas menjadi suatu sistem *fuzzy* atau disebut variabel linguistik dan kemudian dikelompokkan menjadi himpunan (Kusumadewi, 2013). Langkah yang harus dilakukan saat pengolahan *fuzzification* adalah menentukan label domain *fuzzy* pada daerah batasan dari setiap himpunan parameter longsor, variabel *input* atau parameter yang digunakan dalam identifikasi tingkat kerawanan longsor berupa kemiringan lereng, elevasi morfologi, tutupan lahan, curah hujan, jenis batuan dan jenis tanah. Adapun setiap variabel tersebut terbagi menjadi dua pembahasan utama yaitu menentukan kurva keanggotaan umum dari setiap himpunan *fuzzy* kemudian menghitung komposisi aturan atau nilai sampel dari setiap parameter longsor tersebut sehingga akan dapat menentukan operasi himpunan dalam pengolahan komputasi (Gambar 3.6).

Gambar 3.6 Alur *fuzzification* (Kusumadewi, 2013).

a) Implikasi Kurva Keanggotaan

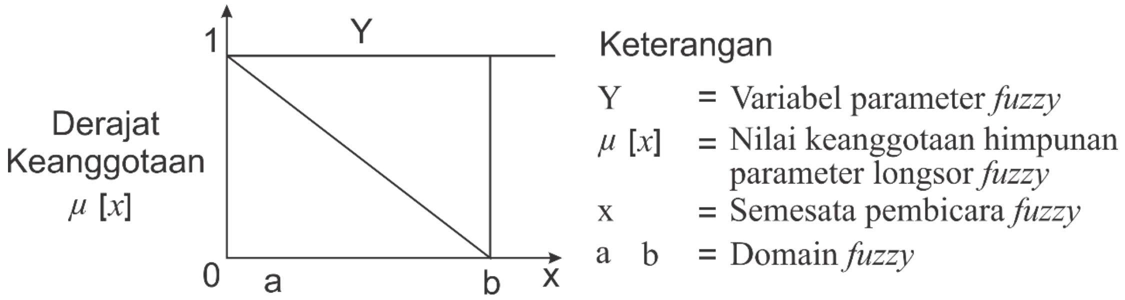
Menurut Kusumadewi (2016) pengoperasian fungsi keanggotaan dapat dilakukan dengan cara meng*input* nilai *fuzzy database* yang kemudian direpresentasikan ke dalam beberapa jenis kurva. Penentuan jenis kurva yang digunakan didasari oleh jumlah himpunan dari setiap sistem *fuzzy database* seluruh parameter longsor. Ada empat jenis kurva yang dapat digunakan dalam sistem *fuzzy* yaitu kurva naik, kurva turun, kurva

segitiga, dan kurva trapesium. Kurva linear naik menggambarkan keadaan di mana dalam persebaran data hanya ditemui dua himpunan *fuzzy*. Menurut Kusumadewi (2016), kurva linear naik menggambarkan keadaan di mana variabel parameter *fuzzy* berbanding lurus dengan semesta pembicara, sehingga didapatkan kurva dengan domain keanggotaan bergerak naik menuju domain keanggotaan yang lebih tinggi (Gambar 3.7).



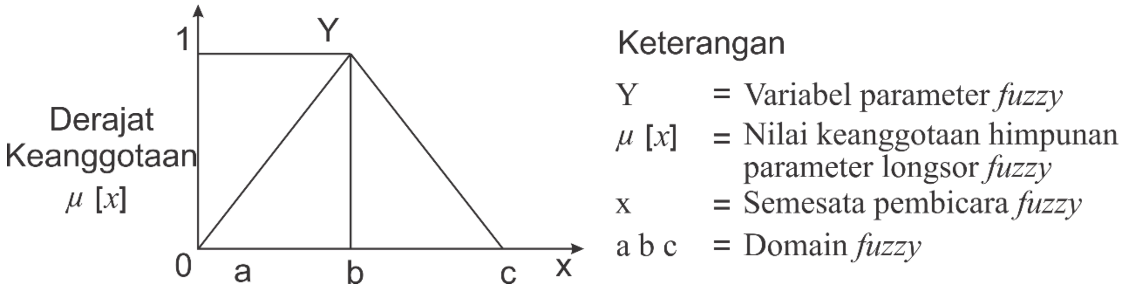
Gambar 3.7 Kurva linear naik (Kusumadewi, 2013).

Sama halnya dengan kurva linear naik fungsi kurva linear turun juga merupakan fungsi yang hanya terdiri dari dua himpunan, namun tidak seperti kurva linear naik kurva linear turun menggambarkan keadaan di mana variabel parameter *fuzzy* berbanding terbalik dengan semesta pembicara. Kusumadewi (2013) menyatakan bahwa dalam kurva linear turun dimulai dengan nilai domain dengan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* (μ[x]) tertinggi pada sisi kiri kemudian bergerak menurun ke nilai domain nilai derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* lebih rendah (Gambar 3.8).



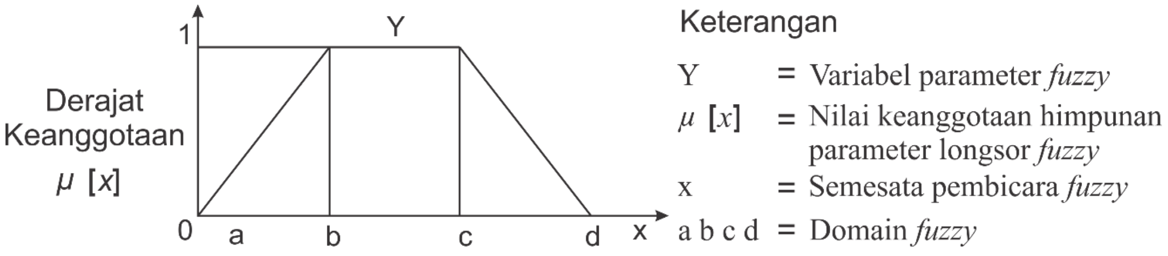
Gambar 3.8 Kurva linear turun (Kusumadewi, 2013).

Kurva linear segitiga terdiri dari tiga himpunan *fuzzy* sehingga koordinat keanggotaan himpunan dapat ditentukan. Secara sederhana kurva linear segitiga merupakan kombinasi dari kurva linear naik dan turun. Pada kurva ini domain dengan nilai tertinggi berada di tengah, dengan nilai domain a menunjukkan pergerakan naik dari 0 menuju puncak kemudian terjadi penurunan nilai dari domain b menuju domain c dengan domain b sebagai batas antara domain a dan domain c (Gambar 3.9).



Gambar 3.9 Kurva linear segitiga (Kusumadewi, 2013).

Kurva linear trapesium merupakan modifikasi dari kurva segitiga. Secara sederhana kurva trapesium merupakan kombinasi dari kurva naik dan turun yang membentuk dua segitiga, namun berbeda dengan kurva segitiga kurva trapesium memiliki nilai keanggotaan di beberapa puncak sehingga berbentuk seperti trapesium. Pada kurva ini domain dengan nilai tertinggi berada di tengah, dengan nilai domain a menunjukkan pergerakan naik dari 0 menuju puncak kemudian nilai dari domain b stabil menuju domain c lalu terjadi penurunan dari domain c menuju domain d, dengan domain b sebagai batas antara domain a dan domain c sebagai batas domain d (Gambar 3.10).



Gambar 3.10 Kurva linear trapesium (Kusumadewi, 2013).

b) Komposisi Aturan

Komposisi aturan adalah nilai sampel dari masing-masing variabel yang akan dihitung dan dituangkan ke dalam persamaan fungsi keanggotaan dari kurva tertentu. Perhitungan komposisi aturan dihitung menggunakan *mean max method*, lalu perhitungan fungsi keanggotaan didasarkan dari nilai dari metode tersebut sehingga diperoleh nilai derajat keanggotaan. Akhsar (2015) menyatakan bahwa rumus perhitungan komposisi aturan nilai setiap sampel parameter longsor dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu tipe lapangan dan tipe rentang yang dapat digambarkan dengan persamaan berikut (Gambar 3.11).

Nilai rentang

$$X = \frac{min - max}{2}$$

Nilai lapangan

$$X = \frac{(n + max)}{y}$$

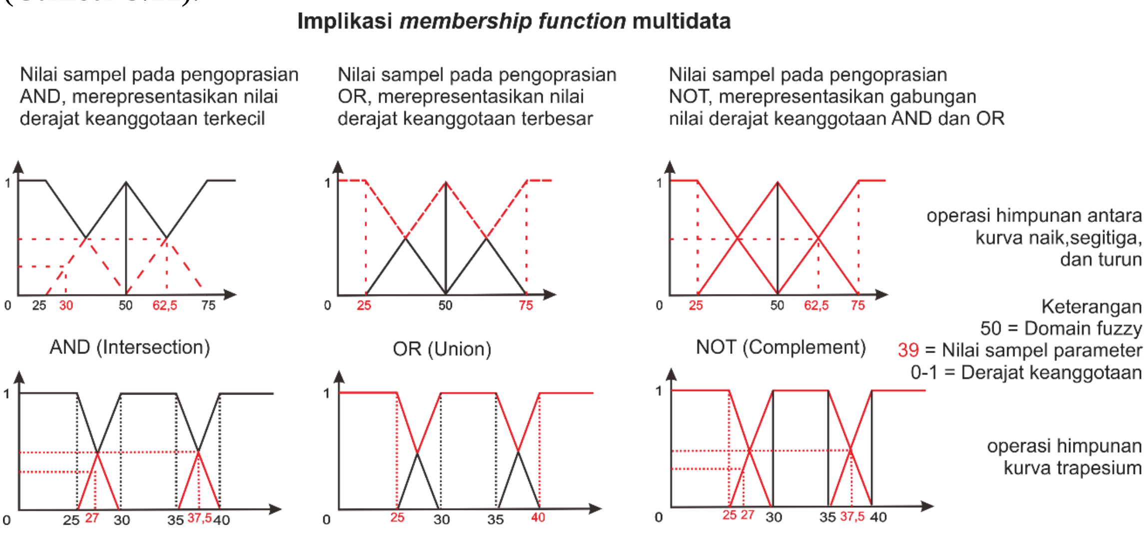
Keterangan:
X: nilai parameter
n: nilai keadaan lapangan
max: nilai domain terbesar
min: nilai domain terkecil
y: domain perpotongan

Gambar 3.11 Komposisi aturan derajat sampel (Akhsar, 2015).

Komposisi aturan derajat ini dilakukan pada seluruh parameter. Setiap lokasi pengamatan memiliki parameter yang beragam sehingga akan ditemui variasi nilai derajat keanggotaan. Nilai komposisi tersebut kemudian diplot ke dalam kurva keanggotaan. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan tipe operasi himpunan yang akan digunakan pada proses perhitungan.

c) Derajat Keanggotaan

Operasi himpunan merupakan suatu teknik komputasi untuk mengambil keputusan dengan mengombinasikan dan memodifikasi himpunan sistem *fuzzy* dengan mempertimbangkan titik sampel derajat keanggotaan dari seluruh titik longsor. Menurut Kusumadewi (2013) operasi himpunan *fuzzy* terbagi menjadi tiga jenis yaitu, AND (*Intersection*) di mana operasi ini akan mengambil perpotongan nilai minimum pada irisan kurva. OR (*Union*) operasi ini akan mengambil nilai maksimum pada irisan kurva. NOT (*complement*) operasi ini akan melengkapi nilai kurva dengan nilai kurva lainnya (Gambar 3.12).



Gambar 3.12 Jenis operasi multi data *fuzzy* (Kusumadewi, 2013).

3.3.2.3 Defuzzification

Berdasarkan Kusumadewi (2013) *defuzzification* merupakan suatu proses penegasan dari setiap nilai *fuzzy database* pada parameter longsor. *Defuzzification* dilakukan dengan metode *centeroid* atau lebih dikenal dengan nama *Center of Gravity* (CoG) di mana metode ini bertujuan untuk mencari nilai tengah dari nilai kurva jika X bernilai tegas. Metode ini dihitung menggunakan persamaan berikut (Gambar 3.13).

$$X = \frac{\{\sum y \mu R(y)\}}{\{\sum \mu R(y)\}}$$

Keterangan:
X: titik pengamatan longsor
y: nilai sampel parameter
µR: nilai derajat keanggotaan
(*y*): jumlah parameter

Gambar 3.13 Persamaan *defuzzification* (Kusumadewi, 2013).

Persamaan tersebut digunakan untuk menghitung luaran *fuzzy dataset* secara tegas. Menurut Kusumadewi (2013) ada tiga syarat yang harus terpenuhi dalam tahap *defuzzification* yaitu penalaran parameter *fuzzy* harus masuk akal. Perhitungannya sederhana dan dilakukan secara bertahap. Sehingga luaran yang didapat dari hasi berupa *fuzzy* rentang tertentu yang kemudian di konversi menjadi nilai kerawanan (Tabel 3.9).

Tabel 3.9 Variabel *output fuzzy* (Sutojo, 2011).

Nilai Kerawanan	Domain (m)
Kerawanan sangat rendah	$m<3,40$
Kerawanan rendah	3,40<m<4.50
Kerawanan sedang	3,50<m<5.40
Kerawanan tinggi	5,40<m<7.00
Kerawana sanggat tinggi	m>7.00

3.3.2.4 Rule *fuzzy*

Berdasarkan Kusumadewi (2013) aturan *fuzzy* merupakan suatu bentuk linguistik yang menyatakan sebab akibat ke dalam sistem komputasi. Tahapan ini dilakukan menggunakan software *Microsft Excel* 2019 dengan menggunakan pendekatan *IF, THEN*. Pada bagian *IF* berisi premis dan konklusi pada bagian *THEN*. Tahapan ini mengaplikasikan dan mengevaluasi tiap *fuzzy database*. Adapun *rule* yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$IF\ x\ is\ A\ THEN\ y\ is\ B$$

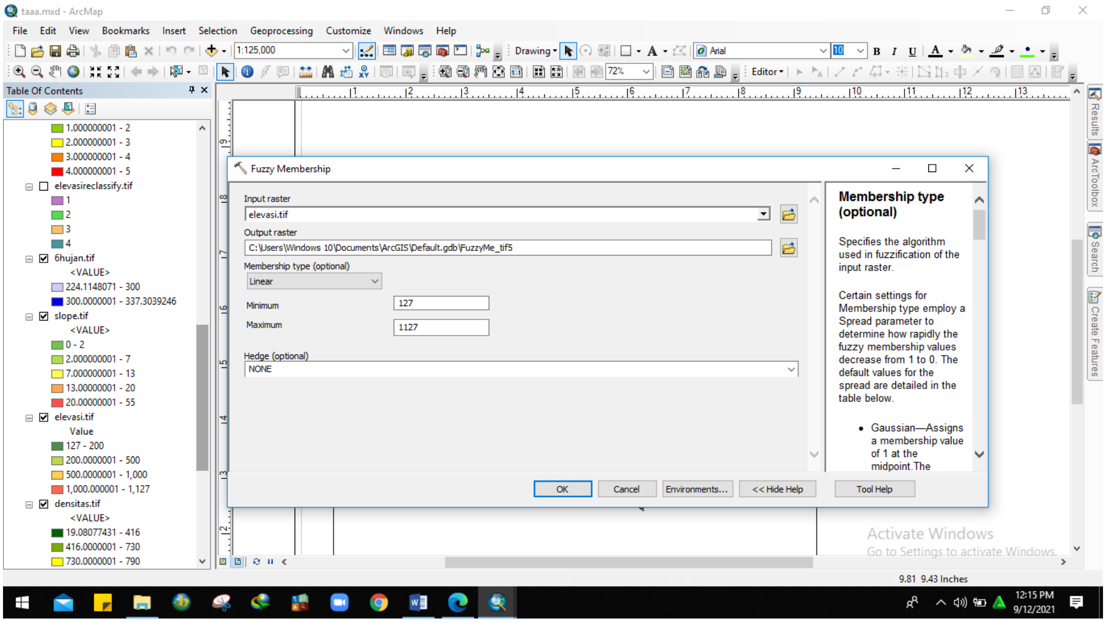
Aturan ini dilakukan dengan mengidentifikasi bagian-bagian premis (*IF*) berupa *fuzzy database* terlebih dahulu. Lalu kemudian dimasukkan sebagai parameter longsor yang digunakan pada daerah penelitian, lalu kumpulan premis tersebut dilakukan penarikan kesimpulan akhir (THEN). Aturan ini akan memutuskan respon sistem terhadap berbagai premis.

3.3 Kerja Studio

Tahap ini merupakan tahap pengolahan data meliputi pembuatan *fuzzy membership* dan *overlay fuzzy*. Hasil yang diperoleh dari tahap ini merupakan peta sebaran kerawanan longsor, sehingga dapat memberikan informasi mengenai tingkat kerawanan longosor di daerah penelitian. Aplikasi yang digunakan pada tahap ini adalah *ArcGIS* 10.6.1 untuk pengolahan data dan *Corel Draw* X7 untuk mempermudah penyajian data.

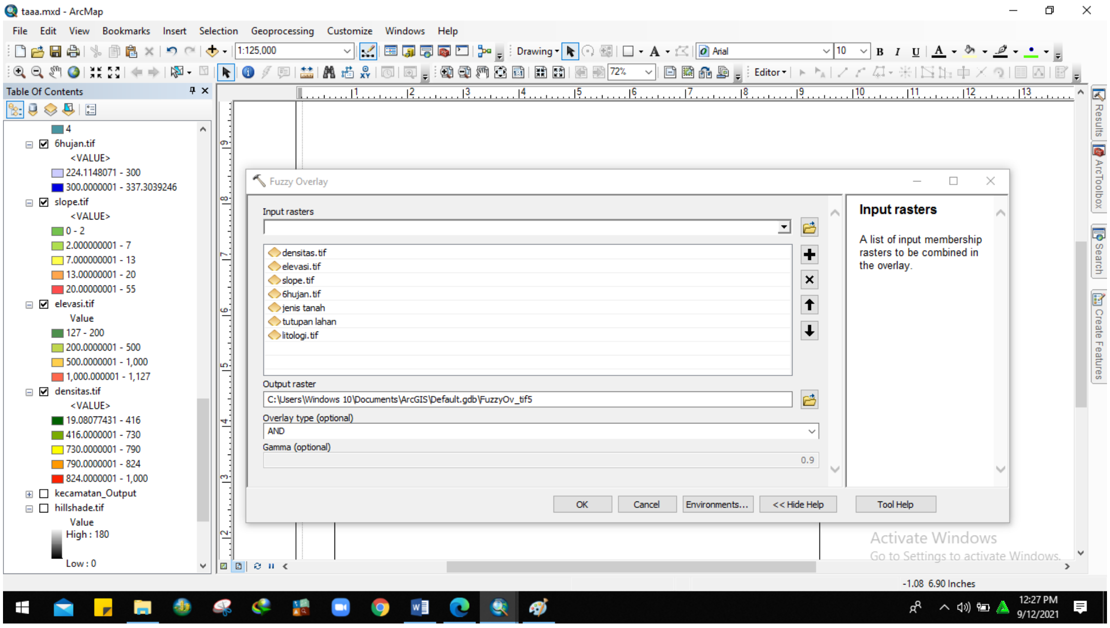
3.4.1 Peta Kerawanan Longsor

Proses pembuatan peta kerawanan longsor diawali dengan memasukan data pendukung berupa DEMNas, litologi, jenis tanah, RBI, Curah Hujan, dan Densitas. Kemudian dilakukan permodelan *fuzzy membership* yang menggunakan pendekatan keruangan melalui *software ArgGIS* 10.6.1 dengan fitur *ArcToolBox* yaitu pada bagian *spatial analisis tools > overlay > fuzzy membership*. Kemudian pilih linear pada menu *membership type* lalu masukan nilai maksimum dan minimum *domain fuzzy* dari setiap parameter yang telah diidentifikasi langkah ini akan menghasilkan luaran berupa data raster (Gambar 3.14).



Gambar 3.14 Tahapan *fuzzy membership* pada *AcrGIS* 10.6.1.

Setelah memperoleh nilai *fuzzy membership* dari setiap parameter dilakukan *overlay* dengan menggunakan *tools fuzzy overlay* pada *ArgGIS* dengan langkah *spatial analisis tools* > *overlay* > *fuzzy overlay*. Proses *overlay* dilakukan terhadap tujuh parameter yang telah dilakukan *fuzzy membership*. Tahap ini dilakukan guna menghubungkan tiap parameter agar dapat membentuk peta kerawanan longsor (Gambar 3.15).



Gambar 3.15 Proses *fuzzy Overlay*

3.5 Penyajian Laporan

Tahapan ini dilaksanakan apabila seluruh data telah selesai dianalisis dan diinterpretasi. Penyusunan laporan ini dilakukan berdasarkan panduan Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya. Laporan tugas akhir berisi identifikasi sebaran tingkat kerawanan longsor menggunakan metode *fuzzy logic* dengan menganalisis parameter longsor yang terdiri dari variabel *input* dan variabel *output* serta identifikasi longsor berdasarkan pengamatan lapangan, sehingga memungkinkan untuk mitigasi dan meminimalkan bencana longsor didaerah penelitian. Penyusunan laporan dan penyajian data dilakukan dengan sistematis mengikuti prosedur dan kaidah penulisan yang baik, sehingga tugas akhir ini dapat dipahami dengan baik sebelum dilanjutkan pada presentasi sidang sarjana.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

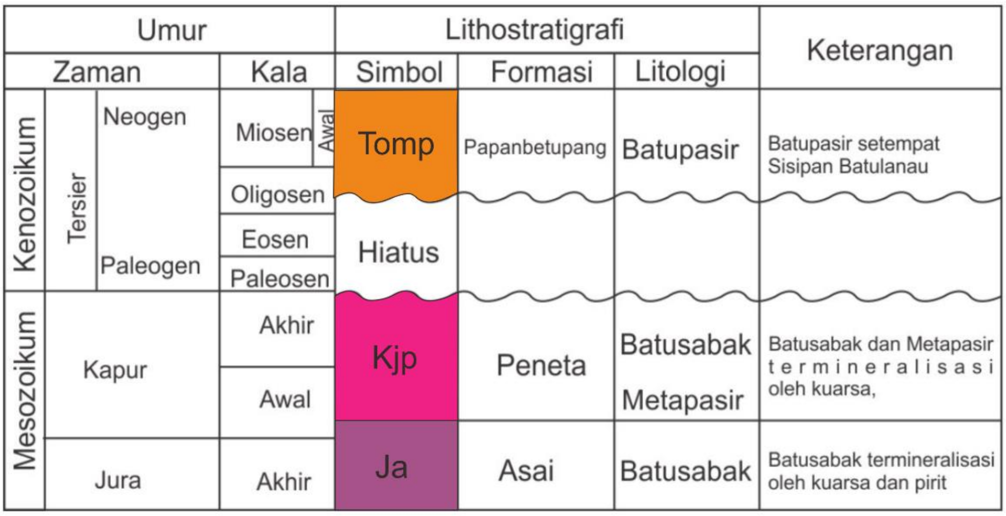
Pada bab ini akan berisi pembahasan pemetaan geologi Daerah Rantau Panjang dan sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi dengan luasan 81 km^2 dengan skala 1:50.000 yang menghasilkan penjelasan keadaan geologi lokal daerah penelitian secara semi detail berupa keadaan geomorfologi, struktur geologi, dan stratigrafi serta rekonstruksi sejarah geologi. Sedangkan pembahasan studi khusus difokuskan pada identifikasi tingkat sebaran kerawanan longsor menggunakan metode *fuzzy logic* dan pengamatan parameter pada beberapa lokasi pengamatan. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis laboratorium dan kerja studio serta dilakukan korelasi dengan kajian pustaka. Hasil analisis tersebut kemudian dirangkai dan dikorelasikan sehingga membentuk peta tingkat kerawanan longsor.

4.1 Geologi Lokal

Geologi lokal merupakan uraian singkat mengenai hasil identifikasi lapangan yang telah dilakukan Duano (2021) meliputi geomorfologi, stratigrafi, dan struktur geologi. Geomorfologi memberikan gambaran tentang bentuklahan dan proses pembetukannya. Stratigrafi memberikan penjelasan mengenai urutan formasi, umur dan lingkungan penegndapannya. Sedangkan struktur geologi akan memberikan identifikasi dan interpretasi prosess deformasi batuan akibat prosess tektonik.

Daerah penelitian berada pada elevasi 150-900 mdpl, dengan kelas kemiringan lereng bervariasi mulai dari 0^o sampai 55^o serta pola aliran bertipe pararel yang mendominasi bagian barat dan trellis yang mendominasi bagian barat daerah penelitian. Kemudian faktor-faktor tersebut dikelompokan mengacu pada beberapa klasifikasi geomorfologi seperti morfometri berupa elevasi dan kemiringan lereng berdasarkan Widyatmanti (2016), morfografi yaitu bentukan lahan sungai menurut Buffington (2014), dan morfogenesa menurut Hugget (2017). Berdasarkan aspek-aspek tersebut maka daerah penelitian tesusun atas tiga satuan geomorfologi yaitu *Channel Irregular Meander* (CIM), Perbukitan Agak Curam Terdenudasi (PACT), Perbukitan Tinggi Curam (PTC).

Analisis stratigrafi dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan Duano (2021) meliputi deskripsi litologi dan sampel batuan. Urutan formasi daerah penelitian dari tua ke muda adalah Formasi Asai (Ja) yang secara regional Formasi Asai tersusun atas beberapa satuan batuan metamorf berupa batusabak, metapasir, dan filit namun pada daerah penelitian didominasi oleh satuan batusabak, kemudian Formasi Peneta (Kjp) yang tersusun atas satuan batusabak, batuserpih, batulanau dan metapasir dengan sisipan batugamping malih namun pada daerah penelitian hanya ditemukan satuan metapasir dan satuan batusabak, lalu Formasi Papanbetupang (Tomp) yang memiliki satuan batupasir dan batulanau. (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Kolom stratigrafi lokal daerah penelitian (Duano, 2021)

Formasi Asai (Ja) merupakan formasi tertua pada daerah penelitian. Hasil observasi lapangan menunjukan bahwa formasi ini didominasi oleh batusabak memiliki sebaran paling sedikit dibanding formasi lainnya pada daerah penelitian. Satuan batusabak mendominasi bagian timur laut daerah penelitian dengan orientasi sebaran barat laut-tenggara. Kemudian secara selaras terbetuk Formasi Peneta pada Kapur Akhir dengan dominasi batusabak dan metapasir yang tersebar merata di tengah lokasi penelitian dengan orientasi NE-SW. Lalu terjadi hiatus hingga oligosen dan terendapkan Formasi Papanbetupang dengan litologi batupasir, dan batulanau yang mendominasi bagian barat daya daerah penelitian.

Struktur pada daerah penelitian ditemukan dua jenis struktur yaitu sesar naik dan sesar mendatar. Struktur sesar naik pada daerah penelitian terdiri dari Sesar Sekalo dan Sesar Pekan Gedang. Sesar Sekalo teridentifikasi dari singkapan batuan pada Sungai Sekalo. Kedudukan Bidang sesar pada Lp 30 di Sungai Sekalo yaitu N 290^{o}E/ 42^{o} dengan *pitch* 65^{o} kemudian dianalisis dengan menggunakan *Wintensor* sehingga didapatkan hasil tegasan maksimum (σ1) 05^{o}/N216^{o}E dan tegangan minimum (σ3) 74^{o}/107^{o}E.

Sesar Rantau Panjang Sesar Pekan Gedang merupakan sesar yang teridentifikasi dari beberapa segmen yang tersingkap pada Lp 50 dan Lp 42 di Desa Rantau Panjang. Kedudukan bidang sesar pada Lp 50 yaitu N 291^{o}E/ 39^{o} dengan *pitch* 66^{o} kemudian dikorelasikan dengan bidang sesar pada Lp 42 yaitu N 289^{o}E/ 44^{o} dengan *pitch* 62^{o} yang berdasarkan klasifikasi Fossen (2010) masuk ke dalam tipe *Dip-Slip Dominated Fault*.

Struktur sesar mendatar pada daerah penelitian ditunjukkan oleh Sesar Sungai Salak Baru gedang. Sesar Sungai Salak Baru merupakan interpretasi dari bidang sesar yang tersingkap pada Lp 46 pada Desa Sungai Salak Baru disungai Rutan yang dikorelasi dengan data kekar yang didapat dari observasi pada Lp 51 pada Sungai Batang Asai. Kedudukan bidang sesar pada Lp 46 yaitu N 338^{o} E/ 63^{o} dengan *pitch* 27^{o} sehingga sesar tersebut dapat diklasifikasikan sebagai *strike-Slip Dominated Fault* (Fossen, 2010) dan *Normal Right Slip Fault* (Rickard, 1972).

4.2 Analisis Kerawanan Longsor

Analisis kerawanan longsor pada daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy logic* dengan mempertimbangkan variabel penyebab longsor pada daerah penelitian. Adapun variabel yang menjadi pendorong terjadinya longsor terbagi menjadi tujuh variabel yaitu, elevasi, kemiringan lereng, densitas, curah hujan, tutupan lahan, tipe batuan, jenis tanah.

Berdasarkan data yang dirilis Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) 27 Juni 2019, terjadi longsor yang menelan satu korban jiwa dan memutus akses ke tujuh desa di Kecamatan Sarolangun, Jambi. Hal ini dapat diamati melalui peta lintasan dan pengamatan di daerah penelitian dengan hasil observasi lapangan ditemui lima titik pengamatan longsor dengan ciri tebing yang rapuh dan terkikis yang menyebabkan jatuhan material berupa tanah dan batuan (Lampiran A).

4.2.1 *Fuzzy Logic*

Fuzzy logic merupakan suatu sistem yang didasari dengan definisi, deskripsi, dan cara kerja sederhana. Sistem *fuzzy* adalah suatu metode komputasi menggunakan variabel linguistik sebagai substitusi bilangan.

4.2.1 *Fuzzy Database*

Dalam perhitungannya *fuzzy logic* dilandasi oleh fakta atau klasifikasi yang sebelumnya telah ada. *Fuzzy database* berfungsi untuk mendefinisikan himpunan *fuzzy* dari nilai *input* dan *output*. Adapun dalam studi khusus ini terdapat tujuh *fuzzy database* yang mewakili variabel yang mempengaruhi terjadinya longsor pada daerah penelitian yaitu, *fuzzy database* elevasi morfologi, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan, tutupan lahan, curah hujan, densitas. Setiap variabel terdapat himpunan *fuzzy* yang merupakan kelas klasifikasi yang mendeskripsikan keadaan variabel tersebut semisal dalam variable jenis batuan diklasifikasikan berdasarkan tingkat keristenan batuan didaerah penelitian. Lalu terdapat semesta pembicara yang memberikan informasi tentang angota kelas dari suatu himpunan, contohnya dalam kelas batuan cukup resisten terdiri atas litologi granit dan tuff. Kemudan domain *fuzzy* memberikan gambaran mengenai letak kelas tersebut didalam kurva.

4.2.1.1 *Fuzzy Database* Elevasi Morfologi

Elevasi morfologi menjadi variabel yang penting dalam memprediksi potensi longsor karena berhubungan erat dengan gravitasi. Dalam sistem *fuzzy* ini *database* elevasi morfologi di klasifikasikan berdasarkan Widyatmanti (2016) dan domain *fuzzy* ditentukan berdasarkan rumus fungsi keanggotaan menurut Sugianti (2019). Elevasi morfologi daerah penelitian terbagi menjadi 3 kelas yaitu perbukitan rendah, perbukitan, dan perbukitan tinggi (Lampiran B).

Hasil Pengamatan lapangan ditemukan lima lokasi longsor yang terdapat pada elevasi yang bervariatif mulai dari perbukitan rendah hingga perbukitan. Longsor pada lokasi Pengamatan 1 tercatat pada elevasi 300 mdpl, lokasi pengamatan 2 dijumpai pada elevasi 287 mdpl, dan lokasi pengamatan 3 teramati pada 315 mdpl sehinga masuk kedalam kelas elevasi perbukitan. Namun longsor pada lokasi pengamatan 4 ditemui pada elevasi 186 mdpl dan lokasi pengamatan 5 teramati pada elevasi 197 sehingga masuk kedalam kelas elevasi perbukitan rendah.

Tabel 4.1 *Fuzzy database* variabel elevasi morfologi.

No	Himpunan *fuzzy* elevasi morfologi	Semesta pembicara (mdpl)	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Pengamatan	Lokasi
1	Dataran Rendah	< 50	em ≤ 10	-	-	
2	Perbukitan Rendah	50 – 200	5< em ≤ 20	51.6	Lp 1 (300 Mdpl) Lp 4 (186 Mdpl)	Lp 1 (Desa Pekan Gedang), Lp 4 (Desa Rantau Panjang)
3	Perbukitan	200 – 500	15< em ≤ 30	145.8	Lp 2 (287 Mdpl) Lp 3 (315 Mdpl) Lp 5 (197 Mdpl)	Lp 2 (Desa Pekan Gedang), Lp3 (Desa Pekan Gedang), Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
4	Perbukitan Tinggi	500 – 1000	15< em ≤ 30	120.4	-	
5	Pegunungan	>1000	25< em ≤ 40	17.2	-	

4.2.1.2 *Fuzzy Database* Kemiringan Lereng

Seperti elevasi morfologi, kemiringan lereng juga memengaruhi potensi terjadinya longsor di daerah penelitian. Hal ini terjadi karena pengaruh gravitasi yang menyebabkan terganggunya kestabilan lereng. Bila nilai kemiringan lereng tinggi maka potensi akan terjadi longsor lebih tinggi. Klasifikasi Widyatmanti (2016) digunakan sebagai acuan kemiringan lereng pada daerah penelitian lalu domain *fuzzy* ditentukan berdasarkan rumus fungsi keanggotaan menurut Sugianti (Gambar 4.4) (Lampiran C).

Dari hasil observasi pada daerah penelitian didapatkan lereng dengan kelas datar hingga curam. Titik longsor Lokasi pengamatan 1 memiliki nilai kemiringan lereng sebesar 40^o, Lokasi pengamatan 2 sebesar 37^o dan Lokasi pengamatan 3 sebesar 39^o sehingga dapat diklasifikasikan kedalam kelas curam. Namun pada Lokasi pengamatan 4 longsor teramati di lereng dengan kemiringan 10^o yang termasuk kedalam kelas miring sementara pada Lokasi pengamatan 5 longsor teramati pada kemiringan 20^o yang temasuk kedalam kelas lereng agak miring (Tabel.4.2).

Tabel 4.2 *Fuzzy database* variabel kemiringan lereng.

No	Himpunan *fuzzy* kemiringan lereng	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Pengamatan	Lokasi
1	Datar	0-2^o	kl ≤ 10	3.44	-	
2	Landai	2-7^o	5< kl ≤ 20	3.44	-	
3	Miring	7-13^o	15< kl ≤ 30	13.76	Lp 4 (10^o)	Lp 4 (Desa Rantau Panjang)
4	Agak Miring	13-20^o	25< kl ≤ 40	48.16	Lp 5 (20^o)	Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
5	Curam	20-55^o	35< kl ≤ 50	275.2	Lp 1 (40^o), Lp 2 (37^o), Lp 3 (39^o)	Lp 1 (Desa Pekan gedang), Lp 2 (Desa Pekan gedang), Lp 3 (Desa Pekan gedang)
6	Sangat Curam	55-140^o	45< kl ≤ 60	-	-	
7	Amat sangat Curam	>140^o	55≤kl	-	-	

4.2.1.3 *Fuzzy Database* Jenis Batuan

Setelah dilakukan observasi lapangan dan analisis sample batuan didapat bahwa daerah penelitian terdiri dari tiga jenis batuan yaitu batuan beku yang tersusun atas granit dan tuff menempati 48.16 km^2 atau sekitar 14% mendominasi Didesa Sungai Salak Baru, batuan sedimen yang terdiri atas Batupasir, Batulanau, dan Batulempung mendominasi Desa Rantau Panjang menempati 189,2 km^2 atau sekitar 55% dari total luas daerah penelitian, dan batuan metamorf yang terdiri atas metapasir dan batusabak dengan kondisi sangat lapuk tersebar pada Desa Raden Anom hingga Pekan Gedang menempati 106,64 km^2 atau sekitar 31% daerah penelitian (Lampiran D).

Pengklasifikasian kelas himpunan *fuzzy* jenis batuan dilakukan berdasarkan observasi lapangan dari pemetaan geologi dan analisis laboratorium dan yang telah dilakukan dikorelasikan dengan data geologi regional. Parameter ini didasarkan oleh tingkat resistensi dan tingkat lapukan batuan di lapangan, merujuk Sugianti (2019) yang membagi tingkat resistensi batuan menjadi 3 tingkatan yaitu tidak resisten, resisten, sangat resisten (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 *Fuzzy database* variabel jenis batuan

No	Himpunan *fuzzy* jenis Batuan	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Titik pengamatan longsor
1	Cukup resisten	Granit dan Tuff	kl ≤ 25	48.16	-
2	Kurang resisten	Batupasir, Batulanau, dan Batulempung	25< kl ≤ 50	189.2	Lp 4 (Desa Rantau Panjang), Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
3	Tidak resisten	Lapukan Metapasir dan Batusabak	75≤ kl	106.64	Lp 1 (Desa Pekan Gedang), Lp 2 (Desa Pekan Gedang), Lp 3 (Desa Pekan Gedang)

4.2.1.4 *Fuzzy Database* Jenis Tanah

Database jenis tanah diperoleh dari *Food and Agriculture Organitation* (FAO) yang dinaungi oleh Persatuan Bangsa-Bangsa (PBB), dari data yang telah diperoleh didapatkan fakta bahwa daerah penelitian terdiri dari dua jenis tanah yaitu *Acrisols* dan *Cambisols*. Pengolahan menggunakan *ArgGIS* didapatkan bahwa *Acrisols* menempati 70% dan *Cambisols* 30% daerah penelitian dengan titik longsor kebanyakan ditemukan pada jenis tanah *Acrisols* (Lampiran E).

Pengklasifikasian kelas himpunan *fuzzy* jenis tanah dan domain *fuzzy* dilakukan berdasarkan Sobirin (2013) (Tabel 4.4). Dengan dasar kepekaan tanah terhadap erosinya yang diambil atas dasar permeabilitas dan kohesifitas tanah itu sendiri.

Tabel 4.4 *Fuzzy database* variabel jenis tanah.

No	Himpunan *fuzzy* jenis tanah	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Titik pengamatan longsor
1	Agak Peka	*Cambisols*	Jt ≤10	103.2	-
2	Sangat Peka	*Acrisols*	5 < jt ≤ 20	240.8	Lp 1 (Desa Pekan Gedang), Lp 2 (Desa Pekan Gedang), Lp 3 (Desa Pekan Gedang), Lp 4 (Desa Rantau Panjang), Lp 5(Desa Rantau Panjang)

4.2.1.5 *Fuzzy Database* Tutupan Lahan

Dari pengolahan *fuzzy database* tutupan lahan didapatkan bahwa daerah penelitian terbagi menjadi hutan kering mendominasi daerah penelitian sebesar 80%, sawah dan pemukiman menempati lokasi penelitian sebesar 7%, semak belukar dan kebun menempati lokasi penelitian sebesar 10% serta ladang yang paling sedikit menempati daerah penelitian sebesar 3% (Lampiran F).

Variabel nilai tataguna lahan dan domainnya diklasifikasikan berdasarkan Akhsar (2005) yang membagi nilai kerentanan tutupan lahan menjadi 4 kelas yaitu tidak peka, sedikit peka, agak peka, sangat peka (Tabel 4.5). Klasifikasi ini didasari banyaknya vegetasi sebagai faktor yang meningkatkan nilai kohesifitas akibat akar tanaman yang menahan tanah di sekitar batuan.

Tabel 4.5 *Fuzzy database* variabel tutupan lahan.

No	Himpunan *fuzzy* tutupan lahan	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Titik pengamatan longsor
1	Tidak peka	Ladang	tl ≤ 10	10.32	-
2	Sedikit peka	Sawah dan Pemukiman	5< tl ≤ 20	24.08	Lp 4 (Desa Rantau Panjang)
3	Agak peka	Kebun dan Semak Belukar	15< tl ≤ 30	34.4	Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
4	Sangat peka	Jalan	25 ≤ tl	275.2	Lp 1 (Desa Pekan gedang), Lp 2 (Desa Pekan gedang), Lp 3 (Desa Pekan gedang)

4.2.1.6 *Fuzzy Database* Curah Hujan

Database curah hujan diperoleh melalui pengolahan data (Chrips) melalui aplikasi *Statistical Bias correction for Climate Scenarios* (SiBias). Data yang digunakan merupakan rata - rata tahun 2018 hal ini dilakukan karena observasi dilakukan pada tahun tersebut. Data yang telah diperoleh dilakukan analisis didapatkan 2 kelas yaitu menengah menempati daerah penelitian dengan luasan 206.4 km^2 atau sebesar 60% dan tinggimenempati daerah penelitian dengan luasan 137.6 km atau sebesar 40% (Lampiran G).

Perhitungan intensitas curah hujan dilakukan dengan mengukur jumlah presipitasi curah hujan dengan satuan mm/jam. Badan Metereologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG, 2017) mengklasifikasikan curah hujan menjadi tiga kelas berdasarkan intensitas hujan disuatu daerah, namun pada daerah penelitian hanya teramati dua kelas curah hujan yaitu menengah dan tinggi (Tabel 4.6).

Tabel 4.6 *Fuzzy database* variabel curah hujan.

No	Himpunan *Fuzzy* Curah Hujan	Semesta pembicaraan *Fuzzy* Curah Hujan (mm/bulan)	Domain *Fuzzy*	Luas area (km2)	Titik lokasi pengamatan longsor
1	Rendah	0 - 100 mm	ch ≤ 25	-	-
2	Menengah	100 - 300 mm	25 < ch ≤ 50	206.4	Lp 4 (Desa Rantau Panjang), Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
3	Tinggi	300 - 500 mm	75 < ch	137.6	Lp 1 (Desa Pekan Gedang), Lp 2 (Desa Pekan Gedang), Lp 3 (Desa Pekan Gedang)

4.2.1.7 *Fuzzy Database* Densitas

Analisis densitas dilakukan untuk mengetahui aktifitas dinamika dari lokasi penelitan dengan melakukan extraksi densitas bermodalkan data Digital Elevation Model Nasional (DEMNas) melalui aplikasi Pci-*Geomatica* sehingga di dapat kelurusan daerah penelitian lalu kemudian diolah menggunakan *software ArgGIS* menghasilkan peta densitas kelurusan daerah penelitian. Dari hasil pengolahan tersebut didapat bahwa daerah penelitian ditemui lima kelas densitas yaitu stabil mendominasi daerah penelitian, agak aktif, terangkat, sangat aktif, amat sangat aktif (Lampiran H).

Potensi ancaman longsor suatu daerah dapat terjadi melalui peningkatan nilai keaktifan tektonik, di mana semakin aktif suatu daerah semakin tinggi potensi pergerakan massa tanah dan batuan suatu daerah. Zhumabek (2017) mengklasifikasikan densitas menjadi tujuh kelas namun pada daerah penelitian teramati tiga kelas dengan perhitungan domain *fuzzy* dilakukan mengunakan persamaan fungsi keanggotaan Sugianti (2019). Lokasi pengamatan 1 dan lokasi pengamatan 2 teramati pada daerah dengan keaktifan tektonik stabil, Namun pada lokasi pengamatan 3, lokasi pengamatan 4 dan lokasi pengamatan 5 teramati pada keaktifan tektonik agak terangkat (Tabel 4.7).

Tabel 4.7 *Fuzzy database* variabel densitas.

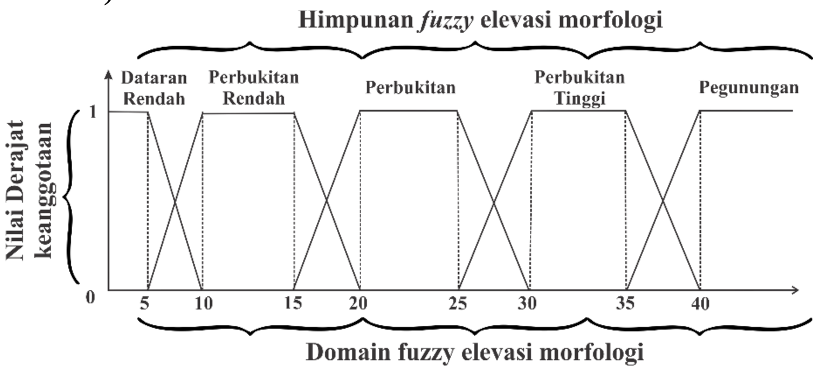
No	Himpunan *fuzzy* densitas	Semesta pembicara	Domain *fuzzy*	Luas (km^2)	Titik pengamatan longsor
1	Stabil	0 – 36 %	d ≤ 10	68.8	Lp 1 (Desa Pekan Gedang), Lp 5 (Desa Rantau Panjang)
2	Agak terangkat	36 – 64 %	5< d ≤ 20	189.2	Lp 2 (Desa Pekan Gedang), Lp 3 (Desa Pakan Gedang), Lp 4 (Desa Rantau Panjang)
3	Terangkat	64 – 69 %	15< d ≤ 30	51.6	-
4	Aktif	69 – 72 %	15< d ≤ 30	17.2	-
5	Sangat aktif	72 – 87 %	25< d ≤ 40	10.32	-
6	Amat sangat aktif	87 – 100 %	45< d ≤ 60	6.88	-

4.2.2 *Fuzzification*

Fuzzification merupakan tahap transformasi variabel dengan nilai tegas di menjadi variabel dengan nilai linguistik (Kusumadewi, 2013). Hal ini dilakukan dengan memetakan nilai suatu variabel ke dalam kurva linear agar didapatkan nilai linguistik variabel tersebut. Dalam *Fuzzification* terdapat tiga tahapan yang perlu dilalui agar suatu nilai variabel dapat di ubah menjadi nilai linguistik yaitu, implikasi kurva linear suatu himpunan *fuzzy*, kemudian penentuan komposisi derajat keanggotaan, terakhir dilakukan operasi himpunan pada setiap sistem *fuzzy*.

4.2.2.1 *Fuzzification* Elevasi Morfologi

Fuzzification elevasi morfologi daerah penelitian dilakukan menggunakan klasifikasi Widyatmanti (2016) yang membagi elevasi menjadi lima kelas. Namun pada daerah penelitian hanya ditemukan empat kelas elevasi yaitu perbukitan rendah, perbukitan, perbukitan tinggi, dan pegunungan sehingga dapat direpresentasikan sebagai berikut (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Implikasi kurva sistem *fuzzy* elevasi morfologi.

Perhitungan komposisi aturan elevasi morfologi dilakukan menggunakan nilai perhitungan dengan metode *mean max*. Nilai lapangan didapatkan melalui perhitungan elevasi pada titik pengamatan melalui GPS. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan Lp 1 (Gambar 4.3a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.3b).

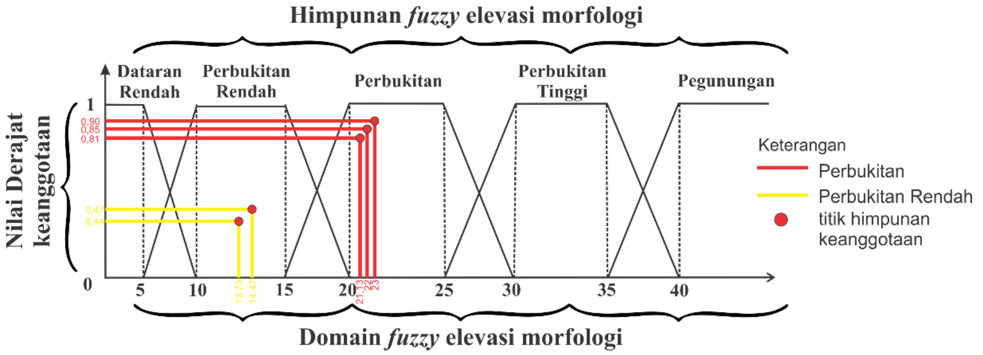
$$a)\ X = \frac{(300 + 30)}{15} = 22\ b)\ \mu[x] = \frac{22 - 5}{25 - 5} = 0.85$$

Gambar 4.3 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) elevasi morfologi Lp 1.

Setelah seluruh hasil perhitungan dilakukan maka dapat dibentuk tabel berikut (Tabel 4.8) di mana didapat bahwa komposisi aturan dan derajat keanggotaan bervariasi dengan nilai komposisi aturan 13,74 hingga 23 dan nilai derajat keanggotaan 0,44 hingga 0,90. Tabel tersebut dapat diimplikasikan ke dalam operasi kurva himpunan *fuzzy* (Gambar 4.4) sehingga didapat daerah penelitian terletak pada daerah perbukitan rendah dan perbukitan.

Tabel 4.8 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan elevasi morfologi daerah penelitian.

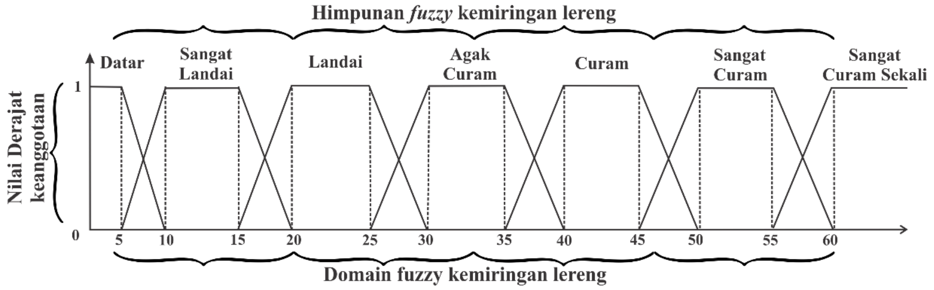
Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* elevasi morfologi				
	Keadaan lapangan (n)	Nilai domain (M)	Domain perpotongan (m)	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	300	30	15	22	0.85
Lokasi Pengamatan 2 (Desa pekan Gedang)	287	30	15	21.13	0.81
Lokasi Pengamatan 3 (Desa pekan Gedang)	315	30	15	23	0.90
Lokasi Pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	186	20	15	13.73	0.44
Lokasi Pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	197	20	15	14.47	0.47



Gambar 4.4 Operasi sistem *fuzzy* elevasi morfologi daerah penelitian.

4.2.2.2 *Fuzzification* Kemiringan Lereng

Fuzzification kemiringan lereng dilakukan berdasarkan klasifikasi Widyatmanti (2016) yang membagi lereng menjadi tujuh kelas berdasarkan besaran derajat lereng. Hanya ditemui lereng dengan kelas datar hingga curam pada daerah penelitian, sehingga dapat direpresentasikan sebagai kurva implikasi yang memuat himpunan *fuzzy* elevasi morfologi, domain *fuzzy*, dan derajat keanggotaan (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Implikasi kurva sistem *fuzzy* kemiringan lereng.

Perhitungan komposisi aturan kemiringan lereng dilakukan menggunakan nilai perhitungan dengan metode *mean max* sama seperti perhitungan elevasi morfologi. Nilai lapangan didapatkan melalui perhitungan kemiringan lereng pada titik pengamatan melalui kompas. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.6a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.6b).

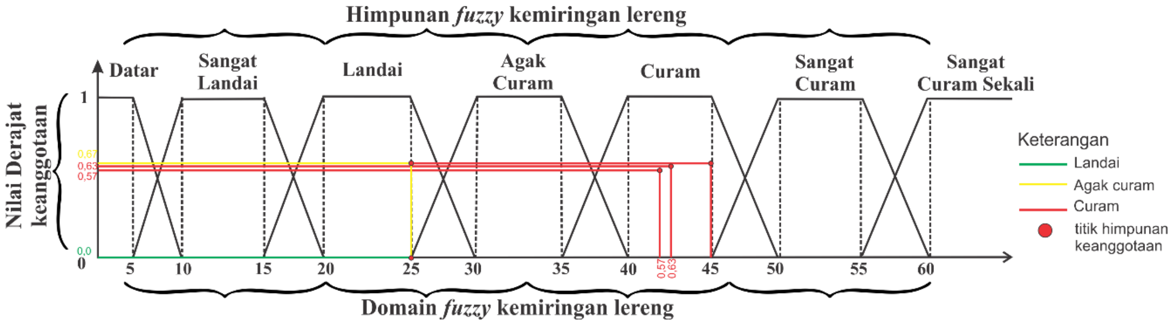
$$a)\ X = \frac{(40+50)}{2} = 45\ b)\ \mu[x] = \frac{45-35}{35-50} = 0.67$$

Gambar 4.6 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) kemiringan lereng Lp 1.

Setelah dilakukan perhitungan pada lokasi pengamatan longsor daerah penelitian maka didapat tabel sebagai berikut (Tabel 4.9). Kemudian direpresentasikan dalam kurva operasi himpunan (Gambar 4.7).

Tabel 4.9 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan kemiringan lereng daerah penelitian.

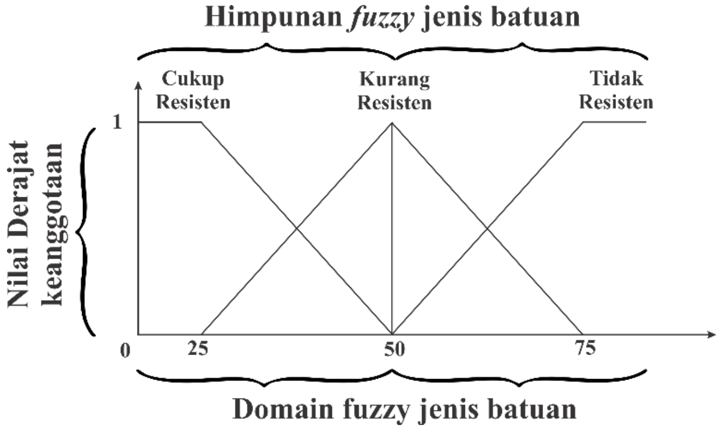
Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* kemiringan lereng				
	Keadaan lapangan (n)	Nilai domain (M)	Domain perpotongan (m)	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	40	50	2	45	0.67
Lokasi Pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	37	50	2	43.5	0.57
Lokasi Pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	39	50	2	44.5	0.63
Lokasi Pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	10	40	2	25	0.67
Lokasi Pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	20	30	2	25	0.00



Gambar 4.7 Operasi himpunan sistem *fuzzy* kemiringan lereng daerah penelitian.

4.2.2.3 *Fuzzification* Jenis Batuan

Fuzzification jenis batuan dilakukan berdasarkan observasi pemetaan geologi yang telah dilakukan peneliti sebelumnya (Suwarna, 1992 dan Duano, 2021). Pada daerah penelitian ditemui tiga jenis batuan yaitu batuan beku yang segar dan kompak, batuan sedimen dengan butir halus hingga kasar, dan metamorf yang terlapukkan maka dibentuk implikasi kurva *fuzzy* parameter jenis batuan berdasarkan Yassar (2020) yang membagi jenis batuan berdasarkan tingkat resistensinya (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Implikasi kurva sistem *fuzzy* jenis batuan daerah penelitian.

Sama seperti jenis tanah perhitungan komposisi aturan jenis batuan dilakukan menggunakan perhitungan dengan metode *mean max* nilai rentang. Di mana metode ini merupakan setengah total domain pada rentang tersebut. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.9a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.9b).

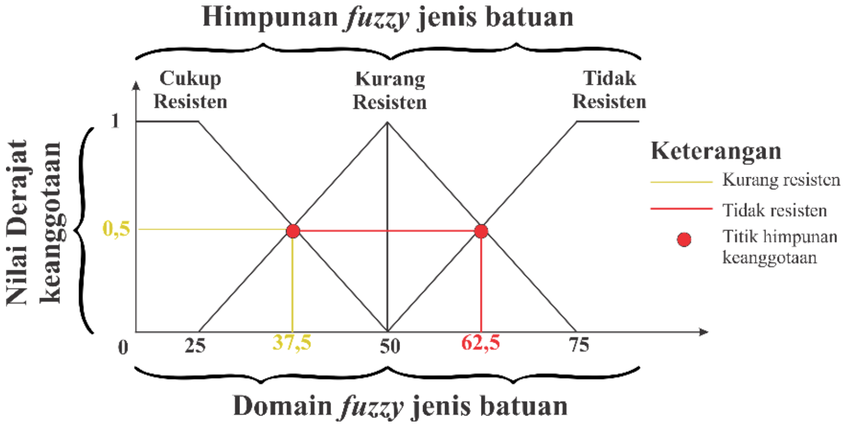
$$a)\ X = \frac{(50+75)}{2} = 62.5\ b)\ \mu[x] = \frac{62.5-50}{50-75} = 0.50$$

Gambar 4.9 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) jenis batuan Lp 1.

Hasil perhitungan parameter di setiap lokasi penelitian kemudian dihimpun ke dalam tabel berikut (Tabel 4.10). Kemudian direpresentasikan ke dalam kurva (Gambar 4.10).

Tabel 4.10 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan jenis batuan daerah penelitian.

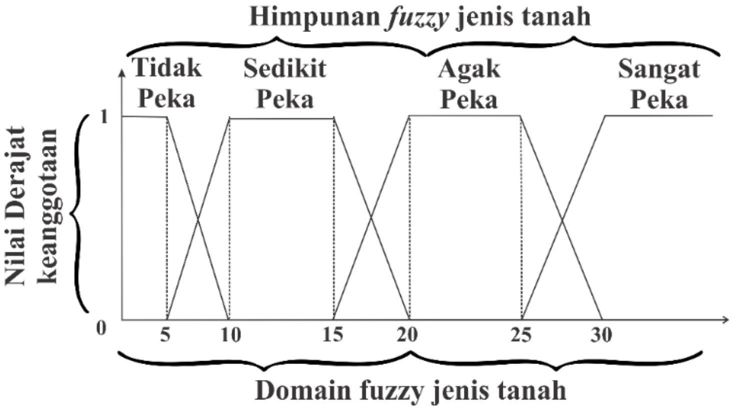
Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* jenis batuan				
	Domain terkecil (m)	Domain terbesar (M)	Nilai rentang	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.50
Lokasi Pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.50
Lokasi Pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.50
Lokasi Pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	25	50	2	37.5	0.50
Lokasi Pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	25	50	2	37.5	0.50



Gambar 4.10 Operasi himpunan sistem *fuzzy* jenis batuan daerah penelitian.

4.2.2.4 *Fuzzification* Jenis Tanah

Fuzzification jenis tanah dilakukan berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut FAO (2014) sedangkan untuk semesta pembicara terbagi menjadi empat yaitu tidak peka, sedikit peka, agak peka, dan sangat peka (Sobirin, 2013) sehingga kurva implikasinya dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Implikasi kurva sistem *fuzzy* jenis tanah.

Perhitungan komposisi aturan jenis tanah dilakukan menggunakan nilai perhitungan dengan metode *mean max* nilai rentang. Di mana metode ini merupakan setengah total domain pada rentang tersebut. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.12a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.12b).

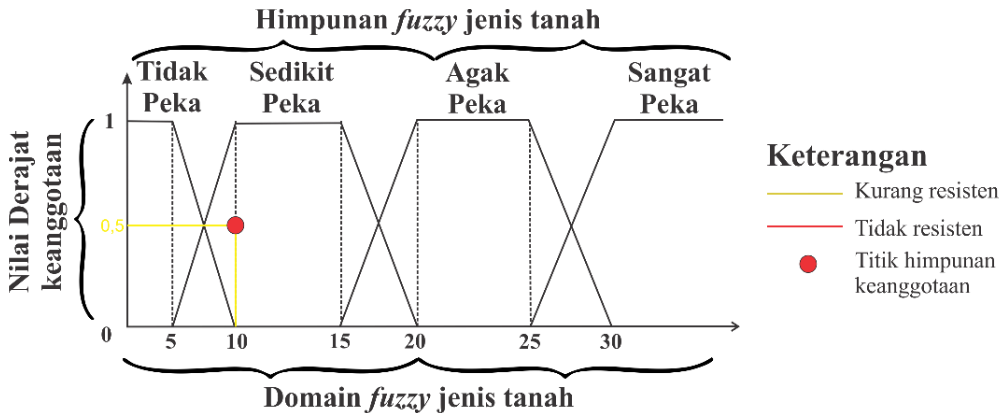
$$a)\ X = \frac{(5+15)}{2} = 10\ b)\ \mu[x] = \frac{10-15}{5-15} = 0.50$$

Gambar 4.12 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) jenis tanah Lp 1.

Hasil perhitungan parameter di setiap lokasi penelitian ditemukan bahwa nilai komposisi aturan 10 dan nilai derajat keangotaan 0.50, kemudian dihimpun ke dalam tabel berikut (Tabel 4.11). Kemudian direpresentasikan ke dalam kurva (Gambar 4.13).

Tabel 4.11 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan jenis tanah daerah penelitian.

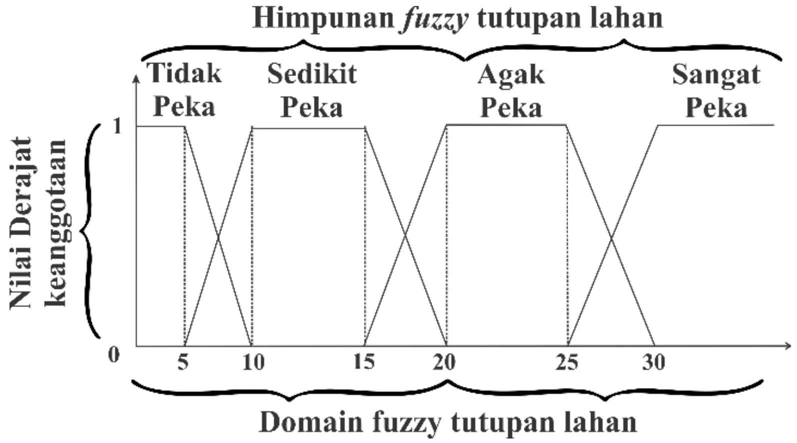
Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* jenis tanah				
	Domain terkecil (m)	Domain terbesar (M)	Nilai rentang	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	5	15	2	10	0.50
Lokasi Pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	5	15	2	10	0.50
Lokasi Pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	5	15	2	10	0.50
Lokasi Pengamatan 4 (Desa Pekan Gedang)	5	15	2	10	0.50
Lokasi Pengamatan 5 (Desa Pekan Gedang)	5	15	2	10	0.50



Gambar 4.13 Operasi himpunan sistem *fuzzy* jenis tanah daerah penelitian.

4.2.2.5 *Fuzzification* Tutupan Lahan

Fuzzification tutupan lahan dilakukan menggunakan data Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan pengamatan lapangan yang telah dilakukan peneliti sebelumnya (Duano, 2021). Di lapangan ditemui lahan berupa hutan kering, ladang, pemukiman dan sawah, serta kebun dan semak belukar. Klasifikasi tutupan lahan dilakukan berdasarkan Arief (2016) yang membagi jenis lahan berdasarkan kepekaannya terhadap potensi longsor yang kemudian direpresentasikan ke dalam kurva implikasi *fuzzy* (Gambar 4.14).



Gambar 4.14 Implikasi kurva sistem *fuzzy* tutupan lahan daerah penelitian.

Sama seperti jenis batuan perhitungan komposisi aturan tutupan lahan dilakukan menggunakan perhitungan dengan metode *mean max* nilai rentang. Di mana metode ini merupakan setengah total domain pada rentang tersebut. Dalam implikasi kurva tutupan lahan terbagi atas empat nilai himpunan *fuzzy* yaitu tidak peka dengan domain *fuzzy* ≤ 10, lalu sedikit peka dengan domain $5 \leq 20$, kemudian agak peka dengan domain $15 \leq 30$ dan sangat peka dengan domain ≥ 25 yang masing-masing memiliki nilai keanggotaan antara 0 hingga 1 Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.15a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.15b).

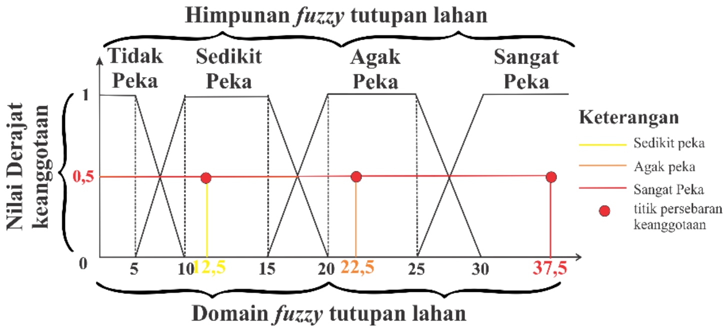
$$a)\ X = \frac{(25+50)}{2} = 37.5\ b)\ \mu[x] = \frac{37.5-25}{25-50} = 0.5$$

Gambar 4.15 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) Tutupan lahan Lp 1.

Perhitungan parameter di setiap lokasi penelitian ditemukan bahwa longsor pada LP 1, LP 2, dan LP 3 memiliki nilai komposisi aturan sebesar 37.5 dan derajat keanggotaan 0.5, longsor pada LP 4 memiliki nilai komposisi aturan sebesar 12.5 dan derajat keanggotaan 0.5, longsor pada LP 5 memiliki nilai komposisi aturan sebesar 22.5 dan derajat keanggotaan 0.5. Hasil perhitungan ini kemudian dihimpun ke dalam tabel berikut (Tabel 4.12). Kemudian direpresentasikan ke dalam kurva (Gambar 4.16).

Tabel 4.12 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan tutupan lahan daerah penelitian.

Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* tutupan lahan				
	Domain terkecil (m)	Domain terbesar (M)	Nilai rentang	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	25	50	2	37.5	0.50
Lokasi Pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	25	50	2	37.5	0.50
Lokasi Pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	25	50	2	37.5	0.50
Lokasi Pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	5	20	2	12.5	0.50
Lokasi Pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	15	30	2	22.5	0.50

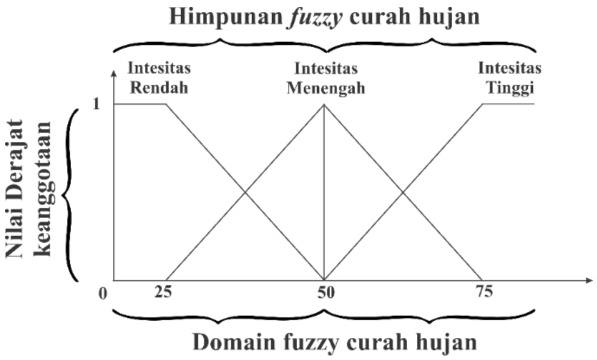


Gambar 4.16 Operasi himpunan sistem *fuzzy* tutupan lahan daerah penelitian.

4.2.2.6 *Fuzzification* Curah Hujan

Fuzzification cura hujan dilakukan melalui pengolahan data *Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satelite Observation* (CHRIPS) pada aplikasi *Statistical Bias Correction for Climate Scenarios* (SiBiaS). Klasfikasi curah hujan dilakukan berdasarkan BMKG (2017) yang membagi curah hujan menjadi tiga kelas berdasarkan intensitasnya yaitu intensitas rendah, intensitas menengah, dan intensitas tinggi sehingga dapat direpresentasikan sebagai kurva berikut (Gambar 4.17). Pada daerah penelitian ditemui dua kelas intensitas hujan yaitu intensitas menengah dan intensitas tinggi. Titik longsor

teramati pada daerah dengan curah hujan tinggi pada Lp 1, Lp 2, dan Lp 3. Sedangkan pada Lp 4 dan Lp 5 teramati pada daerah dengan intensitas hujan menengah.



Gambar 4.17 Implikasi kurva sistem *fuzzy* curah hujan daerah penelitian.

Sama seperti tutupan lahan perhitungan komposisi aturan cura hujan dilakukan menggunakan perhitungan dengan metode *mean max* nilai rentang. Di mana metode ini merupakan setengah total domain pada rentang tersebut. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.18a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.18b).

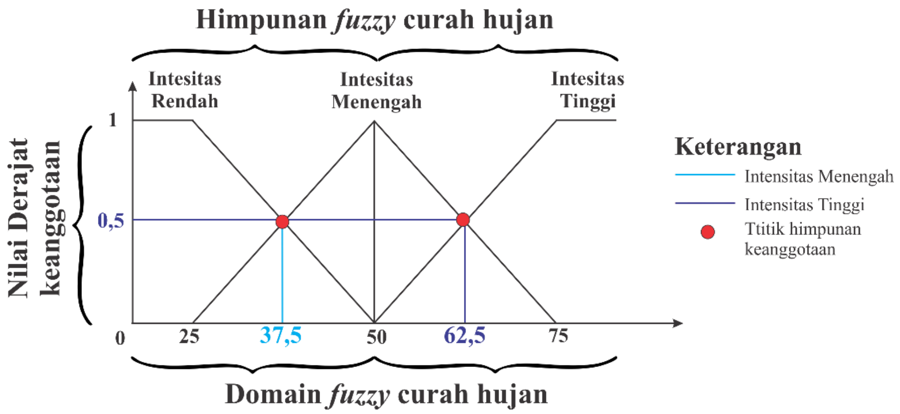
$$a)\ X = \frac{(50 + 75)}{2} = 62.5\ b)\ \mu[x] = \frac{62.5 - 50}{50 - 75} = 0.50$$

Gambar 4.18 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) curah hujan Lp 1.

Perhitungan parameter di setiap lokasi penelitian menghasilkan nilai komposisi aturan Lp 1, Lp 2, dan Lp 3 sebesar 62,5 dengan derajat keanggotaan 0,5 sedangkan Lp 4 dan Lp 5 memiliki nilai komposisi aturan sebesar 37,5 dengan derajat keanggotaan 0,5 kemudian nilai tersebut dihimpun ke dalam tabel berikut (Tabel 4.13). Lalu direpresentasikan ke dalam kurva (Gambar 4.19).

Tabel 4.13 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan curah hujan daerah penelitian.

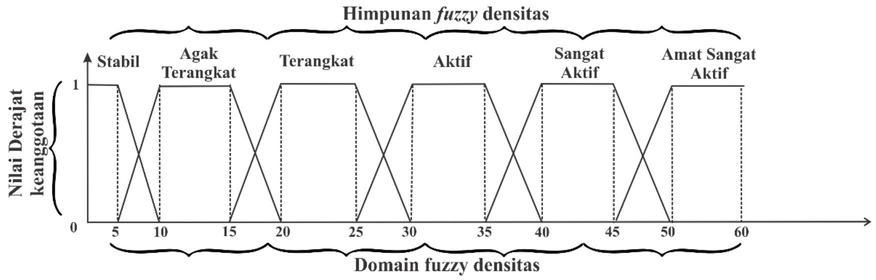
Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* curah hujan				
	Domain terkecil (m)	Domain terbesar (M)	Nilai rentang	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.5
Lokasi pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.5
Lokasi pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	50	75	2	62.5	0.5
Lokasi pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	25	50	2	37.5	0.5
Lokasi pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	25	50	2	37.5	0.5



Gambar 4.19 Operasi Himpunan sistem *fuzzy* curah hujan daerah penelitian.

4.2.2.7 *Fuzzification* Densitas

Fuzzification densitas daerah penelitian dilakukan melalui data kelurusan *lineament* daerah penelitian yang telah dilakukan peneliti terdahulu (Duano, 2020) yang kemudian diolah menjadi peta densitas kelurusan. Densitas kelurusan daerah penelitian diklasifikasikan menurut Zhumabek (2017) yang terbagi menjadi tujuh klasifikasi yaitu, stabil, agak aktif, terangkat, aktif, sangat aktif, amat sangat aktif sehingga dapat direpresentasikan ke dalam kurva berikut (Gambar 4.28).



Gambar 4.20 Implikasi kurva sistem *fuzzy* densitas daerah penelitian.

Curah hujan perhitungan komposisi aturan densitas dilakukan menggunakan perhitungan dengan metode *mean max* nilai rentang. Di mana metode ini merupakan setengah total domain pada rentang tersebut. Berikut contoh perhitungan komposisi aturan pada Lp 1 (Gambar 4.21a). Kemudian dilakukan perhitungan derajat keanggotaan dengan memasukkan nilai komposisi aturan ke dalam rumus implikasi kurva. Berikut contoh perhitungan elevasi morfologi pada Lp 1 (Gambar 4.21b).

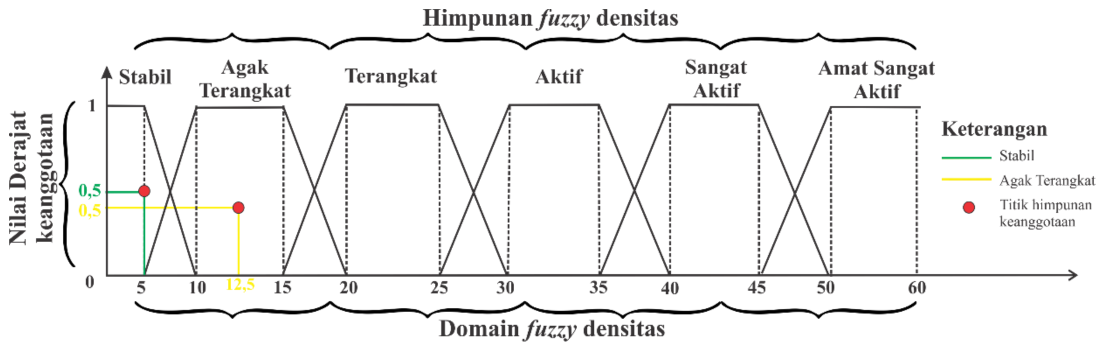
$$a)\ X = \frac{(0+10)}{2} = 5\ b)\ \mu[x] = \frac{5-0}{0-10} = 0.5$$

Gambar 4.21 Contoh perhitungan nilai komposisi aturan (a) dan derajat keanggotaan (b) densitas Lp 1.

Hasil perhitungan parameter di setiap lokasi pengamatan longsor ditemukan bahwa Pada lokasi pengamatan longsor hanya ditemui pada dua kelas densitas yaitu stabil pada Lp 1 dan Lp 5 kemudian agak terangkat pada Lp 2, Lp 3, dan Lp 4 (Tabel 4.14). Kemudian direpresentasikan ke dalam kurva (Gambar 4.30).

Tabel 4.14 Perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan densitas daerah penelitian.

Titik pengamatan	Nilai keanggotaan sistem *fuzzy* densitas				
	Domain terkecil (m)	Domain terbesar (M)	Nilai rentang	Komposisi aturan	Derajat keanggotaan
Lokasi pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	0	10	2	5	0.5
Lokasi pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	5	20	2	12.5	0.4
Lokasi pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	5	20	2	12.5	0.4
Lokasi pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	5	20	2	12.5	0.4
Lokasi pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	0	10	2	5	0.5



Gambar 4.22 Operasi Himpunan sistem *fuzzy* densitas daerah penelitian.

4.2.3 *Defuzzification*

Berdasarkan Kusumadewi (2013), *defuzifikasi* merupakan suatu tahapan perhitungan guna memberikan pemantapan terhadap nilai komposisi anggota dan derajat keanggotaan setiap parameter longsor yang telah di *fuzzification* yaitu elevasi morfologi, kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, tutupan lahan, curah hujan dan densitas. Berikut nilai komposisi anggota dan derajat keanggotaan seluruh parameter longsor pada daerah penelitian (Tabel 4.15).

Tabel 4.15 Nilai komposisi aturan dan derajat keanggotaan daerah penelitian.

No	Lokasi Pengamatan	Nilai komposisi aturan dan derajat keanggotaan daerah penelitian													
		Elevasi morfologi		Kemiringan lereng		Jenis Batuan		Jenis Tanah		Tutupan lahan		Curah Hujan		Densitas	
		nilai komposisi aturan dan nilai derajat keanggotaan													
1	Lokasi Pengamatan 1 (Desa Pekan Gedang)	22	0.9	45	0.67	62.5	0.5	10	0.5	37.5	0.5	62.5	0.5	5	0.5
2	Lokasi Pengamatan 2 (Desa Pekan Gedang)	21.13	0.8	44	0.57	62.5	0.5	10	0.5	37.5	0.5	62.5	0.5	12.5	0.37
3	Lokasi Pengamatan 3 (Desa Pekan Gedang)	23	0.9	45	0.63	62.5	0.5	10	0.5	37.5	0.5	62.5	0.5	12.5	0.37
4	Lokasi Pengamatan 4 (Desa Rantau Panjang)	13.73	0.4	25	0.67	37.5	0.5	10	0.5	12.5	0.5	37.5	0.5	12.5	0.37
5	Lokasi Pengamatan 5 (Desa Rantau Panjang)	14.47	0.5	25	0.00	37.5	0.5	10	0.5	22.5	0.5	37.5	0.5	5	0.5

Perhitungan de*fuzzification* dilakukan menggunakan metode *Center of Gravity* (GoC). Metode ini dilakukan dengan cara menentukan titik pusat daerah *fuzzy* yaitu titik pengamatan longsor. Kemudian di lakukan perhitungan dengan rumus berikut (Gambar 4.23).

$$X = \frac{\{\sum y \mu R(y)\}}{\{\sum \mu R(y)\}}$$

Keterangan:
X: titik pengamatan longsor
y: nilai sampel parameter
µR: nilai darajat keanggotaan
(*y*): jumlah parameter

Gambar 4.23 Persamaan *defuzzification* (Kusumadewi, 2013).

Sutojo (2011) membagi tingkat kerawanan longsor menjadi lima kelas berdasarkan nilai domain hasil perhitungan *defuzzification* yaitu kerawanan sangat rendah, kerawanan rendah, kerawanan menengah, kerawanan tinggi, dan sangat rawan (Tabel 4.14).

Tabel 4.16 Tabel variabel domain tingkat kerawanan longsor (Sutojo, 2011).

Tingkat kerawanan longsor	Domain
Kerawanan sangat rendah	m < 3,40
Kerawanan rendah	3,40 < m < 4.50
Kerawanan sedang	4.50 < m < *5.40*
Kerawanan tinggi	5.40 < m < *7.00*
Sangat rawan	m > *7*,00

Sehingga berdasarkan tabel perhitungan komposisi aturan dan derajat keanggotaan daerah penelitian di atas didapat contoh perhitungan pada Lp 1 dengan nilai sampel komposisi aturan dari seluruh parameter pada Lp 1 secara berurutan yaitu 22, 45, 10, 62.5, 37.5, 52.5, 5 dan nilai derajat keanggotaan yaitu 0.9, 0.67, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5, 0.5. Kemudian nilai ini dimasukkan ke dalam rumus *defuzzification*.

$$X = \frac{\{\sum y \mu R(y)\}}{\{\sum \mu R(y)\}}$$

Keterangan:
X: titik pengamatan longsor
y: nilai sampel parameter
µR: nilai derajat keanggotaan
(*y*): jumlah parameter

$$X = \frac{\{(22 \times 0.9) + (45 \times 0.67) + (10 \times 0.5) + (62.5 \times 0.5) + (37.5 \times 0.5) + (52.5 \times 0.5) + (5 \times 0.5)\}}{\{(0.9 + 0.67 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5) \times 7\}}$$

$$X = \frac{137.45}{28.12}$$

$$X = 4.88$$

Dari perhitungan seluruh parameter pada lokasi pengamatan menggunakan rumus *defuzzification* didapatkan nilai kerawanan longsor Lp 1 sebesar 4.88, Lp 2 sebesar 5.05, Lp 3 sebesar 5.11, Lp 4 sebesar 3.12, Lp 5 sebesar 3.03 . Maka berdasarkan klasifikasi

Sutojo (2011) Lp 1, Lp 2, dan Lp 3 termasuk ke dalam kategori longsor dengan kerawanan sedang. Namun Lp 4 dan Lp 5 masuk dalam kategori kerawanan rendah (Tabel 4.17).

Tabel 4.17 Tabel Perhitungan *defuzzification* lokasi pengamatan longsor.

No	Lokasi Pengamatan	∑yμR(y)	∑μ*R*(*y*)	*defuzifikasi*	Tingkat Kerawanan
1	Lokasi Pengamatan 1	137.45	28.12	4.88855957	Kerawanan sedang
2	Lokasi Pengamatan 2	132.64	26.24	5.05501069	Kerawanan sedang
3	Lokasi Pengamatan 3	139.82	27.36	5.1107219	Kerawanan sedang
4	Lokasi Pengamatan 4	76.10	24.35	3.12551395	Kerawanan sangat rendah
5	Lokasi Pengamatan 5	63.10	20.81	3.031593	Kerawanan sangat rendah

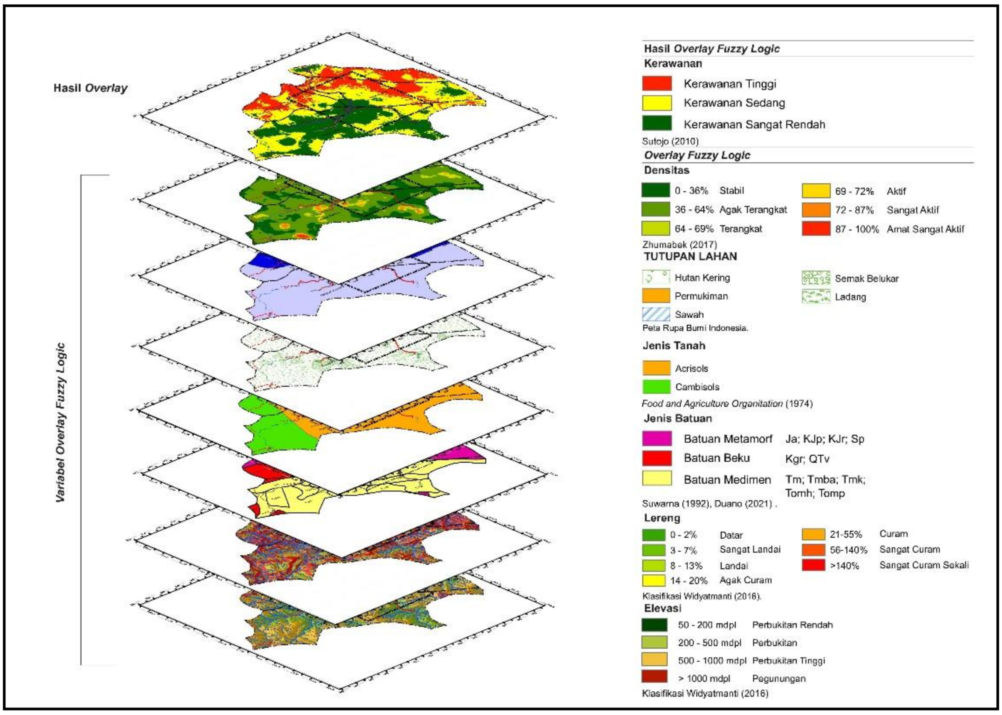
4.2.4 *Rule fuzzy*

Rule fuzzy merupakan suatu sistem aturan berbasis linguistik dengan metode ***IF-THEN*** yang menyatakan korelasi antara nilai *input* dan hasil *output* dari variabel longsor (Demirci, 2000). Tahap ini merupakan evaluasi dan implementasi dari nilai parameter *input* pada deduksi *fuzzy* yaitu, *fuzzy database*, *fuzzification* dan *defuzzification*. *Rule fuzzy* direpresentasikan ke dalam tabel yang merepresentasikan nilai *input* dan *output* pada setiap variabel (Tabel 4.18).

Tabel 4.18 Tabel *Rule fuzzy* lokasi pengamatan longsor.

Lokasi Penelitian	IF	Variabel Longsor							THEN	Output
		Elevasi	Lereng	Batuan	Tanah	Lahan	Hujan	Densitas		Kerawanan
Lp 1	IF	Perbukitan (22)	Curam (45)	Metamorf (62.5)	Acrisols (10)	Hutan (37.5)	Intensitas Tinggi (62.5)	Stabil (5)	THEN	Kerawanan Sedang (4.88)
Lp 2	IF	Perbukitan (21.13)	Curam (44)	Metamorf (62.5)	Acrisols (10)	Hutan (37.5)	Intensitas Tinggi (62.5)	Agak terangkat (12.5)	THEN	Kerawanan Sedang (5.05)
Lp 3	IF	Perbukitan (23)	Curam (45)	Metamorf (62.5)	Acrisols (10)	Hutan (37.5)	Intensita Tinggi (62.5)	Agak terangkat (12.5)	THEN	Kerawanan Sedang (5.11)
Lp 4	IF	Perbukitan Rendah (13.37)	Landai (25)	Sedimen (37.5)	Acrisols (10)	Pemukiman dan Sawah (12.5)	Intensitas Menegah (37.5)	Agak terangkat (12.5)	THEN	Kerawanan Sangat Rendah (3.12)
Lp 5	IF	Perbukitan Rendah (14.47)	Agak Curam (25)	Sedimen (37.5)	Acrisols (10)	Perkebunan dan Semak Belukar (22.5)	Intensitas Menegah (37.5)	Stabil (5)	THEN	Kerawanan Sangat Rendah (3.03)

Rule fuzzy memberikan gambaran mengenai transformasi nilai parameter yang mempengaruhi peningkatan status kerawanan longsor pada daerah penelitian. Sehingga dari *rule fuzzy* yang telah didapat maka dapat dilakukan pengolahan komputasi data variabel longsor melalui teknik *overlay* sehingga dapat dibentuk peta kerawanan longsor daerah penelitian (Gambar 4.24).



Gambar 4.24 Proses *overlay* seluruh parameter longsor daerah penelitian.

4.3 Pembahasan

Hasil dari analisis *fuzzy logic* pada daerah penelitian meliputi penentuan *fuzzy database*, kemudian *fuzzification*, lalu *defuzifikasi*, dan *rule fuzzy* hingga *overlay* didapat bahwa daerah penelitian terbagi menjadi tiga tingkat kerawanan longsor yaitu kerawanan sangat rendah dengan nilai < 4.40, kerawanan sedang dengan nilai 4.50-5.40 dan kerawanan tinggi dengan nilai > 5.40 (Lampiran I).

Berdasarkan peta kerawanan longsor daerah penelitian di atas didapat bahwa sebaran kerawanan longsor terdapat pada 4 desa yaitu Desa Raden Anom, Desa Pekan Gedang, Desa Sungai Salak Baru, dan Desa Rantau Panjang. Tingkat kerawanan sangat rendah mendominasi Desa Rantau Panjang dengan luasan sebesar 109.6 Km^2, sedangkan luasan terkecil terdapat pada Desa Sungai Salak Baru seluas 2.45 Km^2. Tingkat kerawanan sedang dengan sebaran terlas berada pada Desa Pekan Gedang dengan luas sebesar 40,95 Km^2 dan luasan terkecil sebesar 15.75 Km^2 pada Desa Sungai Salak baru. Tingkat kerawanan tertinggi berada pada Desa Raden Anom dengan luas 47.32 Km^2 dan luasan terkecil sebesar 6.85 Km^2 pada Desa Rantau Panjang (Tabel 4.19).

Tabel 4.19 Tabel sebaran kerawanan longsor daerah penelitian.

Sebararan Kerawan Longsor (%)				
Kerawanan	Desa Raden Anom	Desa Pekan Gedang	Desa Sungai Salak Baru	Desa Rantau Panjang
Kerawanan sangat rendah	7.28 km^2 (8%)	10.92 km^2 (12%)	2.45 km^2 (7%)	109.6 km^2 (80%)
Kerawanan sedang	36.4 km^2 (40%)	40.95 km^2 (45%)	15.75 km^2 (48%)	20.55 km^2 (15%)
Kerawanan tinggi	47.32 km^2 (52%)	39.13 km^2 (43%)	16.8 km^2 (45%)	6.85 km^2 (5%)

BAB V
KESIMPULAN

Dari hasil studi Identifikasi sebaran kerawanan longsor melalui analisis *fuzzy logic* dan hasil observasi lapangan yang telah dilakukan sebelumnya. Maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Keadaan geologi lokal merujuk Duano (2021) Geomorfologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga bentuk lahan yaitu *Channel Irregular Meander* (CIM), Perbukitan Agak Curam Terdenudasi (PACT), dan Perbukitan Tinggi Curam (PTC). Satuan batuan pada daerah penelitian terdiri dari satuan batusabak Formasi Asai (JA), lalu satuan metapasir dan serpih Formasi Peneta (Kjp), serta batupasir Formasi Papanbetupang (Tomp). Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian terdiri dari Sesar Pekan Gedang, dan Sesar Sekalo serta Sesar Rantau Panjang dengan arah umum relatif NE-SW.
2. Terdapat tujuh variabel yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor daerah penelitian yaitu elevasi morfologi, kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan, tutupan lahan, curah hujan, dan densitas kelurusan.
3. Analisis *fuzzy logic* daerah penelitian menghasilkan tiga tingkat kerawanan yaitu Tingkat kerawanan sangat rendah mendominasi Desa Rantau Panjang dengan luasan sebesar 109.6 Km^2, sedangkan luasan terkecil terdapat pada Desa Sungai Salak Baru seluas 2.45 Km^2. Tingkat kerawanan sedang dengan sebaran terlas berada pada Desa Pekan Gedang dengan luas sebesar 40,95 Km^2 dan luasan terkecil sebesar 15.75 Km^2 pada Desa Sungai Salak baru. Tingkat kerawanan tertinggi berada pada Desa Raden Anom dengan luas 47.32 Km^2 dan luasan terkecil sebesar 6.85 Km^2 pada Desa Rantau Panjang

DAFTAR PUSTAKA

Akshar, 2015. Penentuan Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode *Fuzzy* logic Skripsi. (Universitas Sumatera Utara).

Arief, 2016, *Analisis Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus : Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur).* Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press.

BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta

Boggs, S. Jr., 2006, Principles of Sedimentology and Stratigraphy, 4 th edition, Prentice-hall inc., New Jersey.

Buffington, J.M., Montgomery, D.R., 2013, Geomorphic Classification of Rivers.In: Shroder, J. (Editor in Chief), Wohl, E. (Ed), Trestise Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, v.9 Fluvial Geomorphology, p.730 – 767.

CCRS (Canada Centre for Remote Sensing), 2014, Fundamental of Remote Sensing.

Darmawan, Kurnia. 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. Jurnal Geodesi Undip, Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017, (Issn : 2337-845x) Universitas Diponegoro. Semarang

Demirci, Mustafa. 2000 *Fuzzy Function and Their Application*, Journal of Mathematical Analiysis and Application.

Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan. 2009. Gerakan Tanah di Indonesia. Jakarta: Dirjen Pertambangan Umum.

Djauhari, N., 2012, Penginderaan Jauh Untuk Geologi, Geomorologi,

Duano, Muhamad Agam . 2020, Delinasi Struktur Geologi, Daerah Rantau Panjang dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Pemetaan Geologi. *Proceedings of applicable innovation of Engineering and Science Research* Palembang 28 desember 2020.

Duano, Muhamad Agam . 2021, Geologi Daerah Rantau Panjang dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi. Pemetaan Geologi. Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya. Indralaya.

FAO/Unesco. 2014. World Reference Base For Soil Resource. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations.

Fossen, H. 2010. *Structural Geology*. New York : Cambridge University Press.

Highland and Johnson. 2004. *Landslide Types and Processes*. Jakarta : Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia.

Huggett, R. J. 2017. *Fundamental of Geomorphology*. USA and Canada : 4th edition.

Karnawati Dwikorita. 2007. Manajemen Bencana Gerakan Tanah. Diktat Kuliah. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada

Kusumadewi, S & Purnomo, H. 2013. Aplikasi Logika *Fuzzy* Pendukung Keputusan. Graha Ilmu : Yogyakarta.

Lillesnand, T.M, Kiefer, R.W, and Chipman J.W, 2004, Remote Sensing and Image Interpretation, Fifthy Edition, New York.

Nichols, G., 2009, *Sedimentology and Stratigraphy*, second edition, Willey-Blackwell, United Kingdom

Peacock, D. C. P., Dimmen, V., Rotevatn, A., Sanderson, D.J. (2017). *A broader classification of damage zones*. Journal of Structural Geology. doi: 10.1016/j.jsg.2017.08.004

Pettijohn, F.J. 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper and Row: New York, 3rd edition

Puslittanak. (2004). Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor

Robertson, S. (1999). *Classification of metamorf rocks*. Jakarta, 2006. British Geological Survey Research Report, RR 99-02 Suwarna, N. S, Suminto, Andi Mangga, S., Suyoko, Sutisna, K., Utoyo, H., Elhami, Y., Wahyono, H., Hartono, H. T., Simandjuntak T. O. 2000. Mintakat AsaiGarba: Evolusi Tektonik Pratersier Sumatera Bagian Selatan. Publikasi Khusus, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung: 15-28

Sobirin, S., 2013. Pengolahan Sumber Daya Air Berbasis Masyarakat. Presentasi disampaikan pada Seminar Reboan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung

Sugianti, Novalia. 2019. *Prototype Early Warning System Tanah Longsor Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Google Maps*, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram J-COSINE, Vol. 3, No. 2, Desember 2019 Accredited Sinta-3 by RISTEKDIKTI Decree No. 28/E/KPT/2019, Lombok.

Sugiharyanto, Nurul Khotimah. 2009. Diktat Mata Kuliah Geografi Tanah (PGF– 207). Jurusan Pendidikan Geografi. Universitas Negeri Yogyakarta.

Sutojo, T., Edy mulyanto, Vincent, 2011, Kecerdasan Buatan, Andi Offset, Yogyakarta.

Suwarna, N., Suharsono, Amin T.C., Kusnama, Hermanto, B 1992. *Peta Geologi Lembar Sarolangun, Sumatera.* Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi.

Twidale, C. R. 2004 *River Patterns and Their Meanings.* Earth science review, 67 (3-4), 159-218.

Widyatmanti, W., Wicaksono, I., Syam P.D. R. 2016 *Identification of Topographic Elements Composition Based on Lanform Boundaries From Radar Interferometri Segmentation (Preliminary Study of Digital Lanform Mapping).* IOP Confrence Series : Earth and Enviromental Science, 37(1).

Yassar Muhammad, 2020. Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 1 No 1 (2020) 1-10. Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Lampung

Zadeh, L. A. 1994. *Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing*. *Communication of The ACM* , pp. 77-84

Zhumabek, Z., Assylkhan, B., Alexandr, F., Dinara, T., & Altynay, K. (2017). Automated lineament analysis to assess the geodynamic activity areas. Procedia Computer Science, 121, 699–706. doi:10.1016/j.procs.2017.11.091

Lampiran A

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

PETA PENGAMATAN LONGSOR
DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI

Skala : 125.000

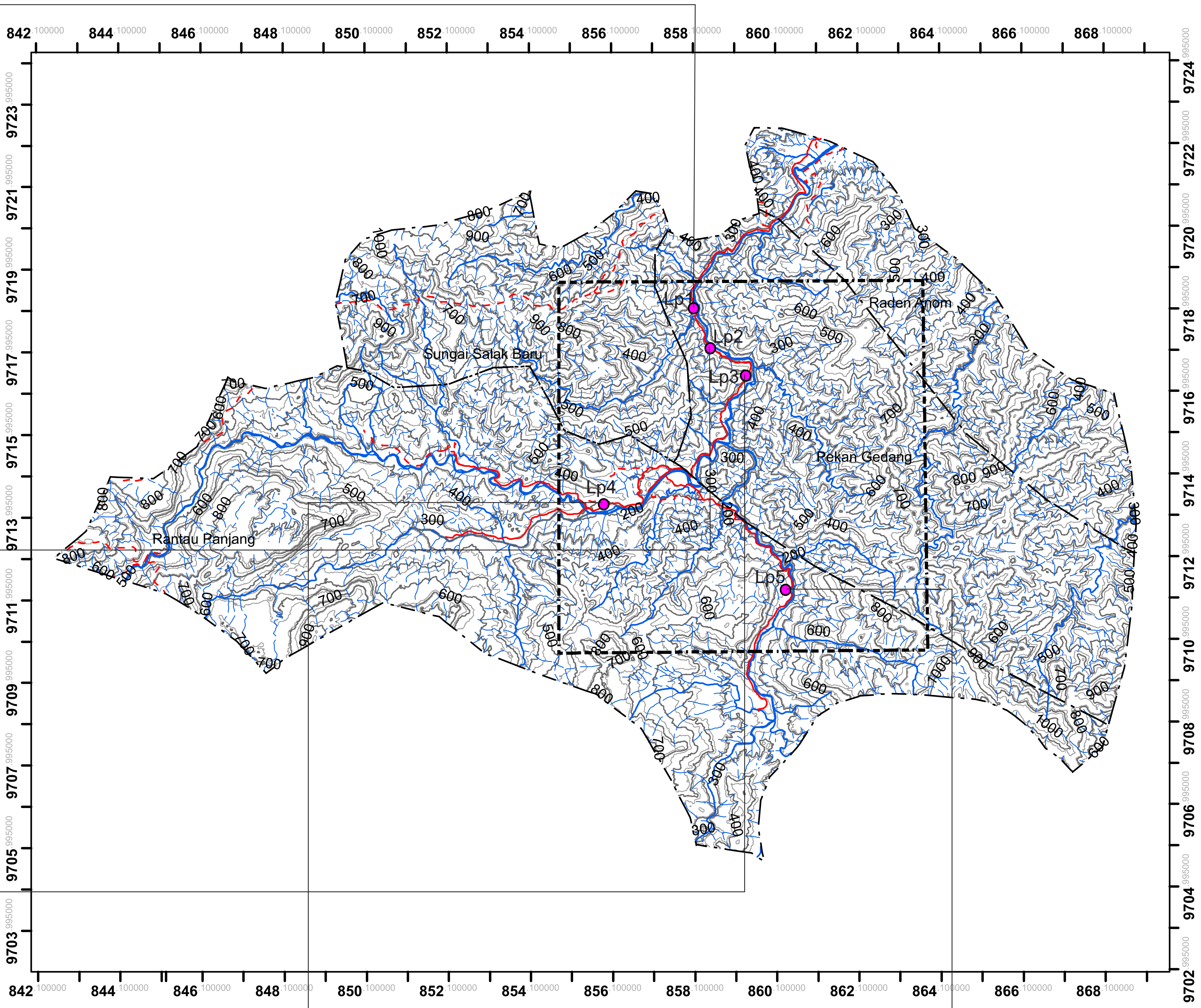
0 3 6 Kilometers

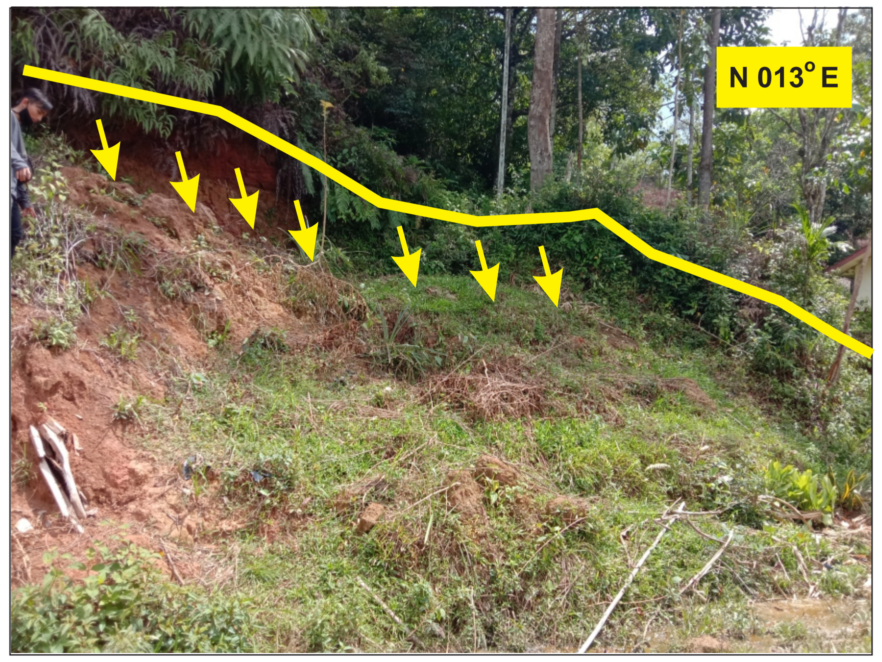
Oleh :
M.Agam Duano
03071181621001

Lp 1 Longsor dengan tipe *earthflow* di Desa Pekan Gedang

Lp 2 Longsor dengan tipe *rockfall* di Desa Pekan Gedang

Lp 3 Longsor dengan tipe *earthflow* di Desa Pekan Gedang





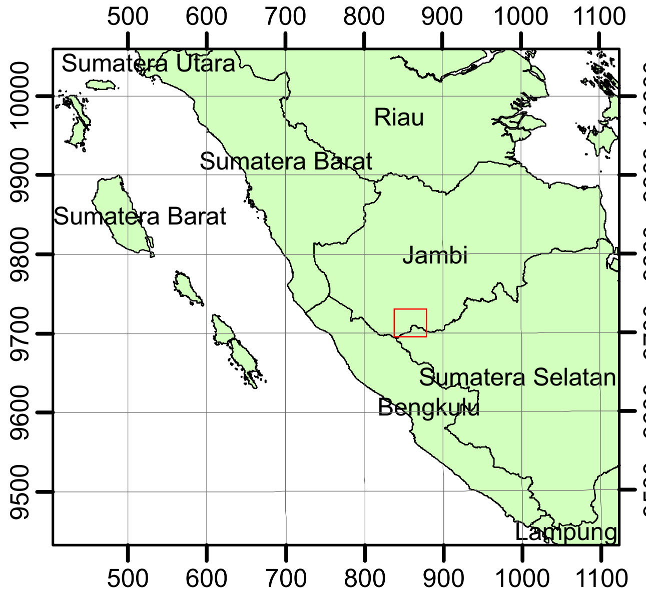
Lp 4 Longsor dengan tipe *earthflow* di Desa Rantau Panjang

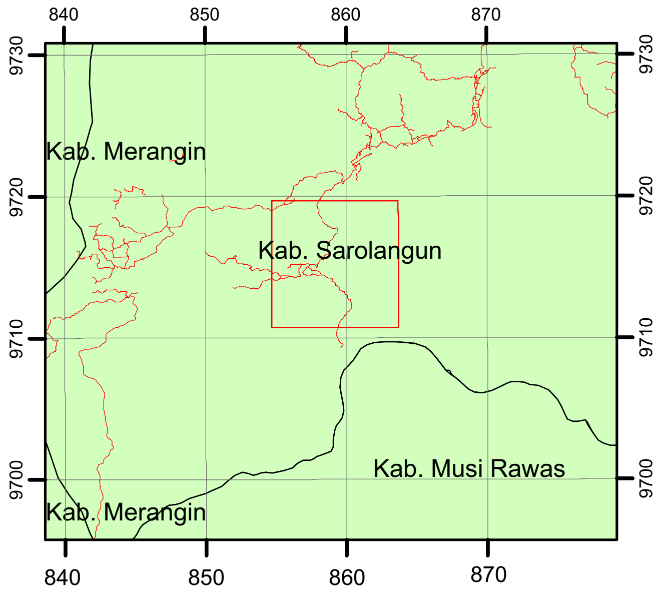
Lp 3 Longsor dengan *rockfall* di Desa Rantau Panjang

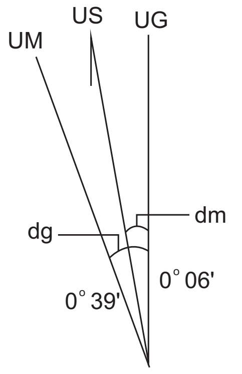
Keterangan :

- Lintasan
- Lokasi Pengamatan Longsor
- Kontur
- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :







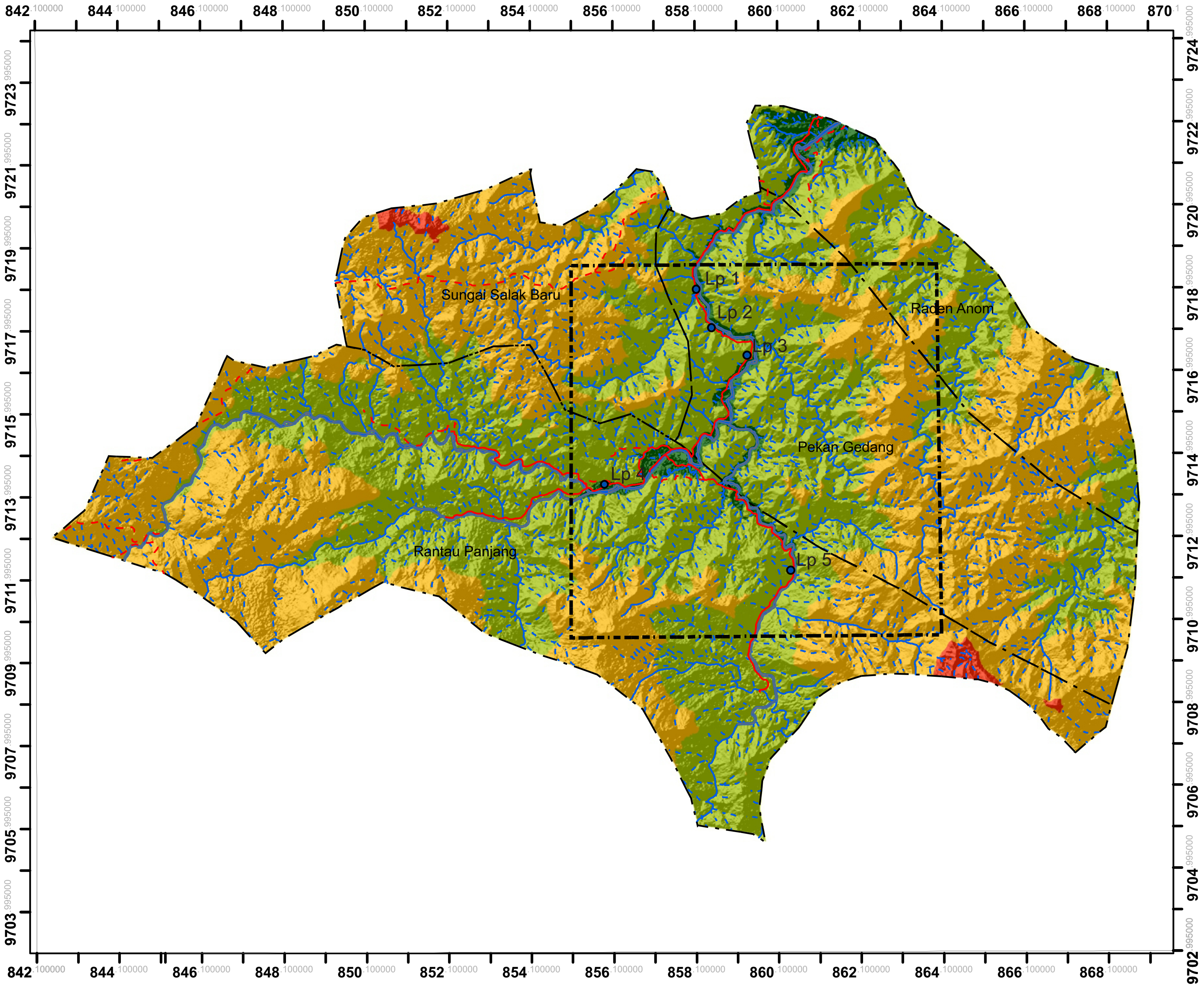
UM : Utara Magnetik
US : Utara Sebenarnya
UG : Utara Grid
dm : Deklinasi magnetik
dg : Deklinasi grid

Datum	:WGS 1984
Proyeksi	:UTM dan CSG
Zona	:47S
SistemGrid	:Grid GSC

Sumber :
1. Demnas_0913-14
2. Badan Geospasial Indonesia

Lampiran B

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020



PETA ELEVASI MORFOLOGI

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Elevasi

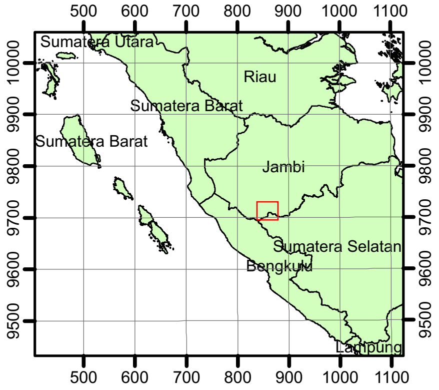
- 50 - 200 mdpl — Perbukitan Rendah
- 200 - 500 mdpl — Perbukitan
- 500 - 1000 mdpl — Perbukitan Tinggi
- > 1000 mdpl — Pegunungan

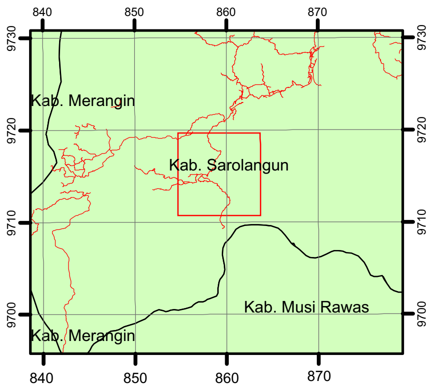
Klasifikasi Widyatmanti, 2016.

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- a.Sungai Utama
- b.Sungai Musiman
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

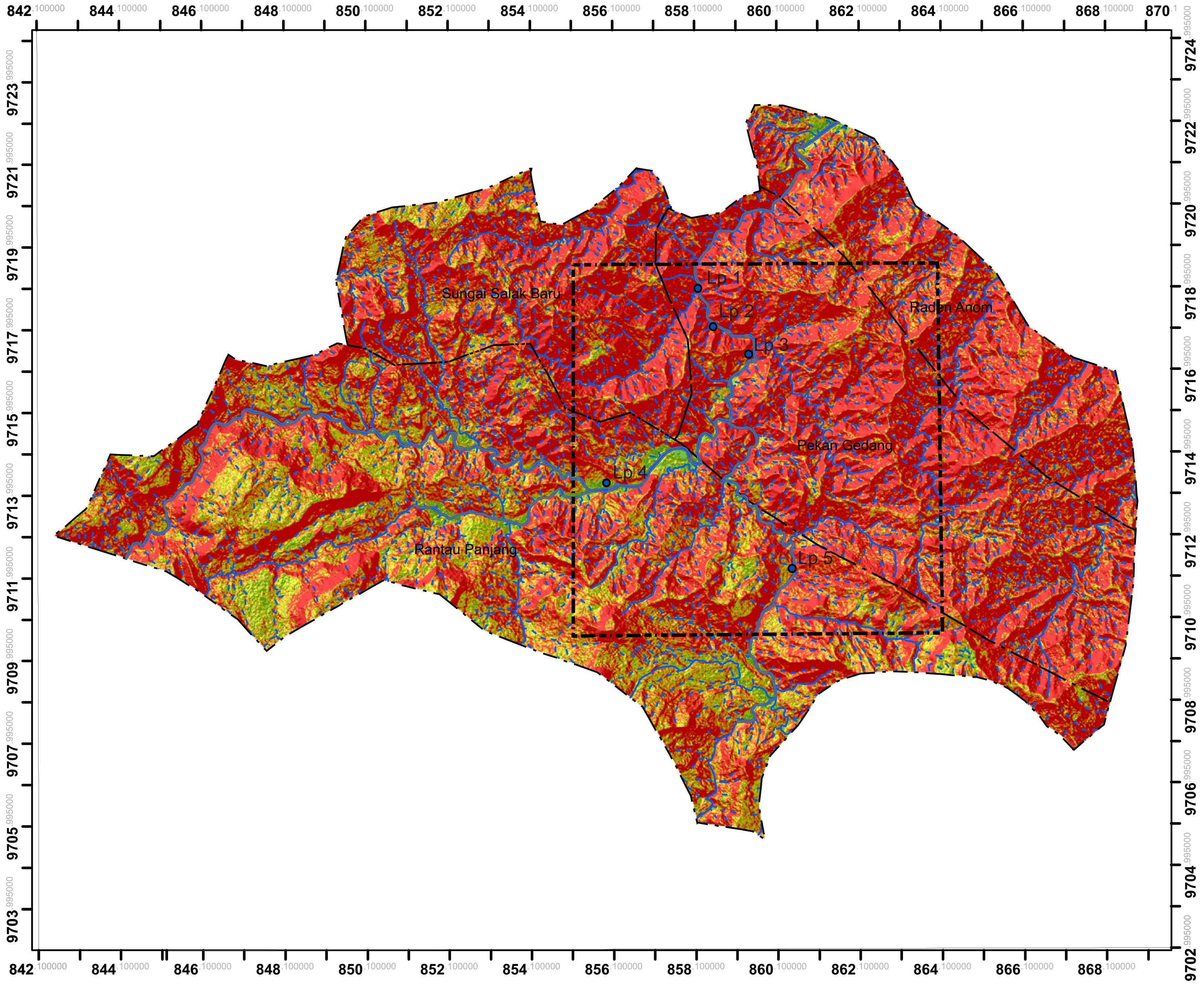
Peta Indeks :





Lampiran C

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020



PETA KEMIRINGAN LERENG

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Lereng

0 - 2%	Datar
3 - 7%	Sangat Landai
8 - 13%	Landai
14 - 20%	Agak Curam
21-55%	Curam
56-140%	Sangat Curam
>140%	Sangat Curam Sekali

Klasifikasi Widyatmanti, 2016.

Keterangan :

Lokasi Pengamatan Longsor

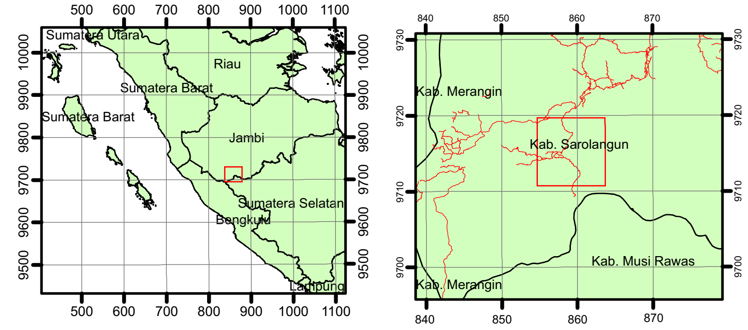
Jalan

a.Sungai Utama
b.Sungai Musiman

Batas Administrasi

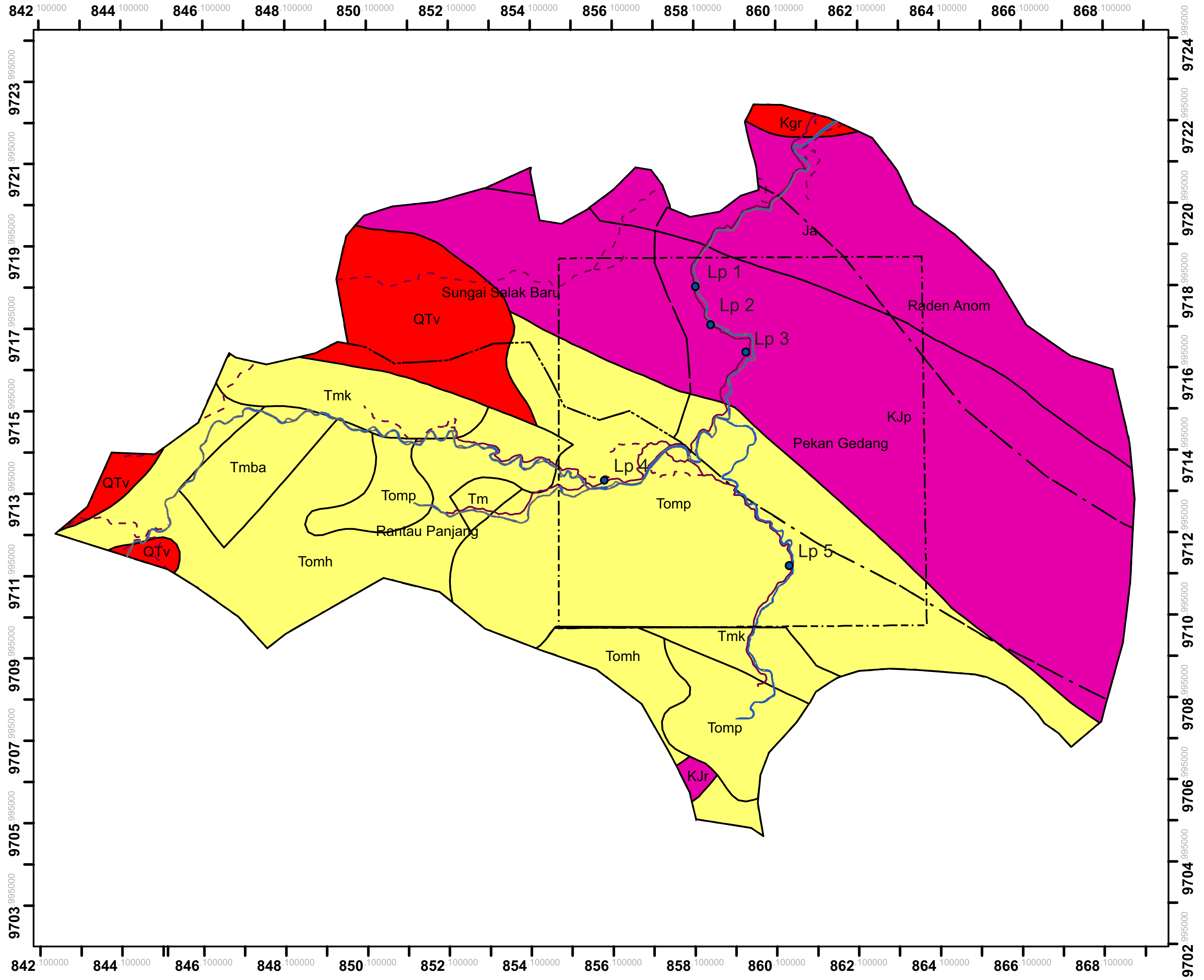
Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :



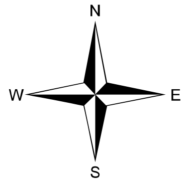
Lampiran D

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020



PETA JENIS BATUAN

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI



Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Jenis Batuan

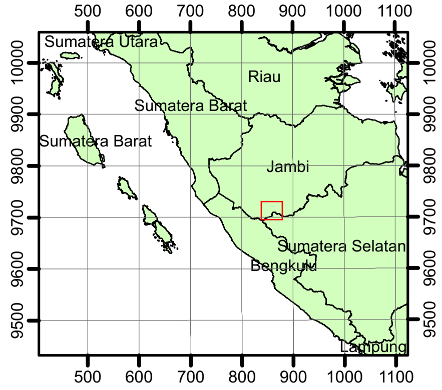
	Batuan Metamorf	Ja; KJp; KJr; Sp
	Batuan Beku	Kgr; QTv
	Batuan Medimen	Tm; Tmba; Tmk; Tomh; Tomp

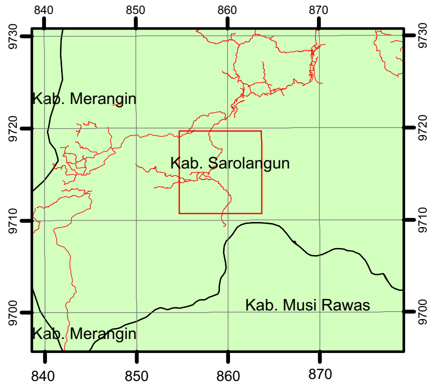
Suwarna (1992), Duano (2021) .

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :



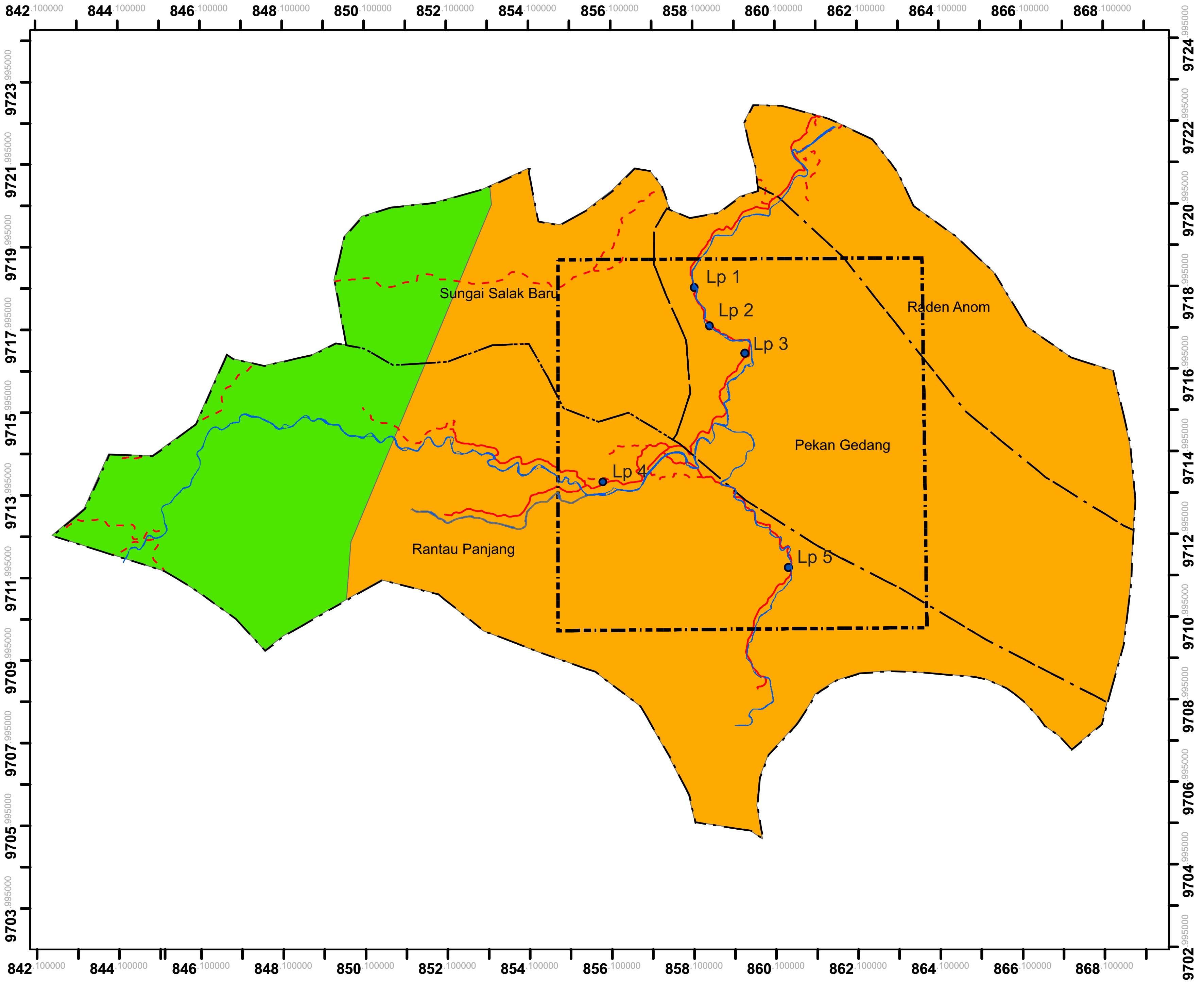


Lampiran E

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

PETA JENIS TANAH

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI



N
W E
S

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Jenis Tanah

Acrisols

Cambisols

Food and Agriculture Organitation (1974)

Keterangan :

Lokasi Pengamatan Longsor

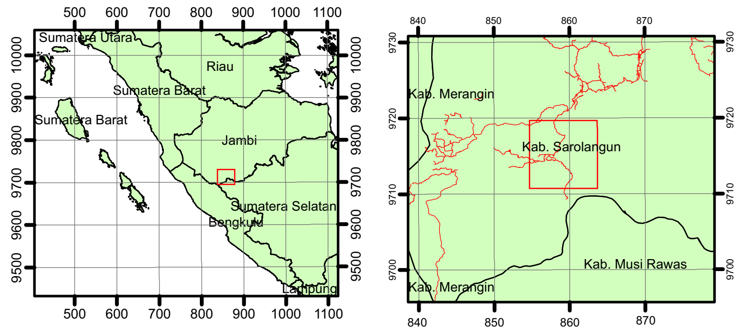
Jalan

Sungai

Batas Administrasi

Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :

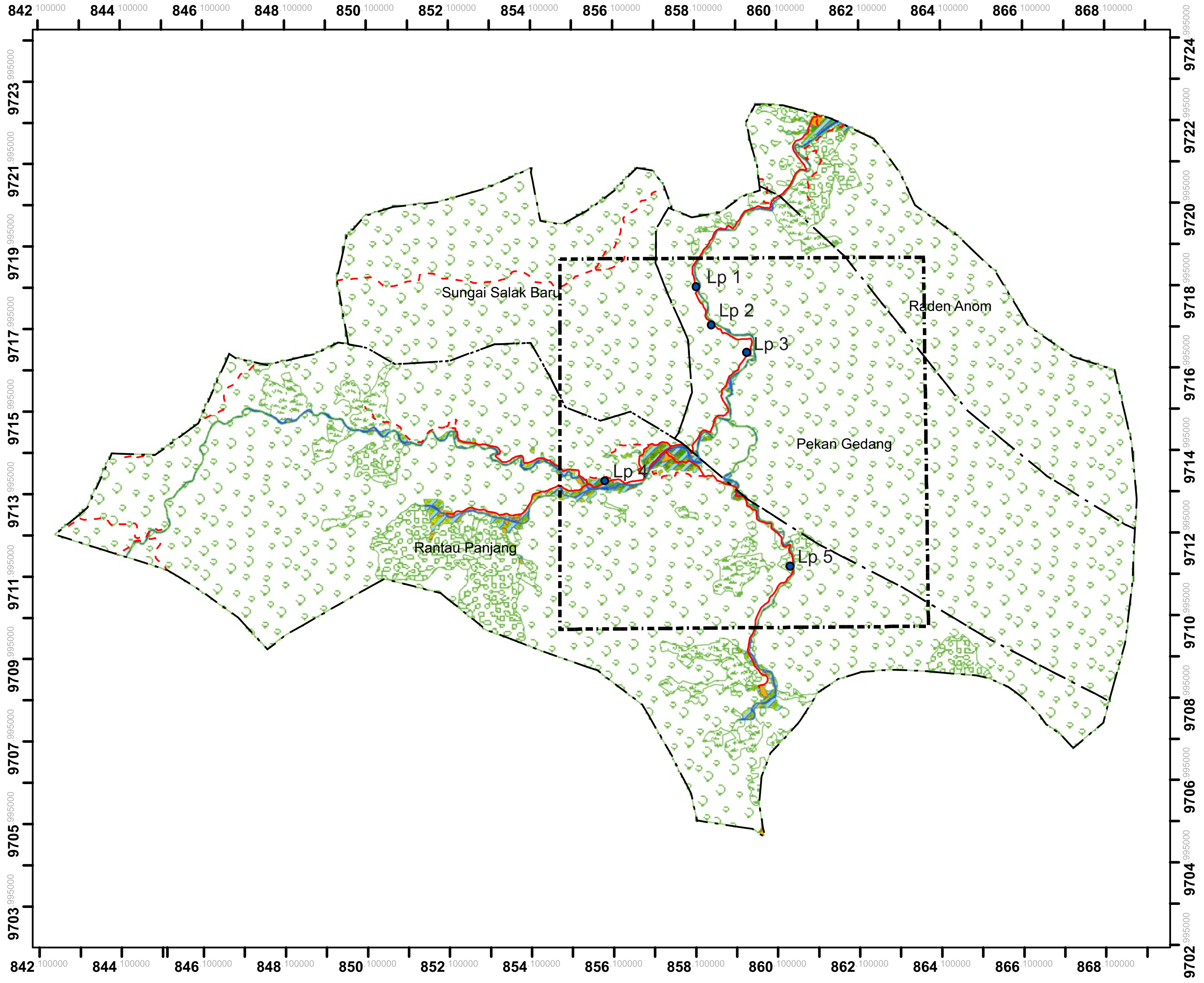


Lampiran F

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

PETA TUTUPAN LAHAN

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI



N
W E
S

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

TUTUPAN LAHAN

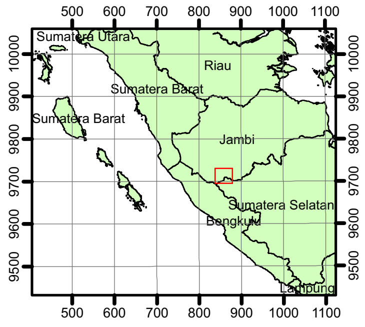
- Hutan Kering
- Permukiman
- Sawah
- Semak Belukar
- Ladang

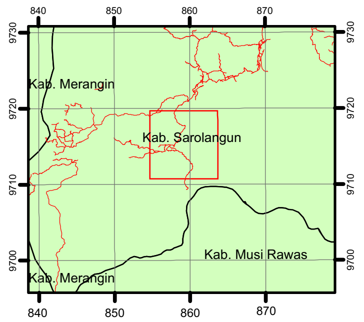
Peta Rupa Bumi Indonesia.

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :



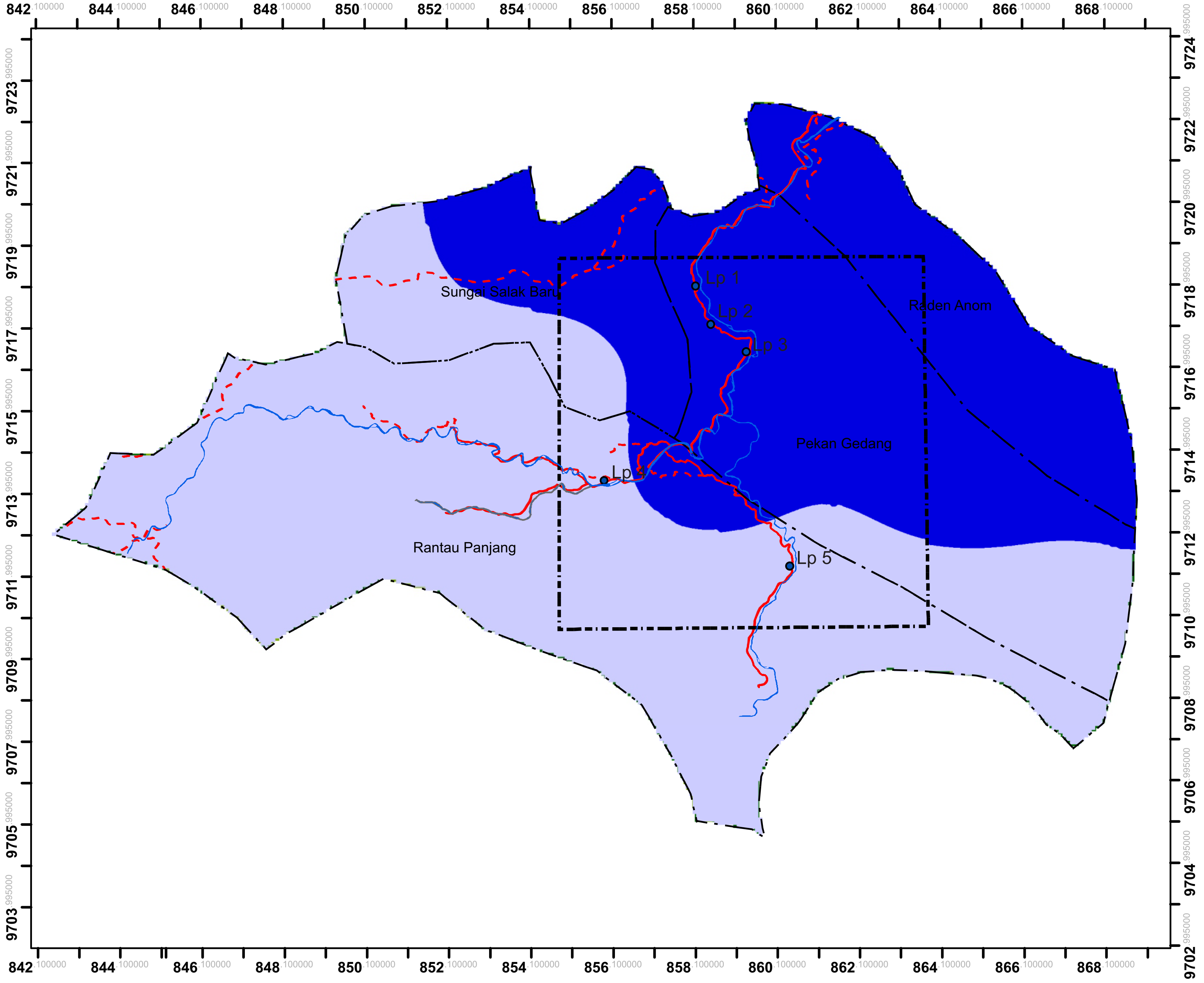


Lampiran G

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

PETA CURAH HUJAN

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI



Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Curah Hujan

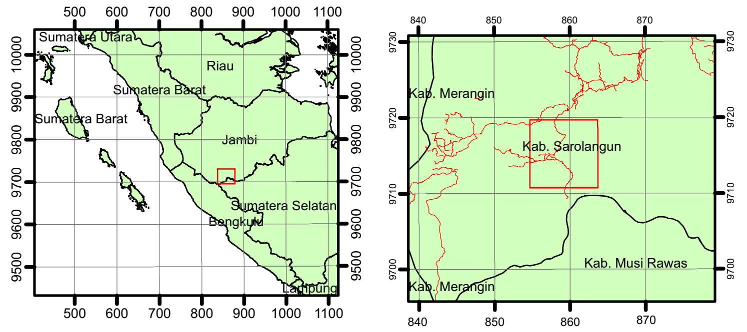
	100 - 300 mm	Menengah
	300 - 500 mm	Tinggi

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2017)

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :

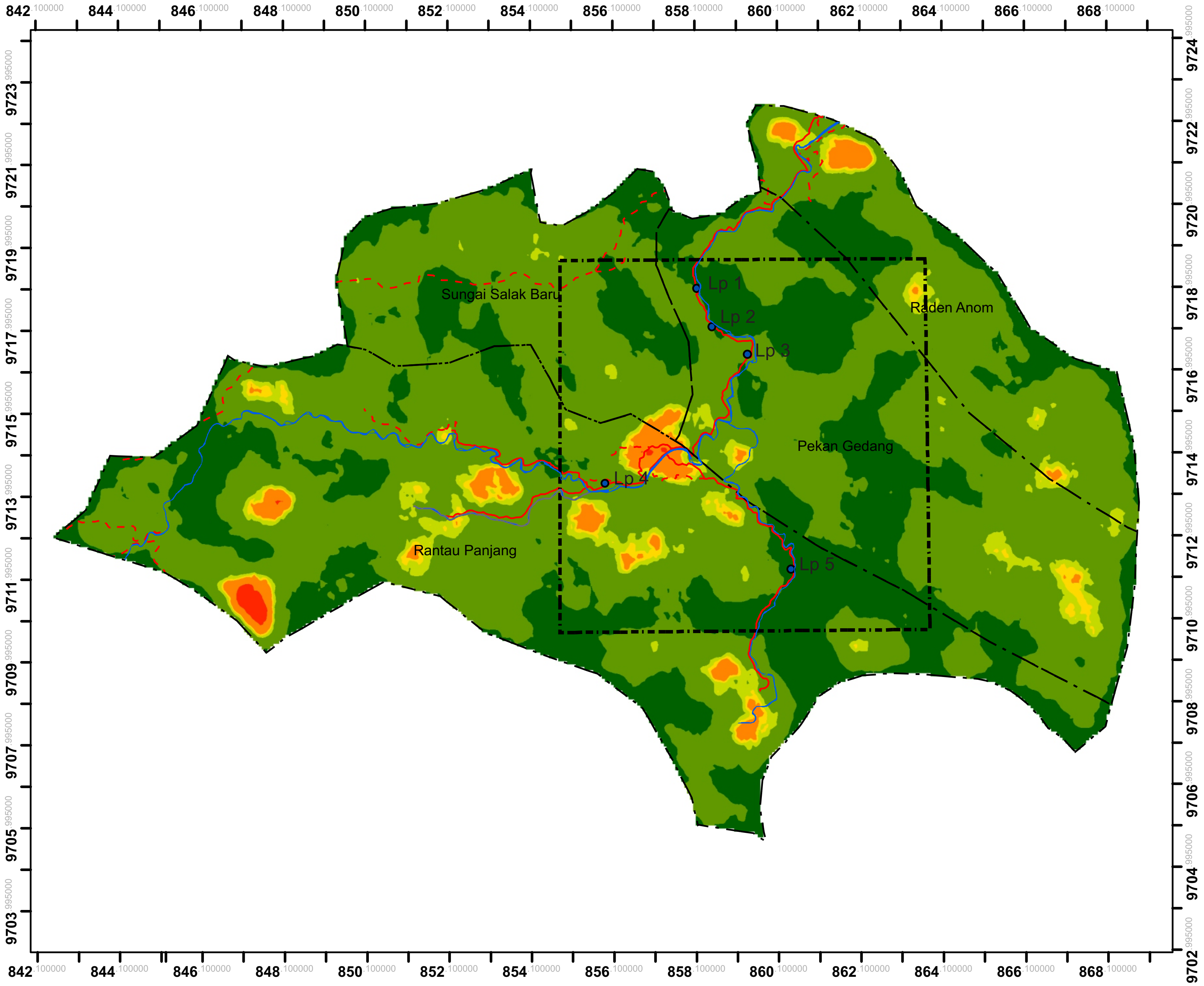


Lampiran H

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020

PETA DENSITAS KELURUSAN

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI



N
W E
S

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

03071181621001

Densitas

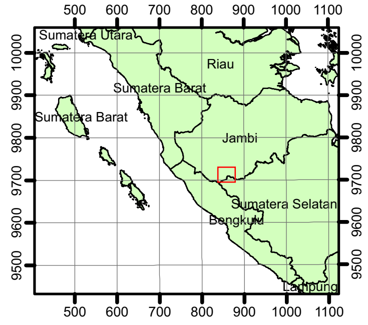
Densitas	Keterangan
0 - 36%	Stabil
36 - 64%	Agak Terangkat
64 - 69%	Terangkat
69 - 72%	Aktif
72 - 87%	Sangat Aktif
87 - 100%	Amat Sangat Aktif

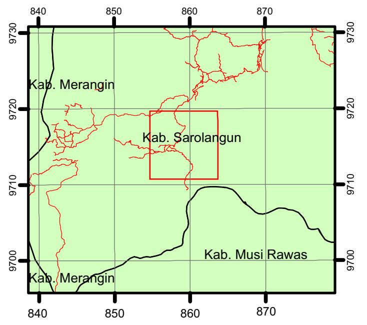
Zhumabek (2017)

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- a.Sungai Utama
- b.Sungai Musiman
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

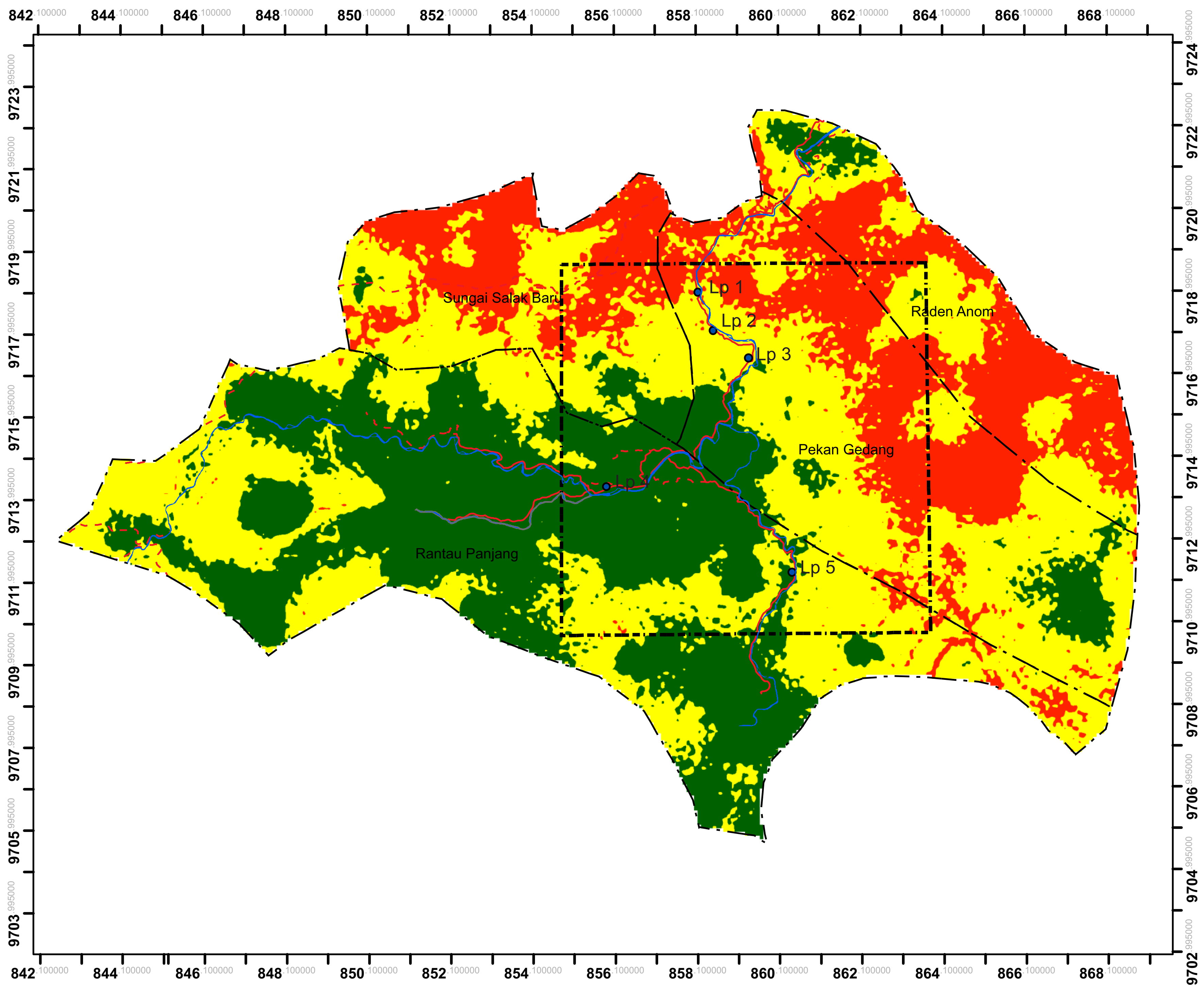
Peta Indeks :





Lampiran I

PROGAMSTUDI STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020



PETA KERAWANAN LONGSOR

DAERAH RANTAU PANJANG DAN SEKITARNYA
SAROLANGUN, JAMBI

N
W E
S

Skala : 125.000

0 3 6 Kilometers

Oleh :

M.Agam Duano

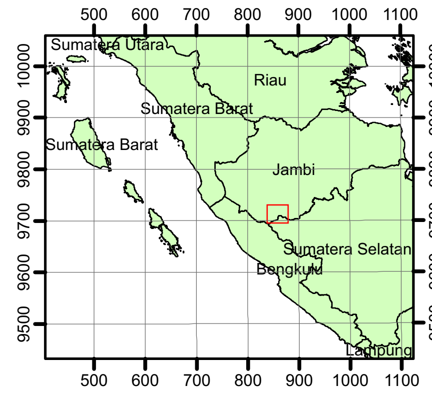
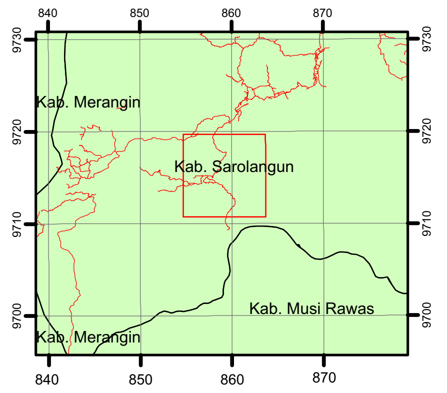
03071181621001

Kerawanan

- Kerawanan Tinggi
- Kerawanan Sedang
- Tidak Rawan

Sutojo (2010) .

Keterangan :

- Lokasi Pengamatan Longsor
- Jalan
- Sungai
- Batas Administrasi
- Lokasi Pemetaan Geologi

Peta Indeks :