

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP) DAN *FUZZY*
LOGIC DI KOTA PALOPO PROVINSI SULAWESI SELATAN**



OLEH:

MUHAMMAD MAULANA

H221 16 518

**DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya orisinil saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk memperoleh gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya, dimanapun, kecuali yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan dibantu oleh pihak pembimbing.

Makassar, Agustus 2023

Penulis



Muhammad Maulana

**IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP) DAN *FUZZY*
LOGIC DI KOTA PALOPO PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Skripsi ini untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana pada Departemen Geofisika

Disusun dan Diajukan Oleh:
MUHAMMAD MAULANA
H22116518

DEPARTEMEN GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN
IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* (AHP) DAN *FUZZY*
***LOGIC* DI KOTA PALOPO PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan Diajukan Oleh:

MUHAMMAD MAULANA

H22116518

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian guna memperoleh gelar sarjana sains
Program Pendidikan sarjana, departemen geofisika.

Telah disetujui oleh tim pembimbing pada tanggal seperti dibawah ini

Makassar, Agustus 2023

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama


Dr. Samsu Arif, M.Si
NIP. 196305181991031011


Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si
NIP. 196709032001121001

Mengetahui,

Ketua Departemen Geofisika
FMIPA Universitas Hasanuddin


Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M.Eng
NIP. 196709291993031003

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan juga salam senantiasa tercurah kepada Junjungan kita semua Nabi Muhammad SAW yang mengantarkan manusia dari kegelapan ke zaman yang terang benderang. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat-syarat untuk bisa mencapai gelar Sarjana di Universitas Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari mengenai penulisan ini tidak bisa terselesaikan tanpa pihak-pihak yang mendukung baik secara moril dan juga materil. Maka, penulis menyampaikan banyak-banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda tersayang Bahati dan ibunda tercinta Suhaimi yang memberikan dukungan moril dan materil serta doa yang dipanjatkan kepada ALLAH SWT untuk penulis.
2. Bapak Dr. Eng Amiruddin, M.Sc selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
3. Bapak Dr. Muhammad Alimuddin Hamzah, M. Eng. selaku Ketua Departemen Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Samsu Arif, M.Si selaku dosen Pembimbing utama yang sudah berkenan memberikan ilmu dan juga solusi untuk setiap permasalahan atau kesulitan dalam pembuatan dan penulisan skripsi ini.

5. Bapak Dr. Erfan Syamsuddin, M.Si selaku dosen Pembimbing pertama yang sudah bersedia mengarahkan dan membimbing penulis selama penyusunan skripsi dan memberikan tambahan ilmu dan solusi atas permasalahan dan kesulitan dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Geofisika Fakultas MIPA Unhas yang sudah berkenan memberikan pengetahuan yang sangat-sangat bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman angkatan, terutama teman seperjuangan MIPA 16 Khususnya teman teman 16NEOUS yang senantiasa mengisi hari-hari penulis menjadi sangat menyenangkan.
8. Segenap staf dan karyawan Departemen Geofisika FMIPA Unhas yang berkenan memberikan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang penulis buat ini masih jauh dari sempurna hal ini karena terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan bahkan kritik membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak khususnya dalam bidang geofisika.

Makassar , Agustus 2023

Penulis,

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DARTAR TABEL	vi
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Ruang Lingkup	4
I.4 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Geologi Regional	5
II.2 Tanah Longsor	6
II.2.1 Pengertian Tanah Longsor	6
II.2.2 Parameter Penyebab Tanah Longsor	7
II.3 Kerawanan Tanah Longsor	10
II.3.1 Analisis Kerawanan Tanah Longsor	11
II.4 Sistem Informasi Geografis	12
II.4.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis	12
II.4.2 Jenis dan Sumber Data SIG	12
II.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)	16
II.6 Logika Fuzzy	18
II.6.1 Fungsi Keanggotaan Fuzzy	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
III.1 Lokasi Penelitian	23
III.2 Alat dan Bahan	24
III.2.1 Alat	24
III.2.2 Bahan	24

III.3 Prosedur Penelitian	25
III.3.1 Tahap Persiapan.....	25
III.3.2 Pembuatan Data Spasial Kerawan Tanah Longsor.....	25
III.3.3 Pembobotan Parameter Menggunakan Metode AHP ...	27
III.3.4 Fuzzifikasi Parameter	28
III.4 Bagan Alir	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
IV.1 Hasil	32
IV.1.1 Parameter Kerawanan Tanah Longsor dengan <i>Fuzzy Logic</i> .	32
IV.1.2 Hirarki Penyebab Tanah Longsor	48
IV.1.3 Analisis Kerawanan Rawan Longsor	49
IV.2 Pembahasan.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
V.1 Kesimpulan	53
V.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Kota Palopo (Sukamto, et al., 1975).....	5
Gambar 2. 2 Gerakan Tanah (Singh, 2009).	6
Gambar 2. 3 Tahapan keruntuhan lereng akibat infiltrasi air : (a) Tahap I, (b) Tahap II, (c) Tahap III, (d) Tahap IV (Muntohar, 2006).	7
Gambar 2. 4 Sumber data dalam SIG (Ekadinata, et al., 2008).....	13
Gambar 2. 5 Tampilan data raster dan vektor (Iswansyah, 2013).	13
Gambar 2. 6 Representasi linear naik (Kusumadewi, et al., 2010).....	20
Gambar 2. 7 Representasi linear turun (Kusumadewi, et al., 2010).	20
Gambar 2. 8 Representasi kurva-S pertumbuhan (Kusumadewi, et al., 2010).	21
Gambar 2. 9 Representasi kurva-S penyusutan (Kusumadewi, et al., 2010).	22
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian.	23
Gambar 3. 2 Bagan Alir.....	31
Gambar 4. 1 Peta kemiringan lereng Kota Palopo.	33
Gambar 4. 2 Peta kemiringan lereng Kota Palopo hasil fuzzifikasi.	33
Gambar 4. 3 Peta Jalan Kota Palopo.....	34
Gambar 4. 4 Peta jalan Kota Palopo hasil fuzzifikasi.	35
Gambar 4. 5 Peta Sungai Kota Palopo.....	36
Gambar 4. 6 Peta sungai Kota Palopo hasil fuzzifikasi.	36
Gambar 4. 7 Peta Tekstur Tanah Kota Palopo.	37
Gambar 4. 8 Peta Tekstur Tanah Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	38
Gambar 4. 9 Peta Geologi Kota Palopo.	39

Gambar 4. 10 Peta Geologi Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	39
Gambar 4. 11 Peta Penggunaan Lahan Kota Palopo.....	40
Gambar 4. 12 Peta Penggunaan Lahan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	41
Gambar 4. 13 Peta Curah Hujan Kota Palopo.....	42
Gambar 4. 14 Peta Curah Hujan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	43
Gambar 4. 15 Peta Elevasi Kota Palopo.	44
Gambar 4. 16 Peta Elevasi Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.....	44
Gambar 4. 17 Peta Kelurusan Kota Palopo.....	45
Gambar 4. 18 Peta Kelurusan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	46
Gambar 4. 19 Peta Aspek Lereng Kota Palopo.....	47
Gambar 4. 20 Peta Aspek Lereng Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.	47
Gambar 4. 21 Bobot prioritas parameter kerawanan longsor (Solle,2013).	48
Gambar 4. 22 Peta Kerawanan Tanah Longsor Hasil Fuzzifikasi Kota Palopo.	49
Gambar 4. 23 Peta Kerawanan Tanah Longsor Kota Palopo.	50
Gambar 4. 24 Peta Kerawanan Tanah Longsor (BNPB).....	50

DARTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ramdom Consistency Index (IR) (Febryanti, et al., 2016).	18
Tabel 3. 1 Bahan dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian.	24
Tabel 4. 1 Curah Hujan Kota Palopo.	42
Tabel 4. 2 Bahan dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian.	49
Tabel 4. 3 Luas (ha) kelas kerawanan tanah longsor.	51

ABSTRAK

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam kurun waktu 10 tahun terakhir tercatat sekitar 4.689 jumlah kasus pernah terjadi tanah longsor. Identifikasi daerah rawan longsor dengan pemanfaatan sistem informasi geografis yang bertujuan untuk memberikan informasi lokasi yang beresiko mengalami bencana tanah longsor agar masyarakat dapat mempersiapkan diri sebelum bencana tanah longsor terjadi. Tujuan penelitian adalah mengintegrasikan model *fuzzy logic* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor serta memetakan kelas kerawanan tanah longsor Kota Palopo berdasarkan hasil analisis SIG berbasis spasial. Penggunaan metode AHP untuk pembobotan dan *fuzzy logic* untuk menormalisasi setiap parameter tanah longsor kedalam nilai kontiniu 0 sampai 1. Parameter tanah longsor yang digunakan pada penelitian ini adalah kemiringan lereng, jarak dari jalan dan sungai, tekstur tanah, litologi, penggunaan lahan, curah hujan, elevasi, kelurusan, dan aspek lereng. Dari hasil integrasi *Fuzzy Logic* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menghasilkan klasifikasi kerawanan tanah longsor dari 0 sampai 1. Nilai kerawanan tanah longsor diklasifikasikan menjadi 4 kelas kerawanan yaitu tidak rawan dengan interval 0 – 0.2, kerawanan sedang dengan interval 0.2– 0.4, kerawanan tinggi dengan interval 0.4– 0.6 dan sangat rawan 0.6 – 0.9. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor yang tidak rawan seluas 17757.3 ha atau sekitar 68.8% dari luas wilayah Kota Palopo, sedang seluas 4424.0 ha atau sekitar 17.1% dari luas wilayah Kota Palopo, tinggi seluas 3354.1 ha atau sekitar 13.0% dari luas wilayah Kota Palopo, Dan wilayah dengan kerawanan tanah longsor sangat tinggi seluas 282.1 ha atau sekitar 1.1% dari luas wilayah Kota Palopo.

Kata Kunci: Tanah Longsor, *Fuzzy Logic*, *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) mendefinisikan bencana sebagai suatu gangguan serius terhadap fungsi suatu komunitas atau masyarakat, sehingga menyebabkan kerugian yang meluas pada kehidupan manusia dari segi segala aspek baik materi, ekonomi, atau lingkungan dan yang melampaui kemampuan masyarakat yang bersangkutan untuk mengatasi dengan menggunakan sumber dayanya sendiri. Bencana alam disebabkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Indonesia merupakan salah satu negara yang paling sering mengalami bencana alam dimana lebih dari 95% merupakan bencana hidrometeorologi yaitu puting beliung, tanah longsor dan banjir yang mendominasi disegala daerah (Nugroho, 2016).

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam kurun waktu 10 tahun terakhir tercatat sekitar 4.689 jumlah kasus pernah terjadi tanah longsor yang mengakibatkan 1.789 orang meninggal dan hilang, 1.470 orang mengalami luka-luka, 230.970 orang mengungsi dan sekitar 33.000 rumah mengalami kerusakan. Hal ini menyebabkan tanah longsor menjadi bencana nasional yang menimbulkan kerugian sangat besar. Tentu dalam menyikapi kasus tersebut memerlukan perhatian dan penanganan lebih lanjut agar jumlah kasus tidak lagi meningkat serta tidak lagi mengalami kerugian, baik itu secara fisik

maupun nonfisik (Mufarida, 2020).

Kawasan Kota Palopo bagian barat tepatnya jalan poros Palopo Toraja merupakan daerah yang memiliki relief perbukitan dan pegunungan, dengan topografi sebagian besar curam. Kondisi lahan yang berupa tebing dengan tingkat pelapukan yang tinggi dapat menyebabkan longsor terjadi secara berulang-ulang (Cahyono & Rustandi, 2014).

Tanah longsor dalam bahasa Inggris disebut *Landslide* merupakan suatu peristiwa alam yang menyebabkan adanya perpindahan material lereng berupa batuan, tanah, bahkan rombakan atau material lainnya yang bergerak kebawah atau keluar dari arah lereng (Wahyuni, et al., 2018). Tanah longsor terjadi karena adanya gangguan kestabilan pada tanah/batuan penyusun lereng. Gangguan kestabilan lereng tersebut dapat dikontrol oleh kondisi morfologi (terutama kemiringan lereng), kondisi batuan/tanah penyusun lereng, dan kondisi hidrologi atau tata air pada lereng. Adapun faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya tanah longsor adalah curah hujan, tekstur tanah, jarak dari sungai, jarak dari jalan, kondisi geologi, penutupan lahan, kelurusan, kemiringan lereng, aspek lereng, dan elevasi (Hidayah, et al., 2017).

Identifikasi daerah rawan longsor dengan pemanfaatan sistem informasi geografis yang bertujuan untuk memberikan informasi lokasi yang beresiko mengalami bencana tanah longsor agar masyarakat dapat mempersiapkan diri sebelum bencana tanah longsor terjadi.

Kemampuan sistem informasi geografis secara eksplisit menangani data spasial dan nonspasial membuat teknologi ini banyak digunakan pada saat ini. Data spasial

telah menjadi bagian yang terintegrasi dengan database berbagai organisasi formal maupun non formal karena dapat dikombinasikan dengan dataset nonspasial (Arif, 2015). Penggunaan metode *analytical hierarchy process* (AHP) memanfaatkan persepsi pakar atau informan yang dianggap ahli sebagai input utama untuk memperoleh bobot dari masing-masing kriteria yang digunakan dalam penelitian. Nilai pembobotan dilakukan kualitatif tergantung subjektivitas pengambilan keputusan oleh pakar ahli. Semakin besar nilai parameter terhadap karakteristik tanah longsor maka semakin tinggi bobot yang diberikan begitupun sebaliknya (Feizizadeh, et al., 2014). Didunia ini banyak fenomena nyata yang sulit untuk diklasifikasikan kedalam kategori tegas atau diskrit dalam bentuk spasial maupun nonspasial serta preferensi kriteria yang digunakan dalam kegiatan modeling. Dalam mengatasi ketidakpastian yang sering tersirat dalam input dan proses pemodelan dikembangkan teknik *fuzzy*. Teknik ini memanfaatkan teori himpunan *fuzzy* atau *fuzzy logic* (Arif, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Fuzzy Logic* di Kota Palopo Provinsi Sulawesi Selatan”.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana petentuan tingkat kerawanan tanah longsor dalam integrasi model *fuzzy logic* dan *analytical hierarchy process*?
2. Bagaimana peta indeks kerawanan tanah longsor Kota Palopo berdasarkan analisis sistem informasi geografis berdasarkan faktor-faktor penyebab tanah longsor ?

I.3 Ruang Lingkup

Dalam upaya untuk mengantisipasi bencana tanah longsor, perlu adanya kajian mengenai kerawanan tanah longsor pada daerah yang terkena tanah longsor sehingga masyarakat dapat lebih mempersiapkan diri untuk menghadapi bencana tanah longsor ini. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan wilayah rawan longsor menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Fuzzy Logic* di Kota Palopo Provinsi Sulawesi Selatan. Penentuan skor berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya dan perhitungan bobot menggunakan matriks perbandingan berpasangan setiap parameter kerawanan tanah longsor serta standarisasi dengan fungsi keanggotaan *fuzzy*.

I.4 Tujuan Penelitian

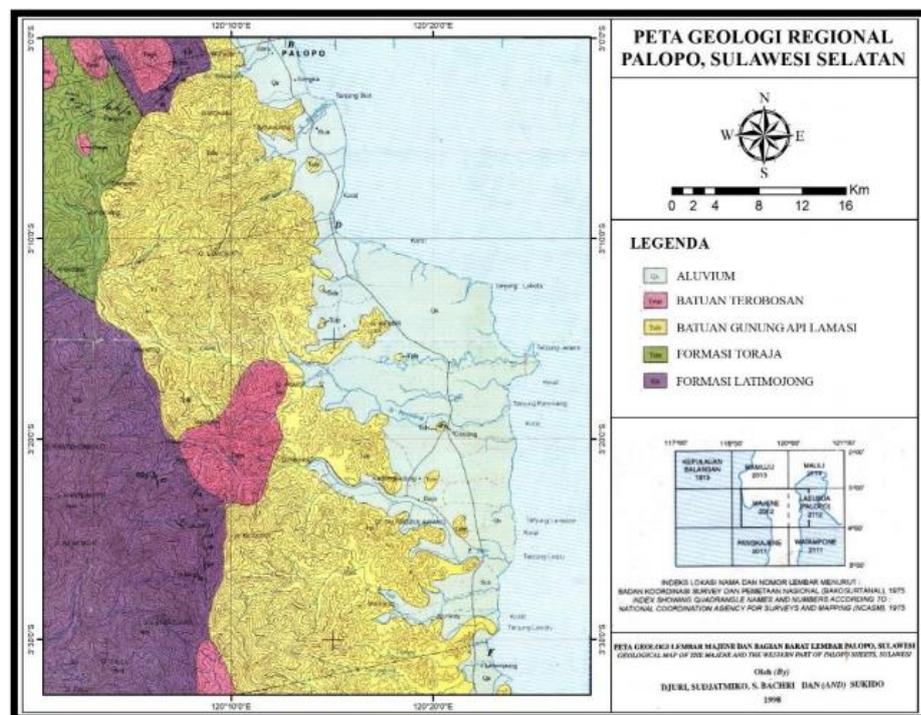
1. Mengintegrasikan model *fuzzy logic* dan *analytical hierarchy process* (AHP) dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor.
2. Memetakan indeks kerawanan tanah longsor Kota Palopo berdasarkan analisis sistem informasi geografis berdasarkan faktor-faktor penyebab tanah longsor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

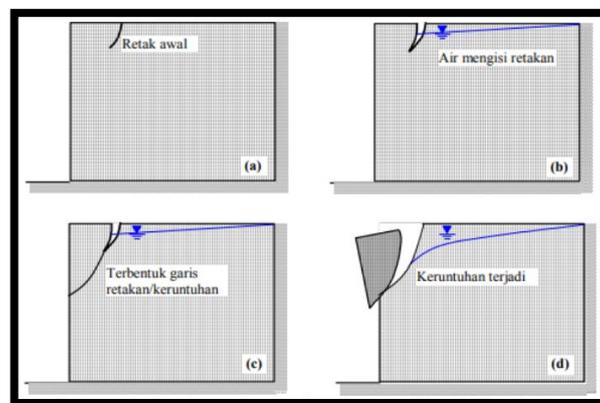
II.1 Geologi Regional

Kabupaten Luwu merupakan salah satu kabupaten yang berada di provinsi Sulawesi Selatan yang dalam kurun waktu beberapa tahun belakangan ini menunjukkan dua kabupaten dibagian utara Luwu, salah satunya adalah Kota Palopo. Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1 geologi regional kota Palopo bahwa daerah ini terletak di lembar mamuju dan palopo bagian barat dengan kondisi dataran yang tinggi dan pegunungan dengan keadaan lereng yang curam. Berdasarkan informasi geologi, daerah Palopo bagian barat memiliki intrusi batuan beku berupa batuan granit serta pelapukan batuan sedimen berupa batu pasir.



Gambar 2. 1 Peta Geologi Regional Kota Palopo (Sukamto, et al., 1975).

1. Fase I: terjadi retak awal pada permukaan tanah yang dapat diakibatkan oleh peningkatan tegangan geser maupun berkurangnya kuat geser pada tanah dan batuan.
2. Fase II: terbentuknya aliran air yang mengisi bagian yang retak akibat rembesan air, air menggenang akibat adanya tekanan air dari dalam tanah.
3. Fase III: tekanan air dalam tanah yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya erosi di permukaan tanah sehingga keretakan semakin panjang dan melebar.
4. Fase IV: terjadi keruntuhan akibat semakin kecilnya daya ikat tanah.



Gambar 2. 3 Tahapan keruntuhan lereng akibat infiltrasi air : (a) Tahap I, (b) Tahap II, (c) Tahap III, (d) Tahap IV (Muntohar, 2006).

II.2.2 Parameter Penyebab Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan bencana alam yang masih sangat sulit dideteksi waktu terjadinya, dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi baik secara eksternal ataupun internal, bahkan bencana tanah longsor dapat disebabkan karena terjadi bencana alam yang lain seperti gempa bumi dan banjir (Hidayah, et al., 2017).

1. Curah hujan

Curah hujan yang tinggi lebih banyak menghasilkan debit air, sehingga dapat menyebabkan air terus mendesak masuk kedalam tanah.

2. Tektur tanah

Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah, yaitu berupa kemampuan tanah untuk meloloskan air, kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah.

3. Jarak dari sungai

Jarak dari sungai, bila jarak dari sungai ke lereng semakin dekat maka semakin besar peluang untuk terjadinya longsor. Hal ini disebabkan oleh tingkat kejenuhan air pada lereng secara langsung berpengaruh pada stabilitas lereng.

4. Jarak dari jalan

Jarak dari jalan dapat menyebabkan terjadinya longsor. Hal ini disebabkan oleh lalu lintas kendaraan yaitu berupa getaran disekitar lereng. Longsor tidak langsung terjadi tetapi berproses, awalnya jalan yang dilalui kendaraan mengalami retakan yang jika dibiarkan lama-lama akan longsor.

5. Litologi

Litologi adalah salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian tanah longsor, hal ini disebabkan oleh perbedaan formasi batuan penyusun suatu wilayah akan berbeda kerawanannya terhadap tanah longsor.

6. Penutupan lahan

Penutupan lahan dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor yaitu berupa tubuh air, hal ini disebabkan oleh lahan yang memiliki banyak kandungan air maka akan kuat mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh air sehingga mudah terjadi longsor.

7. Kelurusan

Kelurusan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya longsor, hal ini disebabkan oleh semakin luas jarak antar kelurusan, maka tingkat pelapukan batuan induk semakin intensif dan mengurangi kuat geser dari material penyusun lereng akibat diskontinuitas dan sekaligus menyebabkan infiltrasi air yang tinggi.

8. Kemiringan lereng

Kemiringan lereng berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor, jika curah hujan tinggi maka panjang lereng meningkat disertai dengan meningkatnya erosi.

9. Aspek lereng

Aspek lereng memiliki pengaruh terhadap terjadinya tanah longsor, hal ini disebabkan oleh penerimaan sinar matahari secara langsung yang mengakibatkan tanah pembentuk lereng menjadi kering, yang apabila musim hujan tiba maka air akan masuk kedalam rongga tanah terbuka bila sudah terisi penuh dapat mengakibatkan longsor dan erosi tanah.

10. Elevasi

Elevasi berpengaruh terhadap terjadinya longsor, hal ini disebabkan oleh ketinggian lereng bergantung pada kemiringan lereng atau besarnya sudut lereng.

II.3 Kerawanan Tanah Longsor

Menurut BNPB dalam Pedoman Umum Pengkaji Resiko Bencana (PERKAB) tahun 2012, rawan bencana adalah kondisi aspek yang ada pada alam atau karakteristik geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu kawasan untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan untuk mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu. Kerawanan adalah peristiwa yang memiliki potensi untuk mengancam kehidupan manusia dari berbagai aspek, baik harta benda, kehidupan maupun lingkungan. Peta kerawanan adalah peta yang menampilkan informasi berupa gambar wilayah yang menunjukkan gangguan baik berasal dari dalam atau dari luar. Peta yang lazim disebut sebagai peta rawan bencana adalah peta tematik, artinya peta yang hanya mengusung satu tema (Heryani, 2014).

Menurut Saputra (2016) nilai kerawanan longsor suatu daerah dapat ditentukan melalui penjumlahan skor seluruh parameter yang berpengaruh terhadap longsor. Nilai kerawanan longsor ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$K = \sum_{i=0}^n (Wi \times Xi) \quad (2.1)$$

Dengan:

K = Nilai kerawanan

W_i = Bobot untuk parameter ke- i

X_i = Skor kelas parameter ke- i

Nilai skor kumulatif untuk menentukan tingkat kerawanan longsor dilakukan dengan cara pendugaan sedangkan pemberian bobot untuk menentukan tingkat daerah rawan longsor disesuaikan dengan faktor dominan atau faktor terbesar terjadinya tanah longsor. Setiap bobot dari parameter sangat mempengaruhi nilai kerawanan tanah longsor, dimana untuk pemetaan wilayah rawan tanah longsor dibagi kedalam lima kategori yaitu sangat rawan, rawan, sedang, rendah, dan tidak rawan (Feizizadeh, et al., 2014).

II.3.1 Analisis Kerawanan Tanah Longsor

Data yang telah ternormalisasi oleh *fuzzy* dan memiliki nilai bobot setiap parameter dari proses AHP, maka akan dilakukan proses perhitungan kerawanan tanah longsor sesuai dengan persamaan 2.1 menggunakan modul *image calculator* dan klasifikasi kerawanan tanah longsor berdasarkan interval kelas menggunakan modul *reclassify*. Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$KI = \frac{K_{max} - K_{min}}{n} \quad (2.2)$$

Dimana KI adalah interval kelas kerawanan, K_{max} adalah nilai kerawanan tertinggi, K_{min} adalah nilai kerawan terendah dan n adalah jumlah kelas interval.

II.4 Sistem Informasi Geografis

II.4.1 Pengertian Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System*) yang selanjutnya disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan informasi geografis. Kemampuan SIG secara eksplisit menangani data spasial dan non spasial, membuat teknologi ini begitu banyak digunakan di era moderen ini. Data spasial telah menjadi bagian yang terintegrasi dengan database berbagai organisasi formal maupun non formal karena dapat dikombinasikan dengan data set non spasial (Arif, 2015).

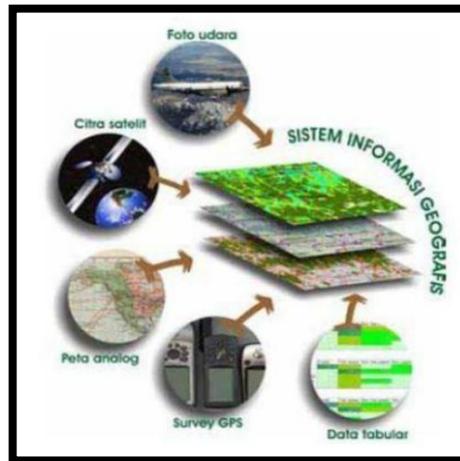
II.4.2 Jenis dan Sumber Data SIG

Data geografis pada dasarnya tersusun oleh dua komponen penting yaitu data spasial dan data atribut. Perbedaan antara dua jenis data tersebut adalah sebagai berikut (Ekadinata, et al., 2008):

1. Data spasial

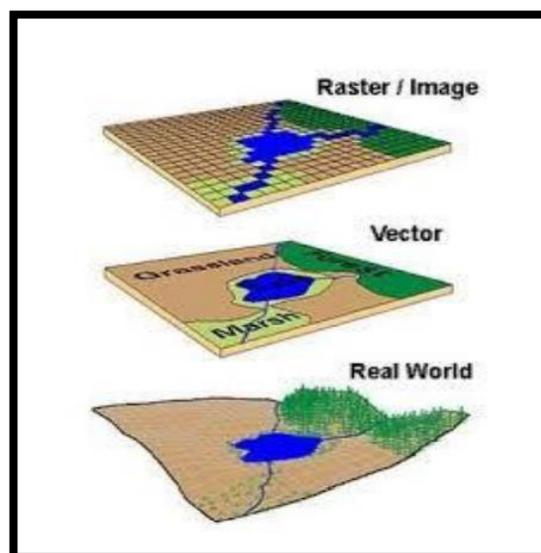
Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi objek di bumi. Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Sesuai dengan perkembangan, peta sekarang tidak hanya merepresentasikan objek-objek yang ada di muka bumi, tetapi berkembang menjadi representasi objek atas muka bumi (di udara) dan dibawah permukaan bumi. Data spasial dapat diperoleh dari berbagai sumber dalam berbagai format file. Sumber data spasial antara lain mencakup tentang data grafis peta analog, fot udara, citra satelit, survei

lapangan, pengukuran menggunakan alat teodolit, pengukuran menggunakan *global positioning system* (GPS) dan lain-lain.



Gambar 2. 4 Sumber data dalam SIG (Ekadinata, et al., 2008).

SIG merepresentasikan *real world* dengan data spasial yang terbagi atas dua model yaitu data vektor dan data raster. Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda, selain itu dalam pemanfaatannya tergantung dari masukan dan hasil akhir yang akan dihasilkan (Iswansyah, 2013).



Gambar 2. 5 Tampilan data raster dan vektor (Iswansyah, 2013).

Data spasial memiliki tiga macam penyajian yaitu (Arif, 2015):

a. Model data vektor

Model vektor menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial dengan menggunakan titik-titik, garis-garis, dan kuva poligon beserta atribut-atributnya. Bentuk dasar model vektor didefinisikan oleh sistem koordinat kartesius dua dimensi (x,y). Dengan menggunakan model vektor, objek-objek, dan informasi di permukaan bumi ditampilkan sebagai titik, garis, atau poligon. Titik (*point*) merepresentasikan objek spasial yang tidak memiliki dimensi panjang atau luas. Fitur spasial direpresentasikan dalam satu pasangan koordinat x dan y. Contohnya stasiun curah hujan, titik ketinggian, observasi lapangan, titik-titik sampel. Garis (*line*) merepresentasikan objek yang memiliki dimensi panjang namun tidak mempunyai dimensi area, misalnya jaringan jalan, pola aliran, garis kontur, kelurusan, dan lain-lain. Poligon (*polygon*) merepresentasikan fitur spasial yang memiliki area, contohnya adalah unit administrasi, unit tanah, zona penggunaan lahan, litologi, dan lain-lain.

b. Model data raster

Model data raster menampilkan, menempatkan, dan menyimpan data spasial berbeda dengan model vektor dimana model ini menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid (bidang referensi horizontal dan vertikal yang terbagi menjadi kotak-kotak). Piksel adalah unir dasar yang digunakan untuk menyimpan informasi secara eksplisit. Setiap piksel memiliki atribut sendiri, termasuk koordinatnya yang unik. Akurasi model

ini sangat tergantung pada resolusi atau ukuran piksel suatu gambar, semakin kecil resolusinya maka akan semakin teliti dalam pemetaan dan sebaliknya bila resolusinya semakin besar maka akan berkurang akurat atau teliti dalam pemetaannya. Model data raster memberikan informasi spasial apa saja yang terjadi dimana saja dalam bentuk gambaran yang digeneralisasi. Dengan model raster, data geografi ditandai oleh nilai-nilai elemen matriks dari suatu objek yang membentuk titik, garis, maupun bidang.

2. Data Atribut

Data atribut adalah data yang mendeskripsikan data vektor atau raster dimana karakteristik atau fenomena yang dikandung pada suatu objek data dalam peta tidak mempunyai hubungan dengan posisi geografi. Data atribut dapat berupa informasi numerik, foto, narasi, dan lain sebagainya, yang diperoleh dari data statistik, pengukuran lapangan dan sensus, dan lain-lain. Atribut dapat dideskripsikan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada pendeskripsian secara kualitatif, kita mendeskripsikan tipe, klasifikasi, label suatu objek agar dapat dikenal dan dibedakan dengan objek lain, misalnya; sekolah, rumah sakit, hotel, dan lainnya. Bila dilakukan secara kuantitatif, data objek dapat diukur atau dinilai berdasarkan skala ordinat atau tingkatan, interval atau selang, dan rasio atau perbandingan dari suatu titik tertentu. Contohnya, populasi atau jumlah siswa disuatu sekolah 500-600 siswa, berprestasi, jurusan, dan sebagainya yang berhubungan tentang informasi yang ada dalam peta tersebut (Ekadinata, et al., 2008).

II.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan metode yang banyak digunakan dalam berbagai bidang untuk pengambilan keputusan. Metode ini dikembangkan oleh Thomas L. Saaty (1980). Teknik AHP adalah teknik prioritas peringkat yang membantu memecahkan masalah kompleks menjadi bagian-bagian berdasarkan penyusunan hirarki secara subjektif. Proses umum AHP adalah menentukan masalah yang tidak terstruktur, memecahkan masalah tersebut menjadi struktur hirarki yang rinci sebagai unsur alternatif, kemudian melakukan perbandingan berpasangan berdasarkan perbandingan matriks, perkiraan bobot relatif terhadap setiap elemen keputusan, memeriksa konsistensi perbandingan matriks, dan akhirnya mengintegrasikan bobot relatif elemen keputusan untuk mendapatkan rating secara khusus. Kekuatan AHP terletak pada kemampuannya untuk melakukan perbandingan berpasangan antara setiap pasangan kriteria umum dan rinci dan menghitung bobot yang digunakan untuk menentukan nilai akhir untuk semua alternatif potensial. Proses AHP menyediakan cara yang lebih sistematis untuk mengatasi multi kriteria yang kompleks dan bergantung pada subjektivitas pengambilan keputusan dari pengguna ahli (Arif, 2015).

Pada metode ini permasalahan yang ada diuraikan dalam bentuk hirarki, hirarki yang dibuat terdiri atas beberapa tingkatan dimulai dengan tujuan, kriteria, dan alternatif. Langkah-langkah dalam melakukan perhitungan pada metode AHP, diantaranya (Febryanti, et al., 2016):

- a. Mengidentifikasi permasalahan dan menentukan solusi yang ingin dibuat.
- b. Membuat struktur hirarki, dalam struktur hirarki ini akan disusun dari level teratas sampai terbawah. Level teratas hirarki merupakan tujuan, lalu kriteria pengambilan keputusan, sub-kriteria, dan terakhir alternatif solusi.
- c. Membuat matriks perbandingan berpasangan, kriteria yang telah didefinisikan akan diberi bobot dan dibandingkan berpasangan dalam bentuk matriks. Pada matriks ini akan ditentukan prioritas solusi.
- d. Mendefinisikan perbandingan berpasangan.
- e. Menghitung nilai eigen dari matriks perbandingan berpasangan, perhitungan nilai eigen ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:
 1. Mengkuadratkan matriks hasil perbandingan, lalu hitung jumlah nilai dari setiap baris dan lakukan normalisasi matriks.
 2. Menjumlahkan nilai dari setiap kolom pada matriks perbandingan berpasangan, lalu bagi setiap nilai pada kolom dengan jumlah kolom terkait untuk mendapatkan normalisasi matrik. Setelah itu jumlahkan nilai dari setiap baris dan bagi dengan jumlah elemen untuk mendapatkan nilai rata-rata.
- f. Menghitung nilai vector eigen dari masing-masing matriks perbandingan berpasangan, nilai eigen yang dihasilkan merupakan bobot dari setiap elemen yang akan digunakan untuk menentukan prioritas elemen pada struktur hirarki teratas.
- g. Memeriksa konsistensi hirarki, pada Langkah ini rasio konsistensi dihitung dengan indeks konsistensi. Konsistensi rasio dikatakan benar jika hasilnya

kurang dari sama dengan 10%, dan dikatakan salah jika hasilnya lebih dari 10%, jika hal ini terjadi maka penilaian data perlu diperbaiki dan ditinjau ulang.

Untuk menghitung *Consistency Indeks* (CI) dapat menggunakan rumus:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1} \quad (2.3)$$

Dengan n = banyaknya elemen

Untuk menghitung *Consistency Ratio* (CR) dapat menggunakan rumus :

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (2.4)$$

Dengan IR = *random consistency index* yang dapat dilihat pada tabel 2.1,

Tabel 2. 1 Ramdom Consistency Index (IR) (Febryanti, et al., 2016).

Ukuran Matriks	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nilai IR	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

II.6 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan suatu cara pandang dan pendekatan dalam menyatakan sesuatu yang tidak benar benar pasti atau eksak. Pernyataan seperti ini dilandasi oleh keadaan dimana di alam ini segala sesuatu dinyatakan secara tidak eksak, yang sesuai dengan derajat atau tingkat kepastian. Sehingga dalam perkembangan cara pandang seperti ini dikenal dengan teori *fuzzy set*. Logika *fuzzy* diawali dengan pengetahuan tentang himpunan *fuzzy*, yaitu merupakan himpunan yang setiap elemen-elemennya memiliki derajat keanggotaan tertentu. Pada himpunan tegas

(*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , memiliki dua kemungkinan yaitu (Kusumadewi, et al., 2010):

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

II.6.1 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*

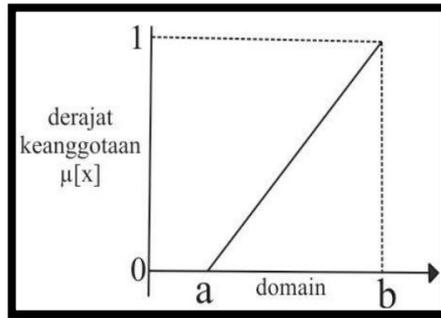
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data kedalam nilai keanggotaannya (sering disebut juga derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan yaitu (Kusumadewi, et al., 2010):

1. Representasi linear

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

a. Representasi linear naik

Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



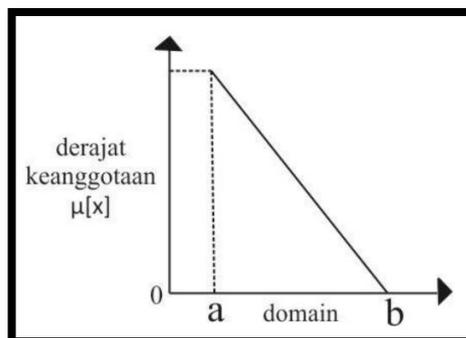
Gambar 2. 6 Representasi linear naik (Kusumadewi, et al., 2010).

Fungsi keanggotaan:

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

b. Representasi linear turun

Representasi linear turun merupakan kebalikan dari linear naik. Garis lurus dimulai dari nilai dominan dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



Gambar 2. 7 Representasi linear turun (Kusumadewi, et al., 2010).

Fungsi keanggotaan:

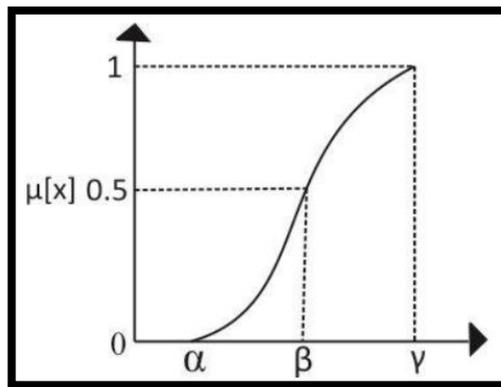
$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.6)$$

2. Representasi kurva-S

Kurva-S memiliki nilai kenaikan atau penurunan yang tak linear. Ada dua representasi kurva-S, yaitu kurva pertumbuhan dan penyusutan. Kurva-S didefinisikan menggunakan tiga parameter, yaitu; nilai keanggotaan nol (α), nilai keanggotaan lengkap (γ), dan titik infleksi atau *crossover* (β) yaitu titik yang memiliki domain 50% benar.

a. Representasi kurva-S pertumbuhan

Kurva-S pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri dengan nilai keanggotaan nol (0) kesisi paling kanan dengan nilai keanggotaan satu (1). Fungsi keanggotaannya bertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi



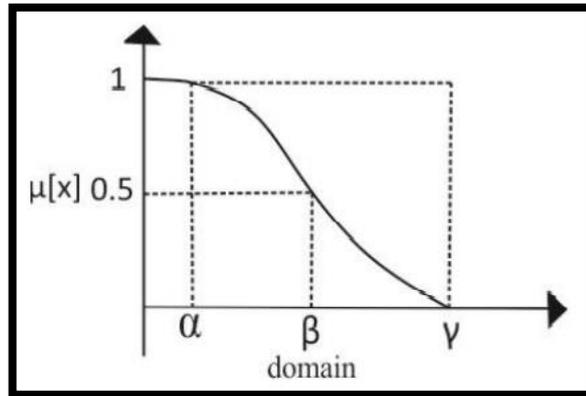
Gambar 2. 8 Representasi kurva-S pertumbuhan (Kusumadewi, et al., 2010).

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq \alpha \\ 2 \left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2 \left(\frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1; & x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.7)$$

b. Representasi kurva-S penyusutan

Kurva-S penyusutan merupakan kebalikan dari kurva-S pertumbuhan. Nilai keanggotaannya akan bergerak dari sisi kiri dengan nilai keanggotaan satu (1) ke sisi kanan dengan nilai keanggotaan nol (0).



Gambar 2. 9 Representasi kurva-S penyusutan (Kusumadewi, et al., 2010).

Fungsi keanggotaan:

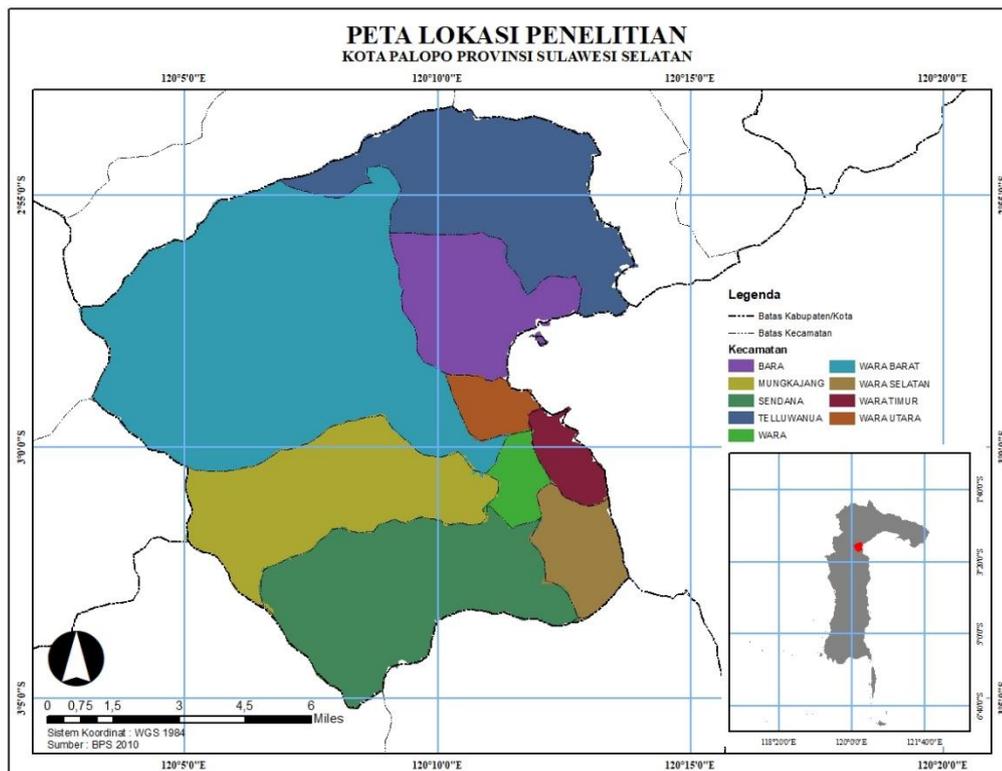
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq \gamma \\ 1; & x \leq \alpha \\ 1 - 2 \left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \alpha \leq x \leq \beta \\ 2 \left(\frac{\gamma-x}{\gamma-\alpha} \right)^2 & \beta \leq x \leq \gamma \end{cases} \quad (2.8)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Palopo. Secara geografis, Kota Palopo letaknya memisahkan wilayah administrasi Kabupaten Luwu menjadi dua wilayah, di sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Walenrang dan di sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Bua. Sedangkan di bagian Barat berbatasan dengan Kecamatan Tondon Nanggala Kabupaten Toraja Utara dan di sebelah Timur dengan Teluk Bone. Letak astronomisnya antara $20^{\circ}53'15''$ dan $30^{\circ}04'08''$ Lintang Selatan dan antara $120^{\circ}03'10''$ dan $120^{\circ}14'34''$ Bujur Timur. Luas wilayah Kota Palopo sebesar 0,39 persen dari total luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Penelitian.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

Dalam penelitian ini, menggunakan perangkat lunak untuk pengolahan data diantaranya yaitu:

1. ESRI ArcGIS 10.3 License FMIPA UNHAS
2. Microsoft Excel
3. Global Mapper

III.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3. 1 Bahan dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian.

No.	Faktor/Parameter	Sumber
1	Data DEMNAS	Badan Informasi Geospasial
2	Data Curah Hujan	Stasiun hujan BMKG Wilayah IV Makassar, daerah Kota Palopo
3	Penggunaan Lahan, Sungai, Jalan Dan Batas Administrasi	Bappeda Kota Palopo
4	Geologi Regional, Geologi Struktur, dan Tekstur Tanah	Bappeda Kota Palopo
5	Peta Kerentanan Tanah Lonsor	Web Inarisk BNPB Indonesia

III.3 Prosedur Penelitian

III.3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini merupakan tahap awal dalam melaksanakan penelitian, berupa pengumpulan literatur yang berhubungan dengan penelitian, menentukan alat yang akan digunakan dalam penelitian serta pemilihan bahan yang akan dipakai dalam penelitian.

III.3.2 Pembuatan Data Spasial Kerawan Tanah Longsor

1. Pengolahan data spasial curah hujan

Data curah hujan digunakan adalah data curah hujan tahunan dari stasiun BMKG. Data curah hujan tersebut masih berbentuk tabel curah hujan setiap bulan dalam setahun sehingga dilakukan rata-rata bulanan untuk mendapatkan curah hujan bulanan dalam periode 10 tahun. Curah hujan bulanan yang masih dalam bentuk *point* tiap stasiun, diinterpolasi menggunakan metode *inverse distance wighted* (IDW) yang tersedia pada modul *interpolation* dengan batas administrasi, data ini sudah berbentuk raster dengan resolusi 5 m jadi sudah tidak perlu dilakukan rasterisasi. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian.

2. Pengolahan data spasial ketinggian dan kemiringan lereng

Untuk ketinggian dan kemiringan lereng, data yang digunakan diambil dari aplikasi global mapper. Analisis data DEM menggunakan modul *slope* untuk mendapatkan derajat kemiringan lereng. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian.

3. Pengolahan data spasial tekstur tanah dan formasi litologi

Data yang berasal dari Bappeda Kota Palopo adalah jenis tanah dan formasi litologi Kota Palopo Provinsi Sulawesi Selatan dalam bentuk vektor. Data tersebut dilakukan perangkingan pada setiap atribut sesuai dengan tingkat kerawanan terhadap longsor dari nilai numerik. Perangkingan litologi dilakukan pengisian kuisioner dan untuk perangkingan tekstur tanah dengan melihat dari segi tiga tektur. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian. Data diubah dalam bentuk format raster sehingga dilakukan rasterisasi menggunakan modul *feature to raster*, dengan resolusi 5 m dan nilai *spektral* berdasarkan rangking atribut.

4. Pengolahan data spasial penggunaan lahan

Data penggunaan lahan yang bersumber dari Bappeda Kota Palopo dalam format vektor yang dipisahkan dari penggunaan lahan. Tahap selanjutnya adalah proses perhitungan jarak minimum suatu sel ke objek menggunakan modul *euclidean distance*. Semakin jauh sel terhadap objek, semakin besar nilai selnya. Begitupun sebaliknya, semakin dekat sel terhadap objek maka semakin kecil pula nilai selnya. Kemudian dilakukan perangkingan pada setiap atribut sesuai tingkat kerawanan tanah longsor dari nilai numerik. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian. Data yang masih dalam bentuk *polygon* dirasterisasi menggunakan modul *feature to raster* dengan resolusi 5 m.

5. Pengolahan data spasial jarak dari sungai, jarak dari jalan, dan kelurusan

Data sungai, jalan dan kelurusan bersumber dari Bappeda Kota Palopo dalam bentuk format vektor. Data tersebut kemudian dilakukan proses perhitungan jarak

minimum suatu sel ke objek menggunakan modul *euclidean distance*. Semakin jauh suatu sel terhadap objek, semakin besar nilai selnya. Begitupun sebaliknya, semakin dekat sel terhadap objek maka semakin kecil pula nilai selnya. Kemudian dilakukan perangkingan pada setiap atribut sesuai dengan tingkat kerawanan tanah longsor dari nilai numerik. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian. Lalu data yang masih dalam bentuk *polygon* dirasterisasi menggunakan modul *feature to raster* dengan resolusi 5 m.

6. Pembuatan data spasial aspek lereng

Data spasial aspek lereng dibuat dari data SRTM menggunakan spasial *surface – aspect*. Data yang tersedia telah dalam bentuk format raster dengan resolusi 5 m sehingga tidak perlu dilakukan rasterisasi. Data kemudian dipotong dengan modul *clip* berdasarkan batas daerah penelitian. Kemudian dilakukan perangkingan pada setiap atribut sesuai tingkat kerawanan terhadap tanah longsor dari nilai numerik dengan fitur *reclassify*, dengan mengubah urutan nilainya.

III.3.3 Pembobotan Parameter Menggunakan Metode AHP

Untuk memperoleh bobot dari tiap kriteria, metode AHP menggunakan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dengan skala yang diperhitungkan. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan ulang menggunakan kuisisioner dan data AHP dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Salam Solle Muchtar (2013) mengenai longsor di daerah aliran sungai Jeneberang.

III.3.4 Fuzzifikasi Parameter

Fuzzifikasi merupakan proses pertama dalam pemrosesan data *fuzzy*, yaitu mengubah variabel non *fuzzy* menjadi variabel *fuzzy* dengan melakukan standarisasi (interval 0-1) terhadap kriteria suatu daerah rawan tanah longsor sesuai dengan fungsi keanggotaan *fuzzy* yang telah ditetapkan. Namun ada tiga parameter yang hanya dilakukan perangkikan yaitu litologi, tekstur tanah dan penggunaan lahan menggunakan skor AHP hal ini dilakukan karena datanya tidak kontinyu seperti parameter lainnya. Fuzzifikasi yang digunakan *distance operators* terhadap parameter yang ada untuk mendapatkan indeks *fuzzy* setiap parameter yaitu:

1. Elevasi: pada ketinggian >1000 m akan rawan tanah longsor, karena semakin tinggi suatu lokasi maka akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi linear naik.
2. Kemiringan lereng: kemiringan $>15^\circ$ akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi kurva-S pertumbuhan.
3. Aspek lereng: arah datangnya aspek penyebab rawan tanah longsor seperti, paparan matahari, keringnya material pembentuk lereng oleh angin atau tingkat kelembaban serta kejenuhan air. Sehingga memiliki bentuk representasi kurva beta.
4. Geologi: formasi geologi dibagi kedalam 9 kelas sesuai dengan data daerah penelitian dengan perangkikan dari yang paling rawan terhadap tanah longsor ke tidak rawan longsor yaitu; aluvial, lempung, lanau, pasir, kerikil, batu gamping; aluvial danau: lempung, lanau, pasir, kerikil; alluvial lempung: lempung, lanau, pasir, kerikil, kerakal; serpih; batuan gunung api,

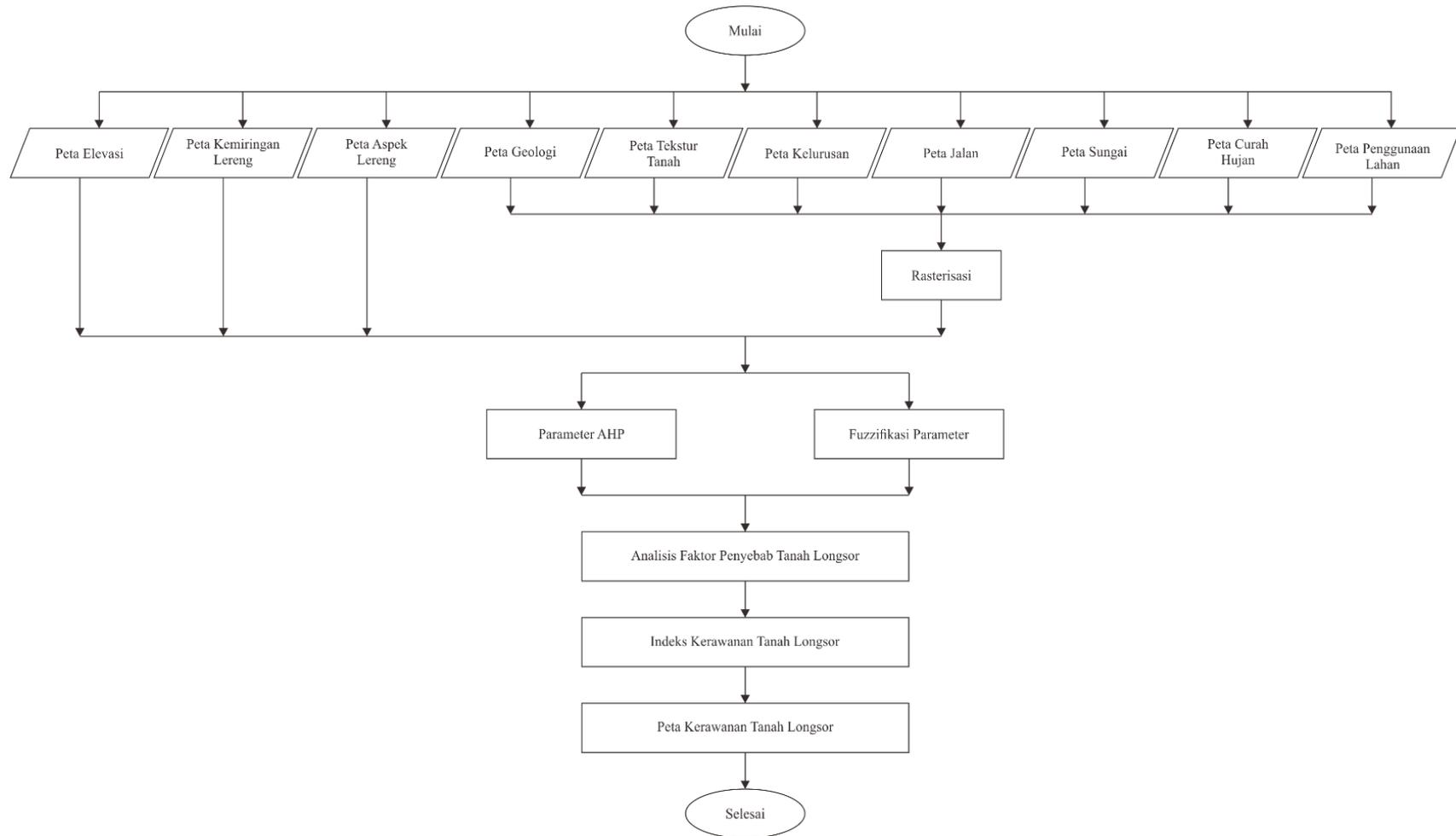
breksi gunung api, tuf pasir; intrusi granit; batuan lava intermediate; basal, andesit, breksi, vulkanik, lanau; batuan malihan: serpih, kuarsit. Sehingga memiliki bentuk representasi kurva linear naik.

5. Tekstur tanah: semakin banyak pasir yang menjadi komposisi tekstur suatu tanah maka akan semakin rawan terhadap tanah longsor, dikarenakan tanah tersebut tidak kompak dan ketika terjadi hujan proses infiltrasi akan semakin besar. Adapun tekstur tanah dilokasi penelitian yaitu, oxic distropepts, typic sulfaquepts, typic tropacuepts. Sehingga memiliki bentuk representasi kurva beta.
6. Kelurusan: semakin tinggi kerapatan kelurusan, tingkat pelapukan batuan induk semakin intensif dan mengurangi kuat geser (*shear strenght*) dari materian penyusun lereng akibat diskontinuitas dan sekaligus infiltrasi air yang tinggi. Dimana jarak kelurusan 0-100 m akan menyebabkan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi linear turun.
7. Jarak dari jalan: semakin dekat jarak lereng dari jalan maka akan semakin rawan terhadap tanah longsong dikarenakan pengaruh getaran yang timbul dari aktivitas kendaraan yang melewati jalan. Dimana jarak lereng dari jalan 0 - >60 m akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi linear turun.
8. Jarak dari sungai: semakin dekat jarak lereng ke sungai maka akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Dimana jarak lereng dari sungai 0 - >60 m

akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi liner turun.

9. Curah hujan: semakin tinggi intensitas hujan, maka akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Dimana curah hujan >400 mm maka akan semakin rawan terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi kurva-S pertumbuhan.
10. Penggunaan lahan: pada wilayah utamanya lereng yang memiliki banyak vegetasi akan semakin rawan terhadap tanah longsor karena akan menambah massa pada permukaan lereng. Akan dilakukan perangkingan terhadap yang paling menunjang hingga tidak menunjang terhadap tanah longsor. Sehingga memiliki bentuk representasi linear naik.

III.4 Bagan Alir



Gambar 3. 2 Bagan Alir.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil

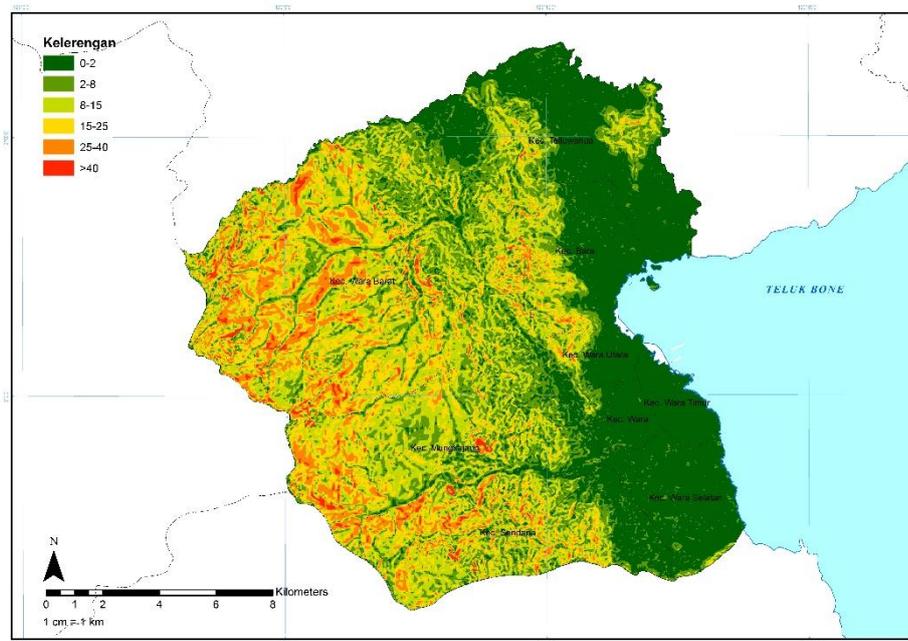
Setelah mendapatkan hasil dari pemetaan dari tiap-tiap parameter yang menunjang terjadinya tanah longsor, maka dilakukan proses penggabungan dengan tahap sebagai berikut:

IV.1.1 Parameter Kerawanan Tanah Longsor dengan *Fuzzy Logic*

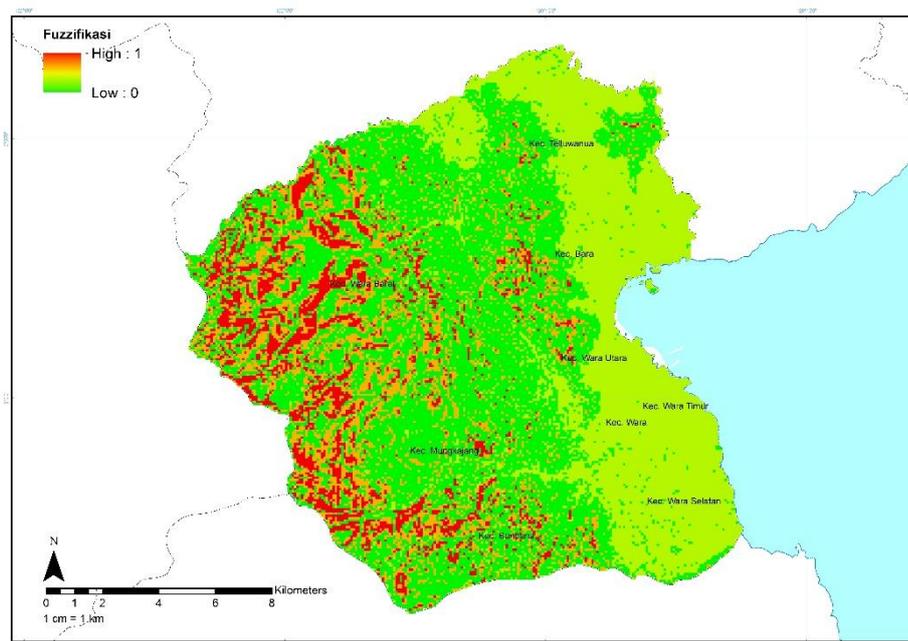
1. Kemiringan Lereng ($^{\circ}$)

Kemiringan Lereng merupakan perbandingan persentase antara jarak vertical (tinggi lahan) dengan jarak horizontal (Panjang lahan). Semakin curam kemiringan (sudut kemiringan) suatu lereng, maka akan semakin besar gaya penggerak massa tanah atau batuan penyusun lereng.

Kemiringan lereng di Kota Palopo setelah dilakukan pengklasifikasian lereng bervariasi antara 0° sampai $>40^{\circ}$ seperti terlihat pada gambar 4.1. Normalisasi dilakukan dengan fuzzifikasi sesuai dengan bentuk grafik dari fungsi keanggotaannya, dimana batas interval antara 0 hingga 1 untuk setiap piksel yang terdistribusi seragam seperti terlihat pada gambar 4.2. Hasil fuzzifikasi yang mendekati nilai 1 merupakan wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi sedangkan wilayah yang nilainya mendekati 0 termasuk wilayah dengan tingkat kerawanan rendah.



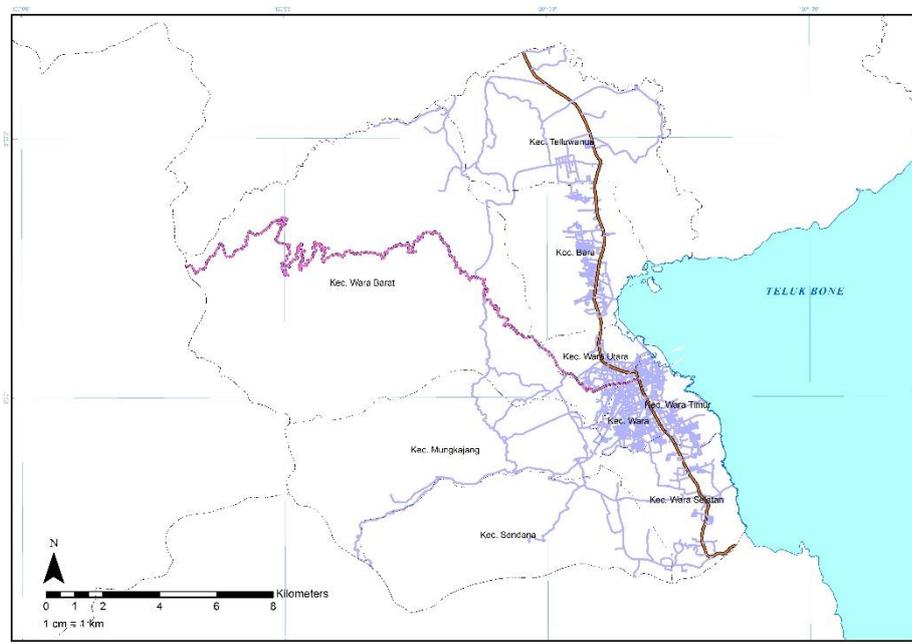
Gambar 4. 1 Peta kemiringan lereng Kota Palopo.



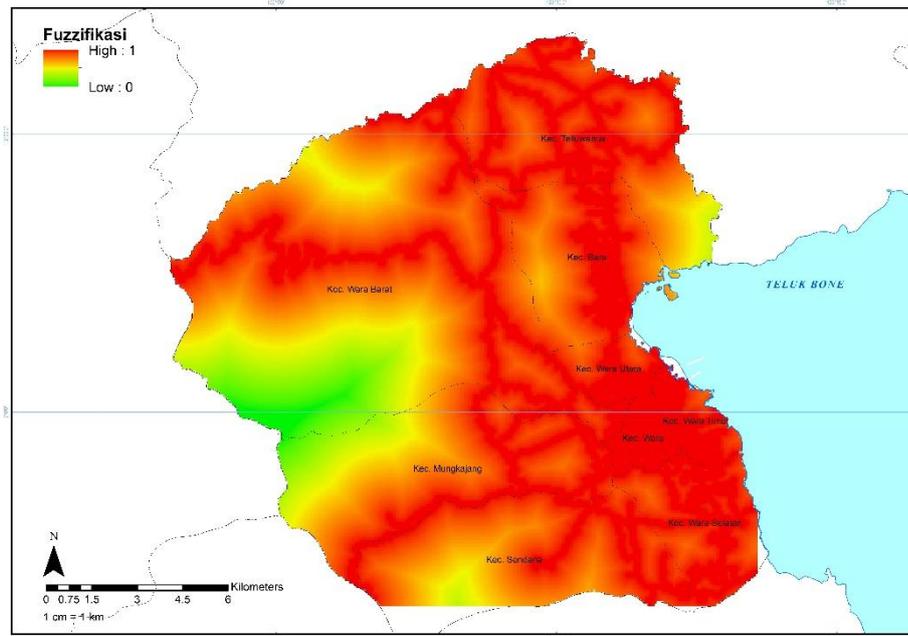
Gambar 4. 2 Peta kemiringan lereng Kota Palopo hasil fuzzifikasi.

2. Jalan (m)

Tanah longsor dapat saja terjadi pada lereng tepi jalan, hal tersebut dapat terjadi karena pengaruh getaran dari kendaraan yang melintas dan dapat juga terjadi oleh adanya pemotongan lereng untuk pembangunan/pelebaran jalan. Peta jalan di Kota Palopo dapat dilihat pada gambar 4.3 dan hasil fuzzifikasi disajikan pada gambar 4.4 dengan kerawanan tinggi bernilai 1 dan kerawanan rendah bernilai 0.



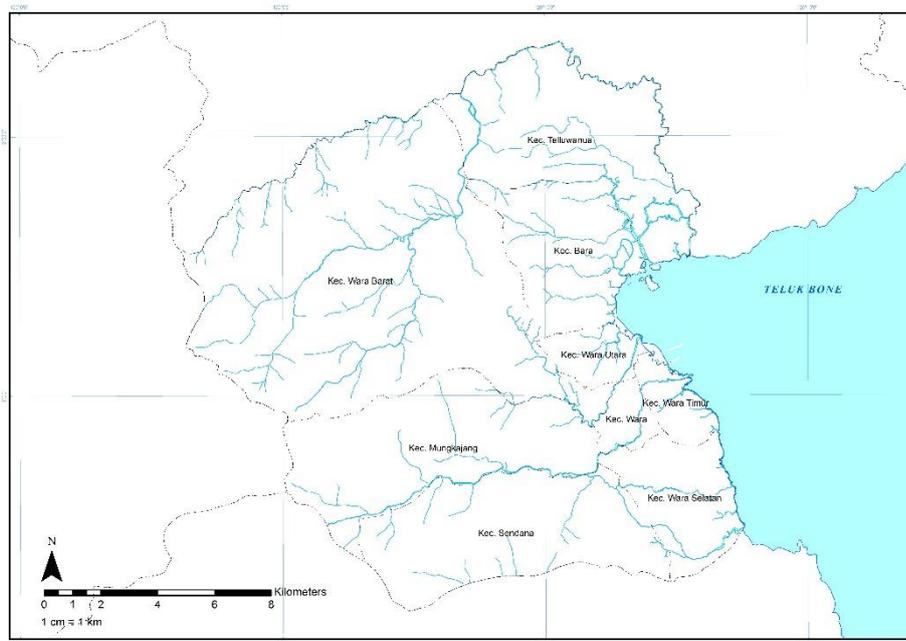
Gambar 4. 3 Peta Jalan Kota Palopo.



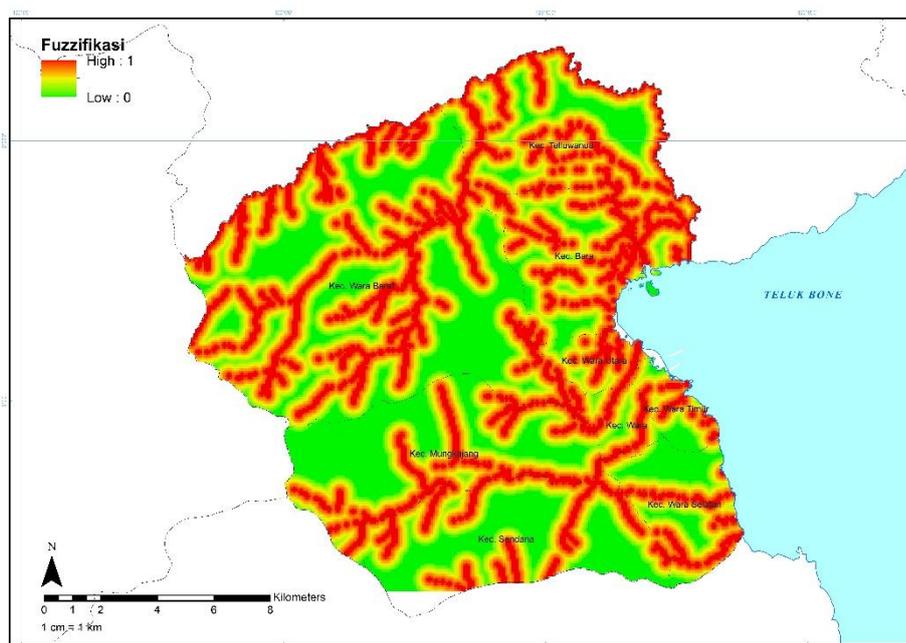
Gambar 4. 4 Peta jalan Kota Palopo hasil fuzzifikasi.

3. Sungai (m)

Sama halnya dengan jalan, sungai rawan terhadap tanah longsor yang disebabkan oleh pengikisan lereng karena arus sungai sehingga lereng tersebut bergerak kebawah. Kondisi ini mudah terjadi jika batuan penyusun lereng merupakan batuan piroklastik atau tanah hasil rombakan. Peta sungai Kota Palopo dapat dilihat pada gambar 4.5 dan hasil fuzzifikasi disajikan pada gambar 4.6 dengan kerawanan tinggi bernilai 1 dan kerawanan rendah bernilai 0.



Gambar 4. 5 Peta Sungai Kota Palopo.

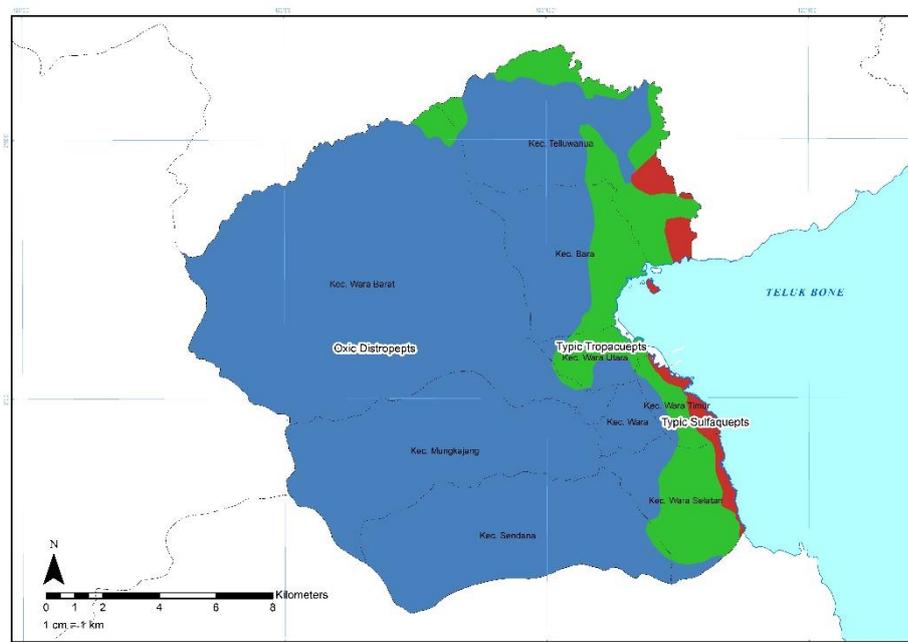


Gambar 4. 6 Peta sungai Kota Palopo hasil fuzzifikasi.

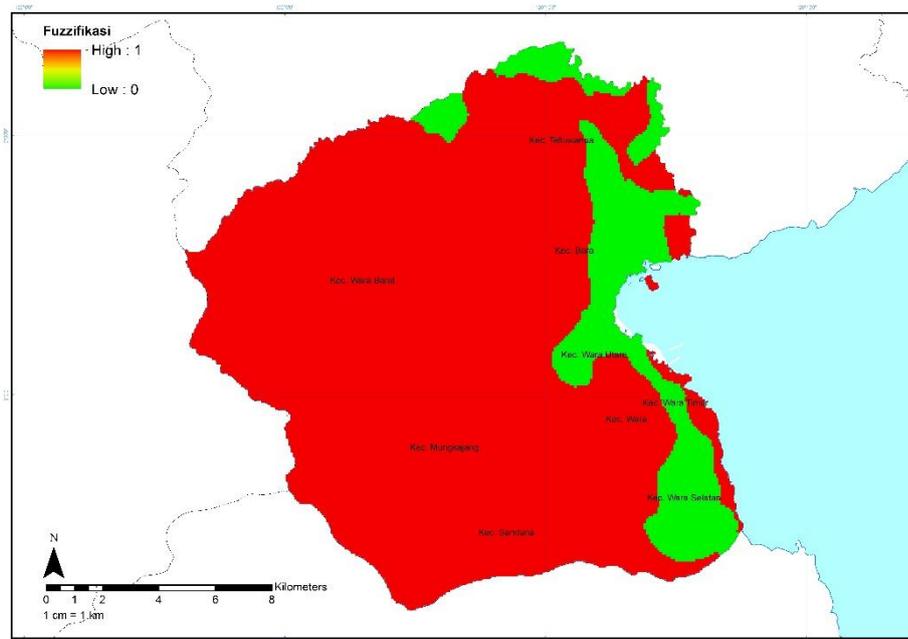
4. Tekstur Tanah

Kemampuan penyusun tanah mempengaruhi proses infiltrasi, penetrasi, dan kemampuan pengikatan air kedalam tanah sangat besar ditentukan oleh tekstur tanah. Untuk wilayah Kota Palopo tersusun oleh Oxic Distropepts, Typic Tropacuepts, dan Typic Sulfaquepts.

Peta tekstur tanah dapat dilihat pada gambar 4.7 dan hasil perankingan menggunakan metode AHP mendapatkan tekstur tanah yang rawan terhadap tanah longsor. Setelah didapatkan ranking dari parameter, kemudian dilakukan normalisasi dengan melakukan fuzzifikasi sesuai dengan bentuk grafik dari fungsi keanggotaannya, yang batas intervalnya antara 0 sampai 1 untuk setiap piksel yang terdistribusi seragam seperti ditunjukkan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Peta Tekstur Tanah Kota Palopo.



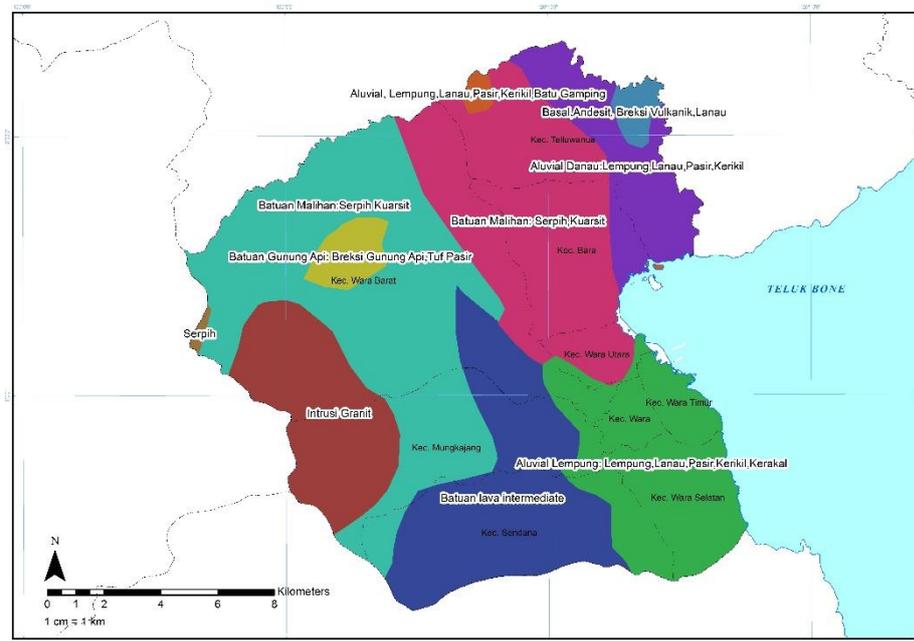
Gambar 4. 8 Peta Tekstur Tanah Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

5. Litologi

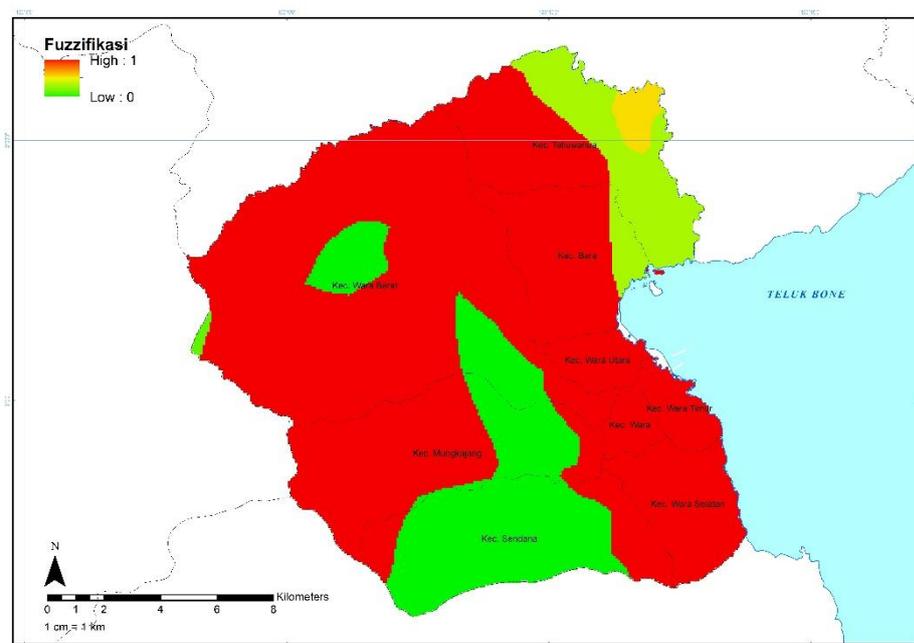
Kondisi Litologi suatu daerah merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh terhadap tanah longsor karena adanya perbedaan kondisi formasi batuan yang menyebabkan perbedaan kekuatan antara lereng dan permeabilitas batuan dan tanah. Data geologi di Kota Palopo terdiri dari: Batuan Malihan: Serpih, Kuarsit; Aluvial, Lempung, Lanau, Pasir, Kerikil, Batu Gamping; Intrusi Granit; Aluvial Lempung: Lempung, Lanau, Pasir, Kerikil, Kerakal; Basal, Andesit, Breksi Vulkanik, Lanau; Aluvial Danau: Lempung, Lanau, Pasir, Kerikil; Serpih; Batuan lava intermediate; Batuan Gunung Api: Breksi Gunung Api, Tuf Pasir.

Peta litologi dapat dilihat pada gambar 4.9 dan setelah didapatkan ranking dari parameter, kemudian dilakukan normalisasi dengan melakukan fuzzifikasi sesuai dengan bentuk grafik dari fungsi keanggotaannya, yang

batas intervalnya antara 0 sampai 1 untuk setiap piksel yang terdistribusi seragam seperti ditunjukkan pada gambar 4.10.



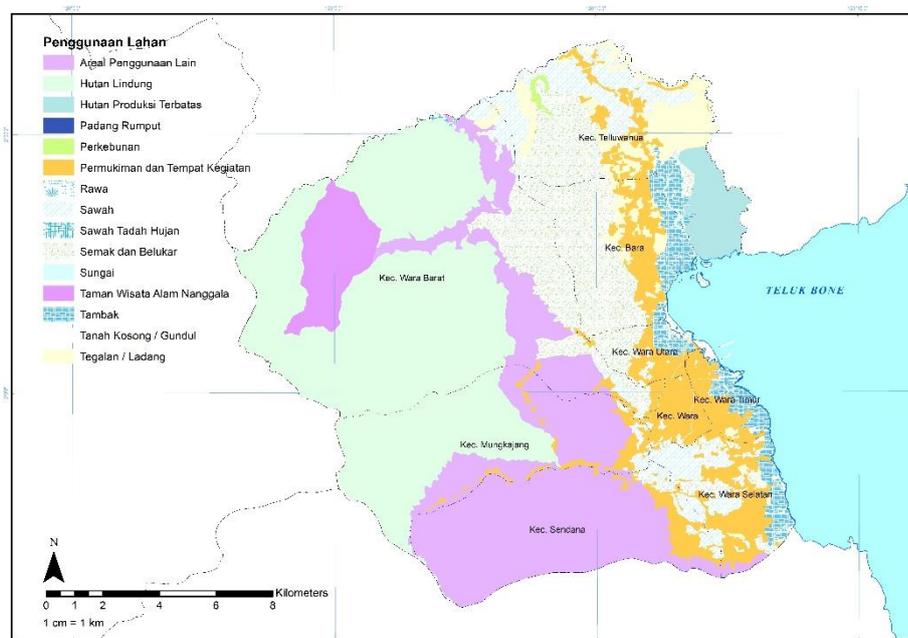
Gambar 4. 9 Peta Geologi Kota Palopo.



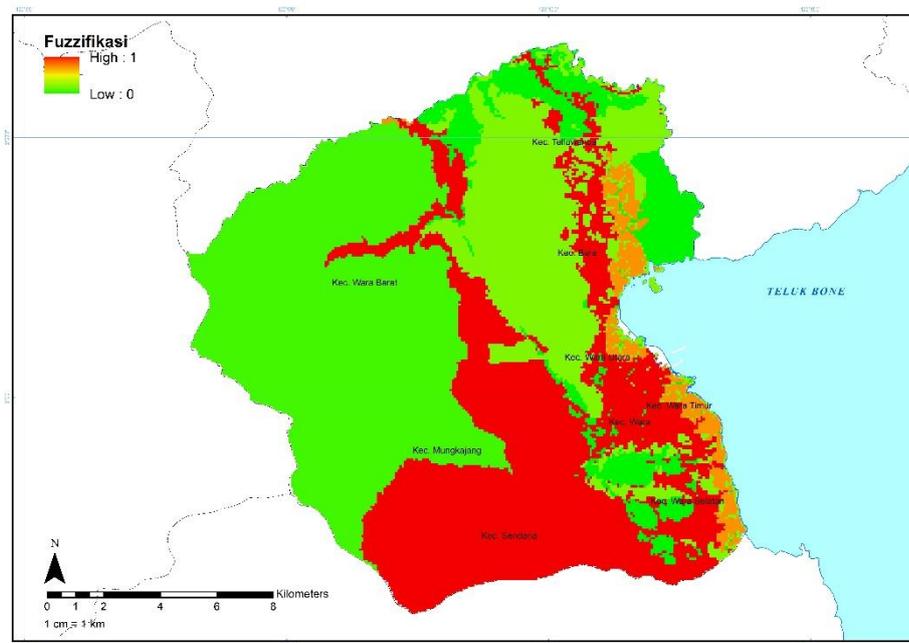
Gambar 4. 10 Peta Geologi Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

6. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan mempunyai peranan yang cukup penting dalam identifikasi daerah rawan longsor, hal tersebut dikarenakan bila daerah yang memiliki banyak vegetasi maka akar dari tumbuhan akan memperkuat daya tahan tanah dan bila daerah dengan banyak kandungan air maka kurang kuat mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi jenuh sehingga mudah terjadi tanah longsor. Penggunaan lahan di Kota Palopo sangat bervariasi dan setelah mendapatkan hasil perangkingan untuk menentukan kelas yang berpengaruh terhadap tanah longsor dapat dilihat pada gambar 4.11. Untuk menormalisasi penggunaan lahan maka dilakukan fuzzifikasi sesuai dengan fungsi keanggotaannya yang dimana bernilai 0 sampai 1 dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4. 11 Peta Penggunaan Lahan Kota Palopo.



Gambar 4. 12 Peta Penggunaan Lahan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

7. Curah Hujan (mm)

Curah hujan dengan intensitas tinggi, memungkinkan terjadinya tanah longsor dibandingkan dengan daerah dengan intensitas hujan yang rendah. Curah hujan dengan intensitas tinggi akan lebih besar memberikan sumbangan debit air didalam tanah sehingga material pembentuk lereng akan bertambah berat dan juga dapat mengubah sifat tanah dari solid menjadi liquid sehingga rawan terhadap longsor. Data curah hujan di Kota Palopo dapat dilihat pada tabel 4.1.

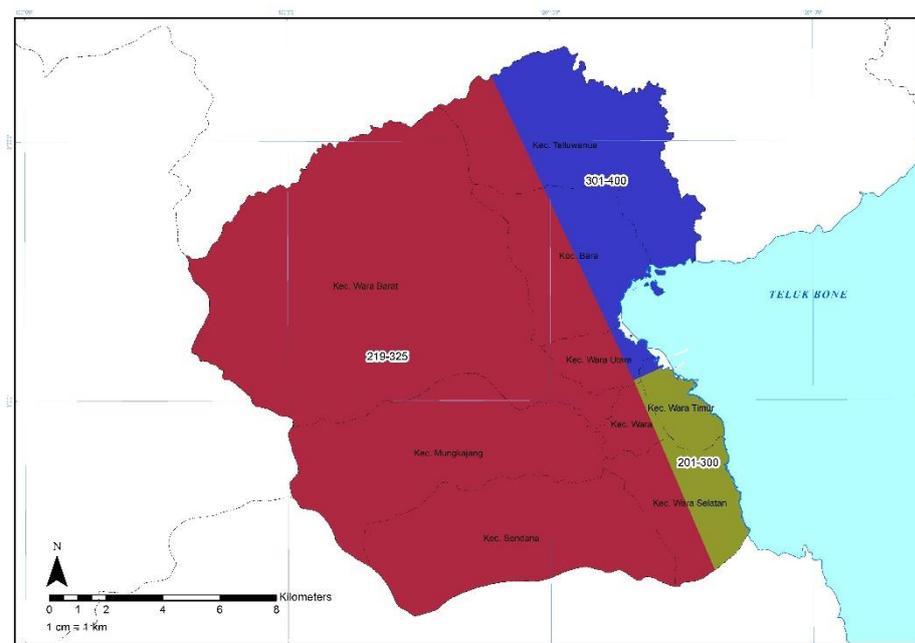
Dari tabel 4.1 dapat dilihat intensitas hujan di Kota Palopo berkisar antara 201 mm sampai 400 mm. Peta curah hujan Kota Palopo dapat dilihat pada gambar 4.13 dan normalisasi dengan melakukan fuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 4.14 dimana nilai yang mendekati satu merupakan daerah dengan tingkat kerawan tinggi dan daerah yang bernilai mendekati nol

merupakan daerah dengan tingkat kerawanan rendah.

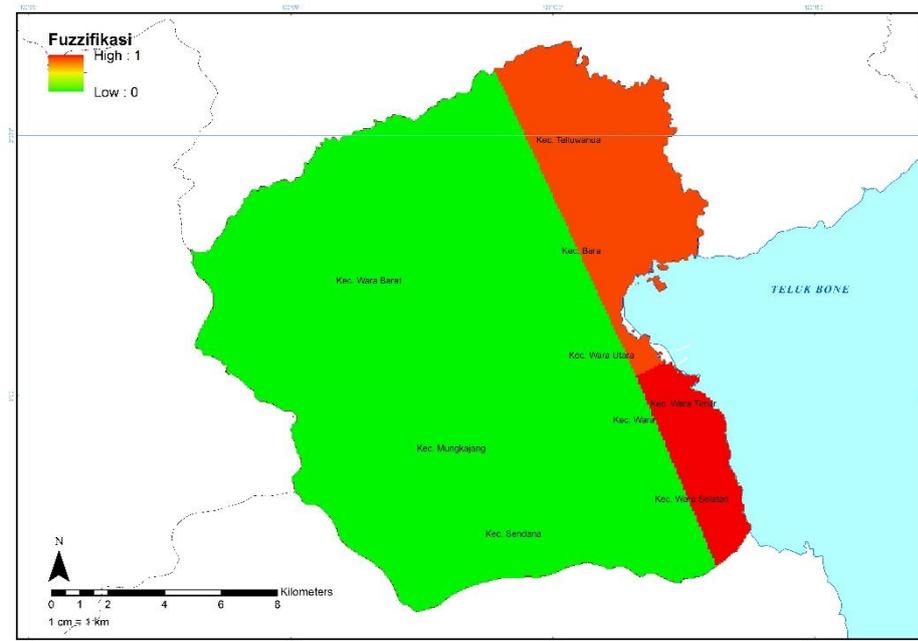
Tabel 4. 1 Curah Hujan Kota Palopo.

No.	Stasiun Hujan	Curah Hujan
1.	Diperta Palopo Wara	219-325
2.	BPP Walenrang	301-400
3.	BPP Ponrang	201-300

Sumber: Dinas Pekerjaan Umum Seksi Hidrologi Prov.SulSel



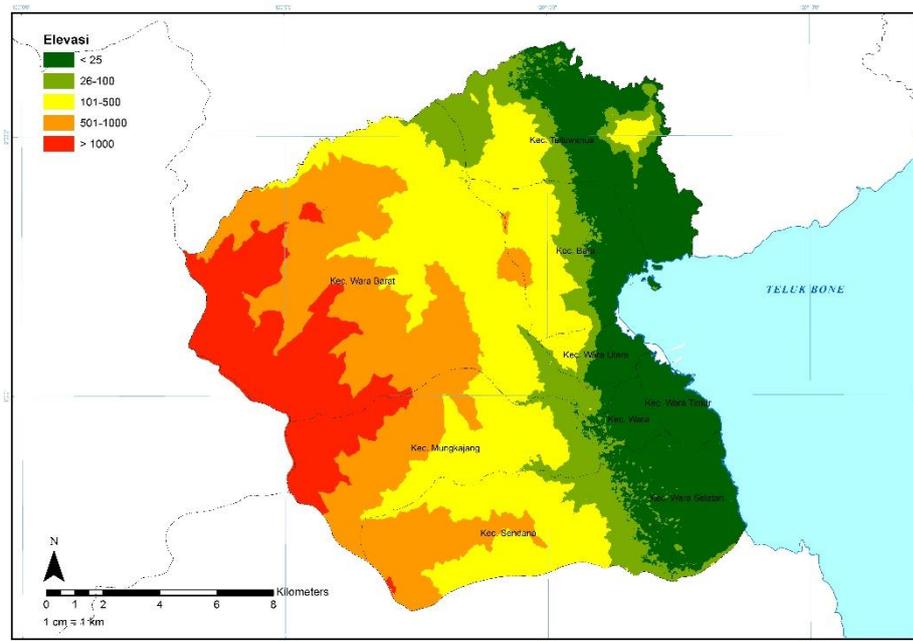
Gambar 4. 13 Peta Curah Hujan Kota Palopo.



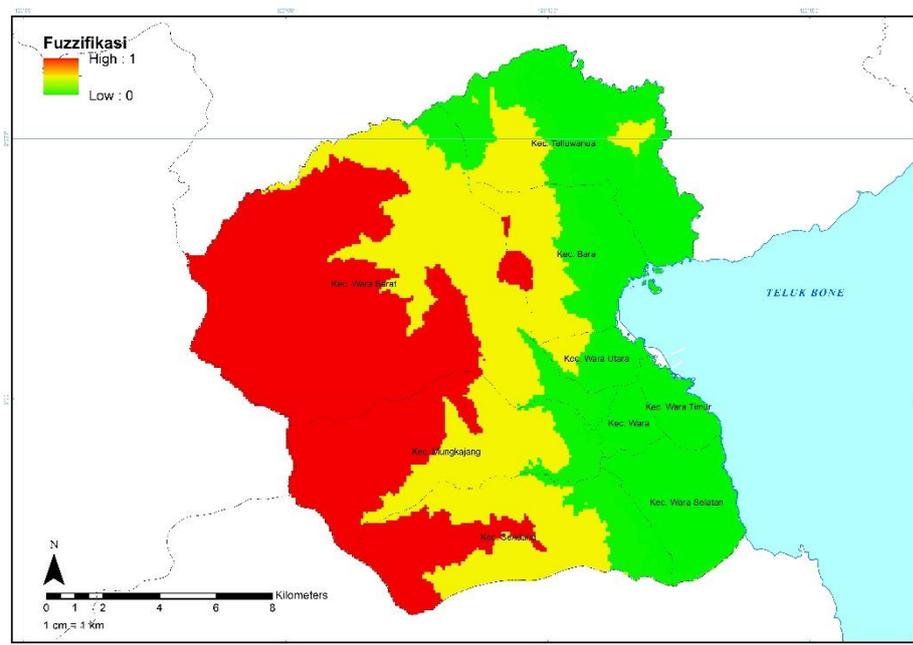
Gambar 4. 14 Peta Curah Hujan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

8. Elevasi (m)

Daerah dengan elevasi tinggi termasuk wilayah kerawanan tinggi karena debit air hujan akan lebih cepat menghantam wilayah yang tinggi dan bila struktur tanah pada wilayah tersebut tidak solid maka air akan mudah masuk dan menyebabkan tanah longsor. Elevasi di Kota Palopo berkisar antara 0 m sampai 1924 m dapat dilihat pada gambar 4.15 dengan relief datar pada bagian timur dan pengunungan dibagian barat. Sama halnya dengan kemiringan lereng, parameter elevasi dilakukan normalisasi sesuai dengan fungsi keanggotaannya kedalam batas nilai 0 sampai 1, daerah dengan elevasi rendah memiliki nilai mendekati 0 dan daerah dengan elevasi tinggi memiliki nilai mendekati satu dapat dilihat pada gambar 4.16.



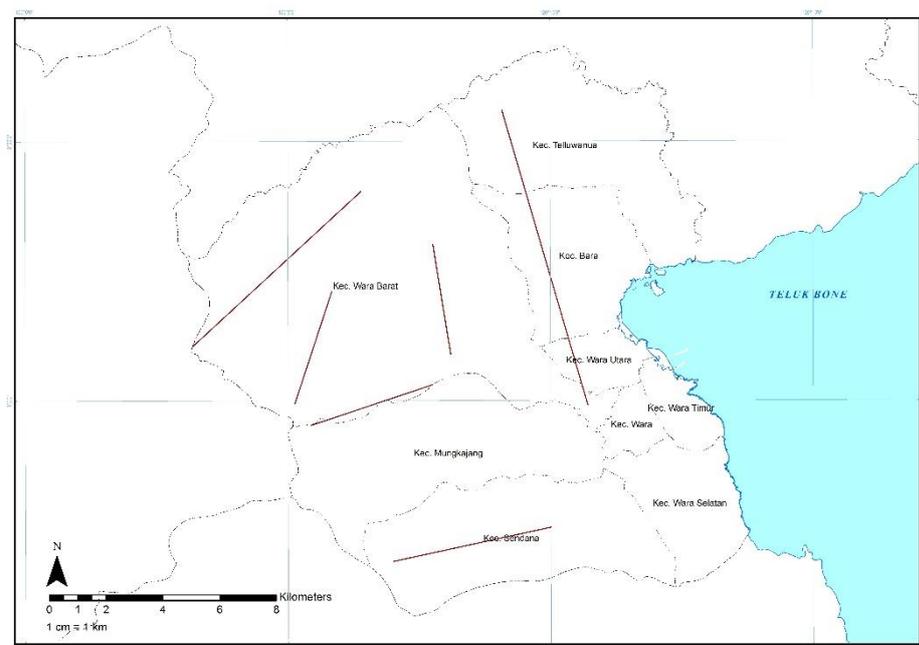
Gambar 4. 15 Peta Elevasi Kota Palopo.



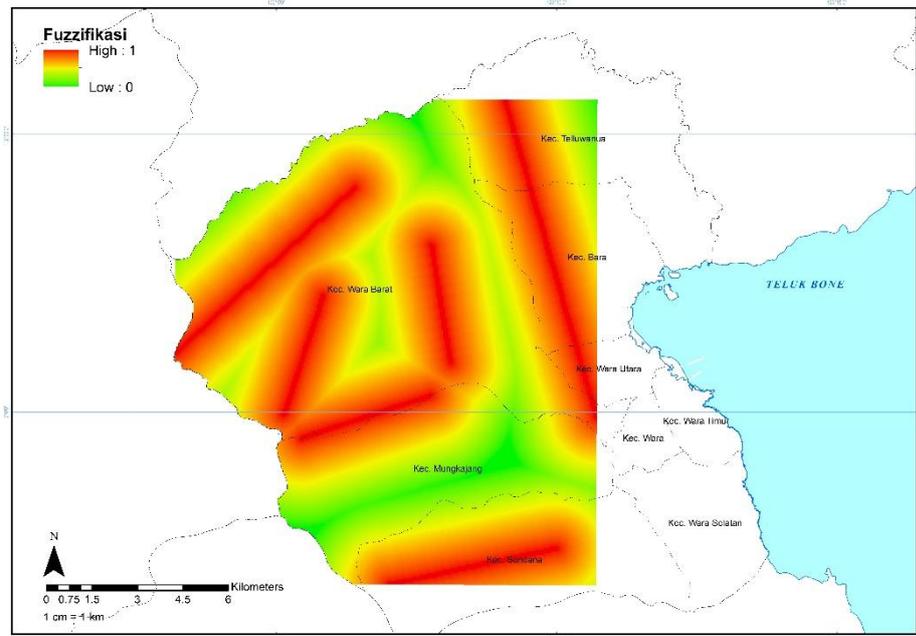
Gambar 4. 16 Peta Elevasi Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

9. Kelurusan

Kerapatan kelurusan yang tinggi menyebabkan tingkat pelapukan batuan induk semakin intensif dan mengurangi kuat geser (shear strength) dari material penyusun lereng akibat diskontinuitas dan sekaligus menyebabkan infiltrasi air yang tinggi. Infiltrasi air yang tinggi akan menyebabkan tingkat pelapukan semakin tinggi. Selain itu pula kelurusan menyebabkan volume air hujan yang masuk ke lereng akan relatif besar dan dapat terakumulasi pada batuan dasar yang impermeable, sehingga air pori mendesak partikel tanah atau batuan untuk bergerak. terdapat kelurusan di Kota Palopo dapat dilihat pada Gambar 4.17. Hasil fuzzifikasi disajikan pada Gambar 4.18 dengan kerawanan tinggi menuju 1 dan kerawanan sangat rendah menuju 0.



Gambar 4. 17 Peta Kelurusan Kota Palopo.

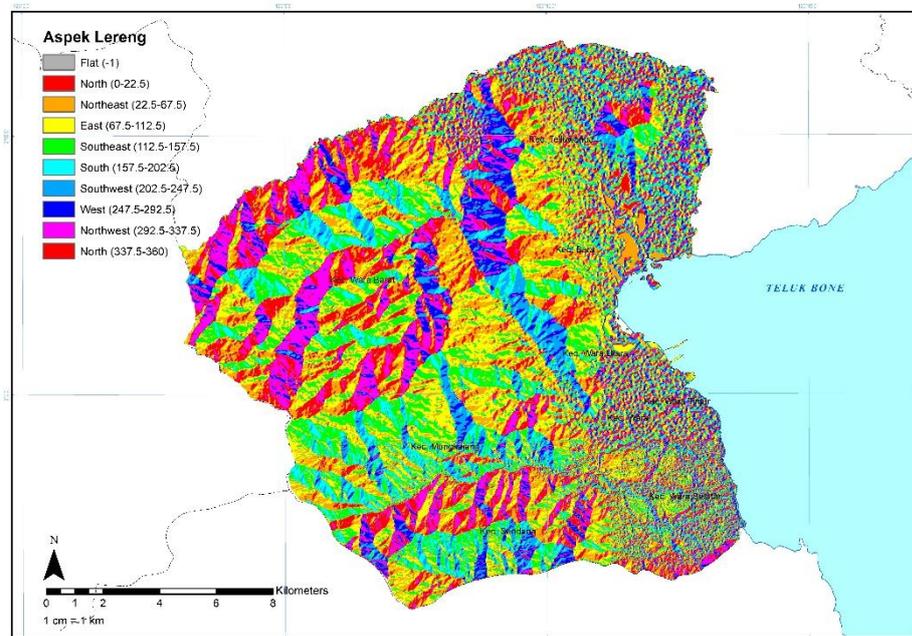


Gambar 4. 18 Peta Kelurusan Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

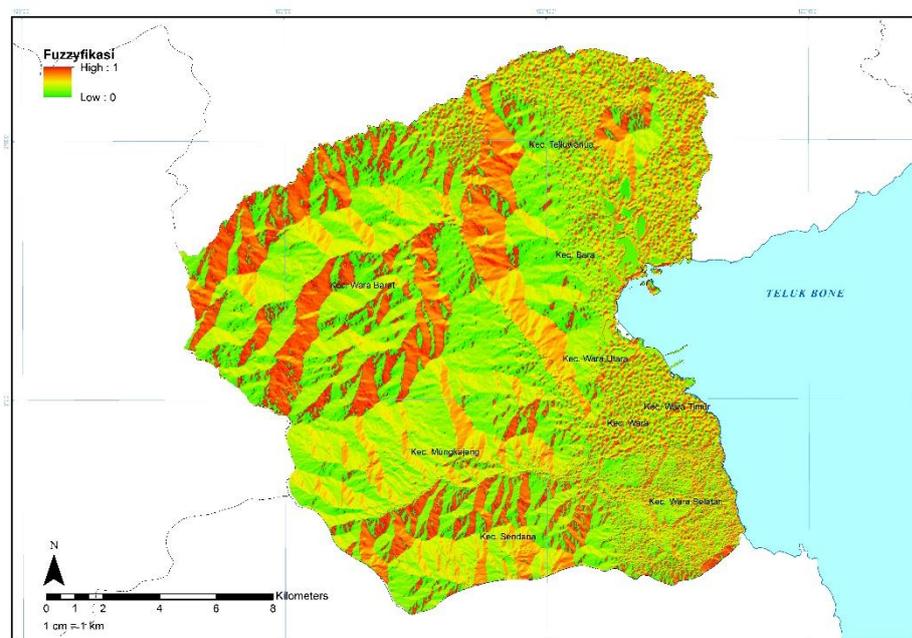
10. Aspek Lereng

Aspek lereng menentukan sering tidaknya permukaan lereng terpapar secara langsung sebagai akibat hujan yang dipengaruhi oleh arah angin dan juga paparan radiasi matahari ditentukan oleh aspek lereng dan selanjutnya akan menetapkan kelembaban pada tanah. Bila suatu lereng sering terpapar oleh sinar matahari, hujan dll maka akan mempengaruhi stabilitas pada lereng. Kota Palopo memiliki aspek lereng yang terdiri dari Arah Utara, Timur laut, Timur, Tenggara, Selatan, Barat daya, Barat, Barat laut, dan Rata. Berdasarkan kelas Aspek lereng, Arah Selatan merupakan aspek lereng dengan paparan yang tinggi menjadikan aspek lereng ini dapat menyebabkan tanah longsor. Petas aspek lereng Kota Palopo dapat dilihat pada gambar 4.19 dan fuzzifikasi dilakukan untuk memberikan tingkat kerawanan dalam rawang nilai 0 sampai 1 sesuai bentuk grafik fungsi

keanggotaan yang terdistribusi dalam sebaran pixel. Fuzzikasi aspek lereng dapat dilihat pada Gambar 4.20.



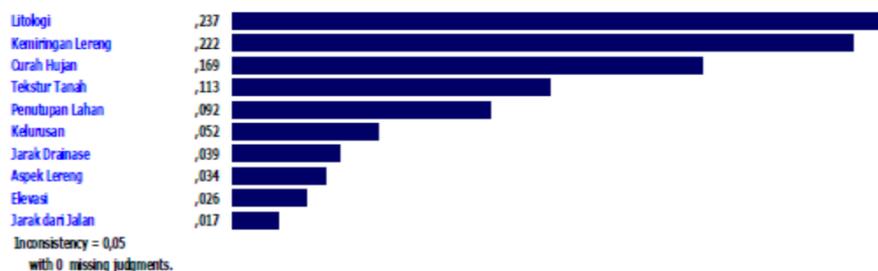
Gambar 4. 19 Peta Aspek Lereng Kota Palopo.



Gambar 4. 20 Peta Aspek Lereng Kota Palopo Hasil Fuzzifikasi.

IV.1.2 Hirarki Penyebab Tanah Longsor

Metode AHP digunakan untuk memanfaatkan persepsi pakar atau informan yang dianggap ahli sebagai input utama untuk memperoleh bobot dari masing-masing kriteria yang digunakan dalam penelitian. Nilai pembobotan dilakukan kualitatif tergantung subjektifitas pengambilan keputusan oleh pakar ahli. Namun pada penelitian ini digunakan data sekunder, yang merupakan hasil dari penelitian Muchtar Salam Solle (2013).



Gambar 4. 21 Bobot prioritas parameter kerawanan longsor (Solle,2013).

Sesuai dengan hasil AHP yang memiliki ketidakkonsistenan ≤ 0.1 , nilai bobot parameter Litologi yaitu 0.237, Kemiringan lereng dengan nilai bobot 0.222, Curah hujan dengan nilai bobot 0.169, Tekstur tanah dengan nilai bobot 0.113, Penggunaan lahan (landuse) dengan nilai bobot 0.092, Kelurusan dengan nilai bobot 0.052, Jarak dari sungai dengan nilai bobot 0.039, Aspek lereng dengan nilai bobot 0.034, Elevasi dengan nilai bobot 0.026 dan Jarak dari jalan dengan nilai bobot 0.017. Litologi merupakan parameter yang paling berpengaruh dengan nilai bobot paling tinggi diantara parameter yang lainnya. Nilai bobot setiap parameter digunakan kedalam persamaan kerawanan tanah longsor untuk menganalisis wilayah-wilayah yang memiliki potensi tidak rawan hingga sangat

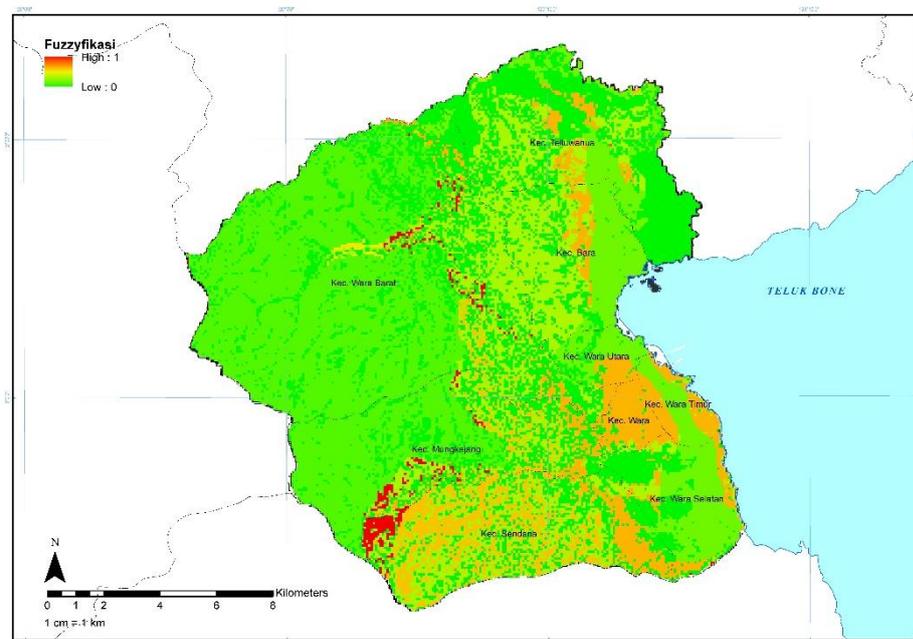
rawan terhadap bencana tanah longsor.

IV.1.3 Analisis Kerawanan Rawan Longsor

Analisis kerawanan tanah longsor merupakan upaya untuk mengetahui seberapa luas dan daerah apa saja yang rawan terdampak tanah longsor. Bila semua parameter kerawanan Tanah Longsor telah dibobotkan sesuai tingkat kepentingan menggunakan AHP dan normalisasi menggunakan fuzzy, maka dilakukan analisis kerawanan berdasarkan interval kelas kerawanan sesuai tabel berikut.

Tabel 4. 2 Bahan dan sumber bahan yang digunakan dalam penelitian.

No.	Tingkat kerawanan tanah longsor	Interval Kelas
1	Tidak Rawan	0 - 0.2
2	Kerawanan Sedang	0.2 – 0.4
3	Kerawanan Tinggi	0.4 – 0.6
4	Sangat Rawan	0.6 – 1



Gambar 4. 22 Peta Kerawanan Tanah Longsor Hasil Fuzzifikasi Kota Palopo.

Tabel 4. 3 Luas (ha) kelas kerawanan tanah longsor.

No.	Kecamatan	Tidak Rawan		Kerawanan Sedang		Kerawanan Tinggi		Sangat Rawan	
		Luas	%	Luas	%	Luas	%	Luas	%
1	Kec. Bara	1057.2	4.1	979.7	3.8	162.6	0.6	0.6	0.0
2	Kec. Mungkajang	2832.2	11.0	479.5	1.9	359.0	1.4	79.5	0.3
3	Kec. Sendana	949.2	3.7	1016.9	3.9	1422.2	5.5	117.1	0.5
4	Kec. Telluwana	2581.9	10.0	795.1	3.1	197.8	0.8	0.6	0.0
5	Kec. Wara	30.7	0.1	11.9	0.0	354.9	1.4	0.0	0.0
6	Kec. Wara Barat	8390.0	32.5	981.1	3.8	319.7	1.2	82.2	0.3
7	Kec. Wara Selatan	1220.0	0.1	113.6	0.4	175.7	0.7	2.1	0.0
8	Kec. Wara Timur	271.6	0.1	17.8	0.1	245.4	1.0	0.0	0.0
9	Kec. Wara Utara	424.5	1.6	28.4	0.1	116.7	0.5	0.0	0.0

IV.2 Pembahasan

Masing-masing parameter difuzzifikasikan sesuai dengan fungsi keanggotaannya ke dalam interval nilai 0 sampai 1. Semakin tinggi tingkat kerawanan tanah longsor suatu wilayah akan mendekati 1 dan semakin rendah tingkat kerawanan tanah longsor suatu wilayah akan mendekati 0. Hasil analisis kerawanan tanah longsor dikelaskan menjadi 4 kelas kerawanan yaitu tidak rawan dengan interval 0 – 0.2, kerawanan sedang dengan interval 0.1– 0.4, kerawanan tinggi dengan interval 0.4– 0.6 dan sangat rawan 0.6 – 1.

Pada table 4.2 menunjukkan kerawanan terluas tiap kelas;

1. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor yang tidak rawan seluas 17757.3 ha atau sekitar 68.8% dari luas wilayah Kota Palopo,
2. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor yang sedang seluas 4424.0 ha atau sekitar 17.1% dari luas wilayah Kota Palopo,
3. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor tinggi seluas 3354.1 ha atau sekitar 13.0% dari luas wilayah Kota Palopo,

4. Dan wilayah dengan kerawanan tanah longsor sangat tinggi seluas 282.1 ha atau sekitar 1.1% dari luas wilayah Kota Palopo.

Litologi menjadi parameter utama yang menjadi penyebab utama terjadinya tanah longsor di Kota Palopo karena formasi batuan alluvial, malihan, dan instusi granit yang mendominasi di wilayah Kota Palopo yang paling banyak ditemukan di kecamatan bara, dan kecamatan wara barat. Pada lereng curam maka *shear stresses* pada tanah atau bahan rombakan akan meningkat. Kelurusan di Kota Palopo cukup banyak mendominasi di kecamatan wara barat. Intensitas hujan yang paling tinggi di wilayah bagian timur dan selatan kota palopo maka banyak air di permukaan sehingga mendesak masuknya air kedalam tanah sehingga material penyusun batuan yang memiliki tekstur tanah yang tidak solid, pada daerah penelitian tektur tanah yang mudah menyerap air juga terdapat di daerah bagian timur, dengan elevasi yang >1000 m dengan vegetasi didominasi oleh pemukiman yang merupakan tempat beraktifitas warga kota palopo dan dekatnya jarak dari sungai dan jalan yang sangat dekat, aspek lereng yang menyebabkan pelapukan pada bagian lereng utamanya pada arah timur maka menyebabkan terjadinya tanah longsor dominan di wilayah bagian selatan dan timur kota palopo.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

1. Integrasi *Fuzzy Logic* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) menghasilkan klasifikasi kerawanan tanah longsor dari 0 sampai 1. Nilai kerawanan tanah longsor diklasifikasikan menjadi 4 kelas kerawanan yaitu tidak rawan dengan interval 0 – 0.2, kerawanan sedang dengan interval 0.2– 0.4, kerawanan tinggi dengan interval 0.4– 0.6 dan sangat rawan 0.6 – 0.9.
2. Hasil pemetaan kerawanan tanah longsor terluas untuk setiap tingkat kerawanan sebagai berikut:
 - a. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor yang tidak rawan seluas 17757.3 ha atau sekitar 68.8% dari luas wilayah Kota Palopo,
 - b. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor yang sedang seluas 4424.0 ha atau sekitar 17.1% dari luas wilayah Kota Palopo,
 - c. Wilayah dengan kerawanan tanah longsor tinggi seluas 3354.1 ha atau sekitar 13.0% dari luas wilayah Kota Palopo,
 - d. Dan wilayah dengan kerawanan tanah longsor sangat tinggi seluas 282.1 ha atau sekitar 1.1% dari luas wilayah Kota Palopo.

V.2 Saran

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan peringatan dini dalam upaya meminimalkan dampak bencana tanah longsor di Kota Palopo. Apabila ada yang

ingin melanjutkan penelitian ini sebaiknya menghitung berapa prediksi volume longsoran apabila terjadi kejadian longsor dengan menggunakan metode geofisika yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S. (2015). *Model Geospasial Sistem Penunjang Keputusan (Geospatial Decision Support System) Manajemen Lahan Pangan. Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin. Makassar.*
- Ekadinata, A., Dewi, S., Hadi, D. P., Nugroho, D. K., & Johana, F. (2008). *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. Buku 1 : Sistem Informasi Geografis Menggunakan ILWIS Open Source. Bogor: World Agroforestry.*
- Febryanti, A. C., Darmawan, I., Andreswari, R. (2016). *Pembobotan Kriteria Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Bidang Peminatan Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process (Studi Kasus: Program Studi Sistem Informasi Universitas Telkom. Universitas Telkom. Bandung.*
- Feizizadeh, B., Shadman Roodposhti, M., Jankowski, P., & Blaschke, T. (2014). *A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. Computers and Geosciences, 73, 208–221.*
- Heryani, R. (2014). *Analisis Kerawanan Banjir Berbasis Spasial Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) Kabupaten Maros. Skripsi Geofisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Makassar.*
- Hidayah, A., Paharuddin., Massinai, M. A. (2017). *Analisis Rawan Bencana Longsor Menggunakan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Di Kabupaten Toraja Utara. Universitas Hasanuddin. Makassar.*
- Kusumadewi, S., Harjoko, A., Hartanti, S., Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM). Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.*
- Li dan Mo. (2019). *A unified Landslide classification system for loess slope: a critical review, Departement of earth, science and engineering, Taiyuan University Of Technology, Taiyuan 030024, China.*
- Mufarida, B. (2020). *Jumlah Kejadian Bencana Alam Melanda Indonesia, BNPB.*
- Putri, A. A. (2018). *Analisis Resiko Dalam Upaya Penanggulangan Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Gowa. Skripsi Universitas Hasanuddin. Makassar.*
- Singh, R.G. (2009). *Landslide Classification, Characterization And Susceptibility Modeling In Kwazulunatal, A dissertation submitted to the Faculty of Science,*

University of the Witwatersrand, Johannesburg, in fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science.

Sukamto, R., Ratman, N., and Simandjuntak, T.O. (1975). *Geological Map Of Indonesia*, Geological Research And Development Centre.

Wahyuni, A., Bergita, S.G.M., dan Rahmania (2018). *Mitigasi Bencana Geologi (Gempabumi Dan Tanah Longsor Di Kabupaten Toraja Utara Dan Tana Toraja Dalam Mengurangi Risiko Bencana*, Jurnal Pendidikan Fisika, Vol 1, No.2.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Geologi.

hektar	km2	Geologi	Sumber	keterangan
5261.302041	52.61302041	Batuan Malihan: Serpih,Kuarsit	Dinas Pertambangan Kota Palopo	6
1.741588059	0.017415881	Aluvial, Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil,Batu Gamping	Dinas Pertambangan Kota Palopo	3
5.722501255	0.057225013	Aluvial, Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil,Batu Gamping	Dinas Pertambangan Kota Palopo	3
0.283545371	0.002835454	Aluvial, Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil,Batu Gamping	Dinas Pertambangan Kota Palopo	3
2715.815101	27.15815101	Intrusi Granit	Dinas Pertambangan Kota Palopo	9
6992.26442	69.9226442	Batuan Malihan:Serpih Kuarsit	Dinas Pertambangan Kota Palopo	6
3660.434269	36.60434269	Aluvial Lempung: Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil,Kerakal	Dinas Pertambangan Kota Palopo	2
125.0339117	1.250339117	Aluvial, Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil,Batu Gamping	Dinas Pertambangan Kota Palopo	3
293.0427509	2.930427509	Basal,Andesit, Breksi Vulkanik,Lanau	Dinas Pertambangan Kota Palopo	4
1967.867354	19.67867354	Aluvial Danau:Lempung,Lanau,Pasir,Kerikil	Dinas Pertambangan Kota Palopo	1
49.88919838	0.498891984	Serpih	Dinas Pertambangan Kota Palopo	7
4204.500062	42.04500062	Batuan lava intermediate	Dinas Pertambangan Kota Palopo	8
523.1332598	5.231332598	Batuan Gunung Api: Breksi Gunung Api,Tuf Pasir	Dinas Pertambangan Kota Palopo	5

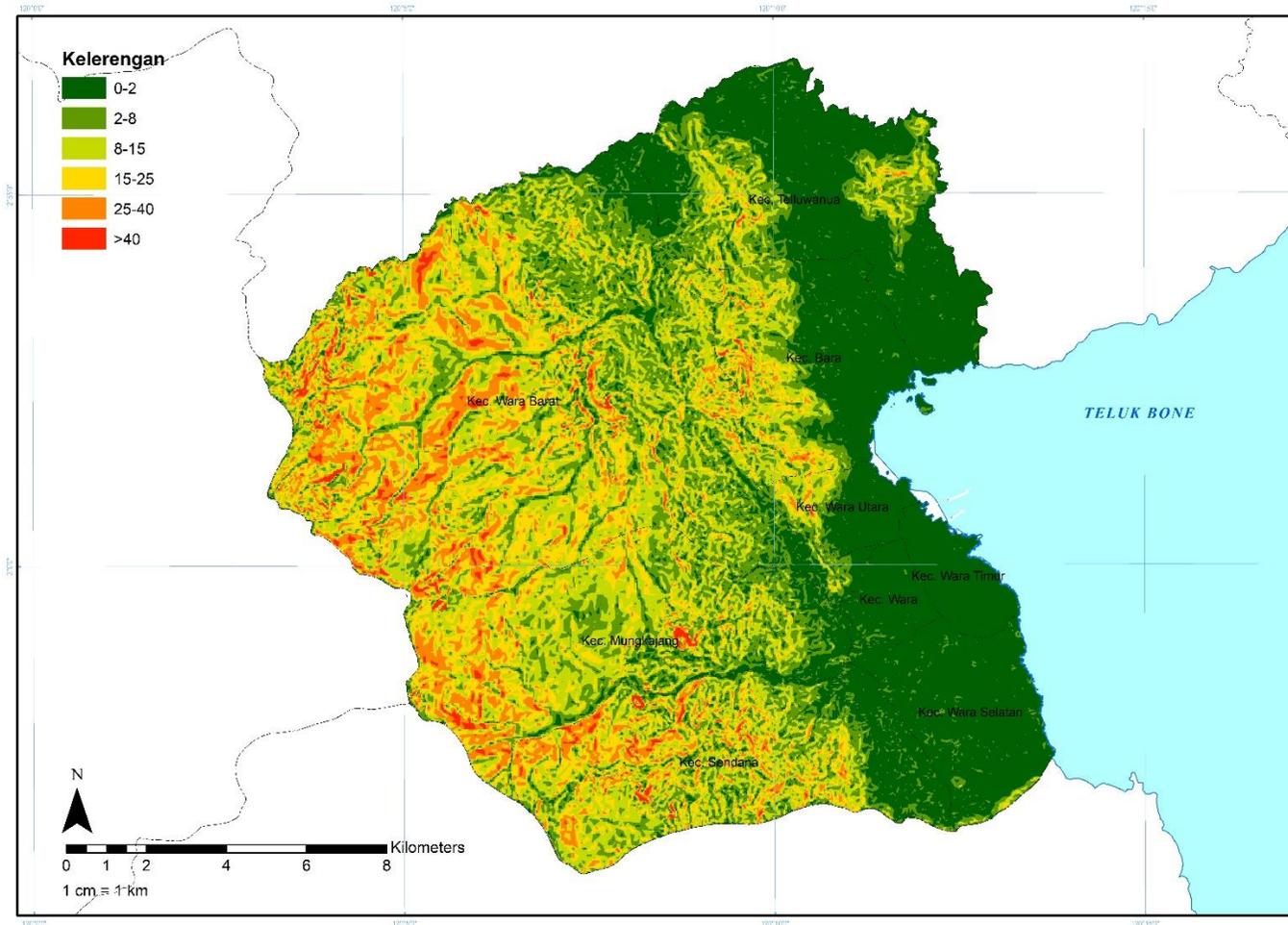
Lampiran 2 Data Penggunaan Lahan

Klas_PL	Nama	Sumber
Areal Penggunaan Lain	Areal Penggunaan Lain	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Hutan Lindung	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Hutan Produksi Terbatas	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Padang Rumput	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Semak dan Belukar	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Taman Wisata Alam Nanggala	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Bukan Pertanian	Tanah Kosong / Gundul	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Pertanian	Perkebunan	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Pertanian	Sawah	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Pertanian	Sawah Tadah Hujan	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Daerah Pertanian	Tegalan / Ladang	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Perairan	Rawa	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Perairan	Sungai	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Perairan	Tambak	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016
Permukiman dan Daerah Buka Pertanian	Permukiman dan Tempat Kegiatan	Hasil Identifikasi Citra Satelit SPOT 6 dan 7 Tahun 2016

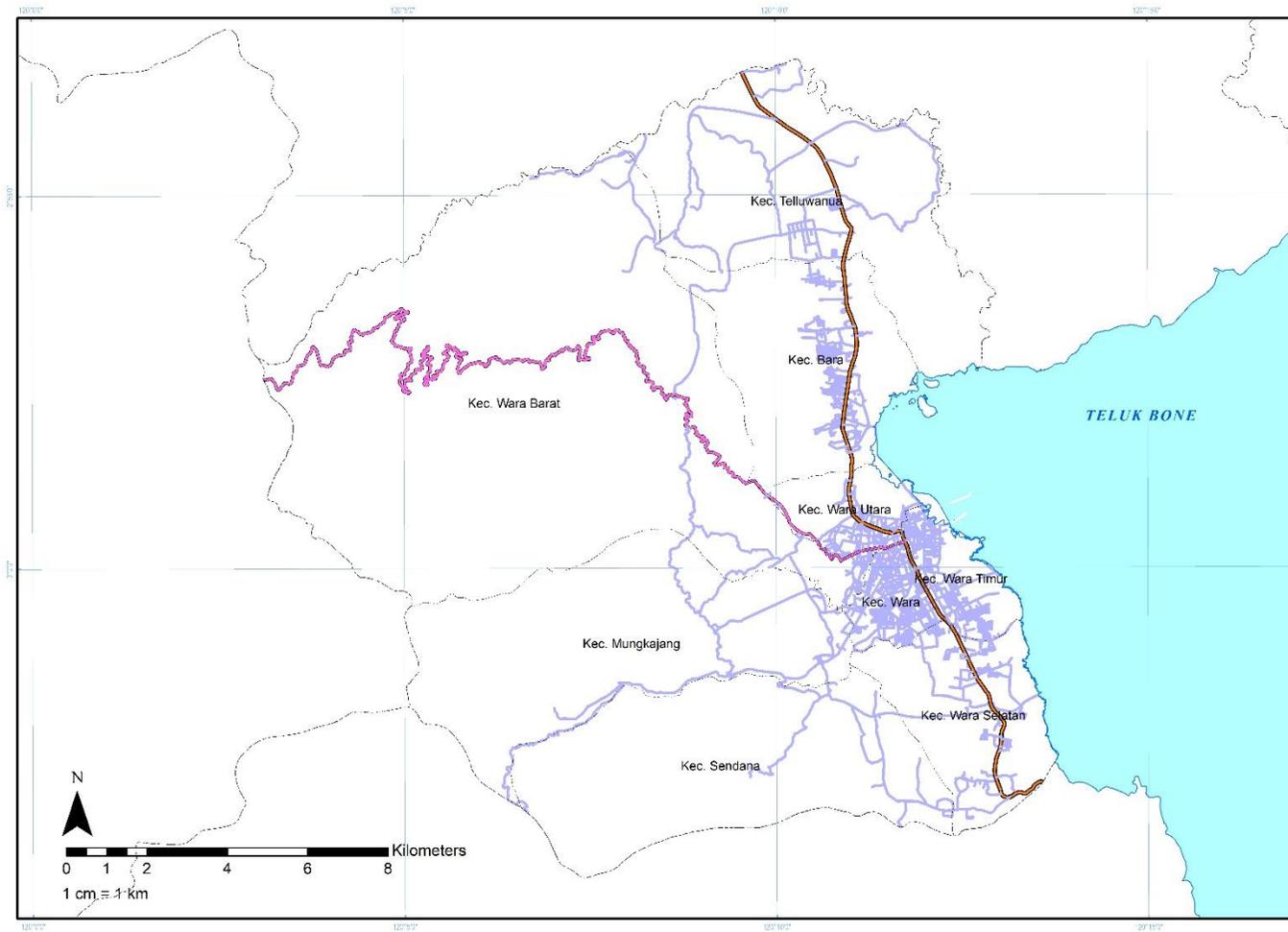
Lampiran 3 Data Curah Hujan

hektar	km2	Stsiun_Hjn	Crh_Hujan	Sumber
20570.3041	205.703041	Diperta Palopo Wara	219-325	Dinas Pekerjaan Umum Seksi Hidrologi Prov.SulSel
3937.682435	39.37682435	BPP Walenrang	301-400	Dinas Pekerjaan Umum Seksi Hidrologi Prov.SulSel
1308.678469	13.08678469	BPP Ponrang	201-300	Dinas Pekerjaan Umum Seksi Hidrologi Prov.SulSel

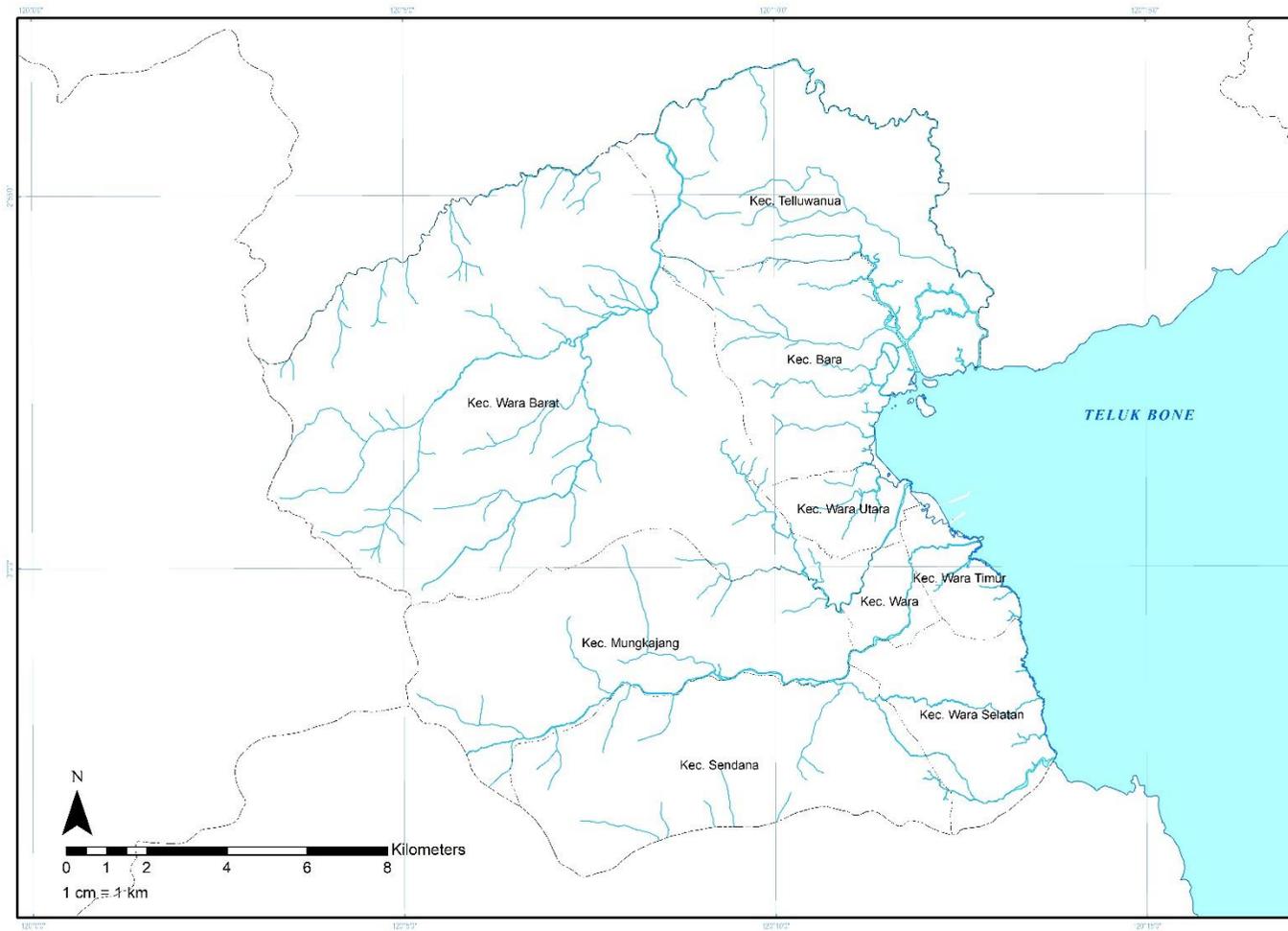
Lampiran 4 Peta Kemiringan Lereng



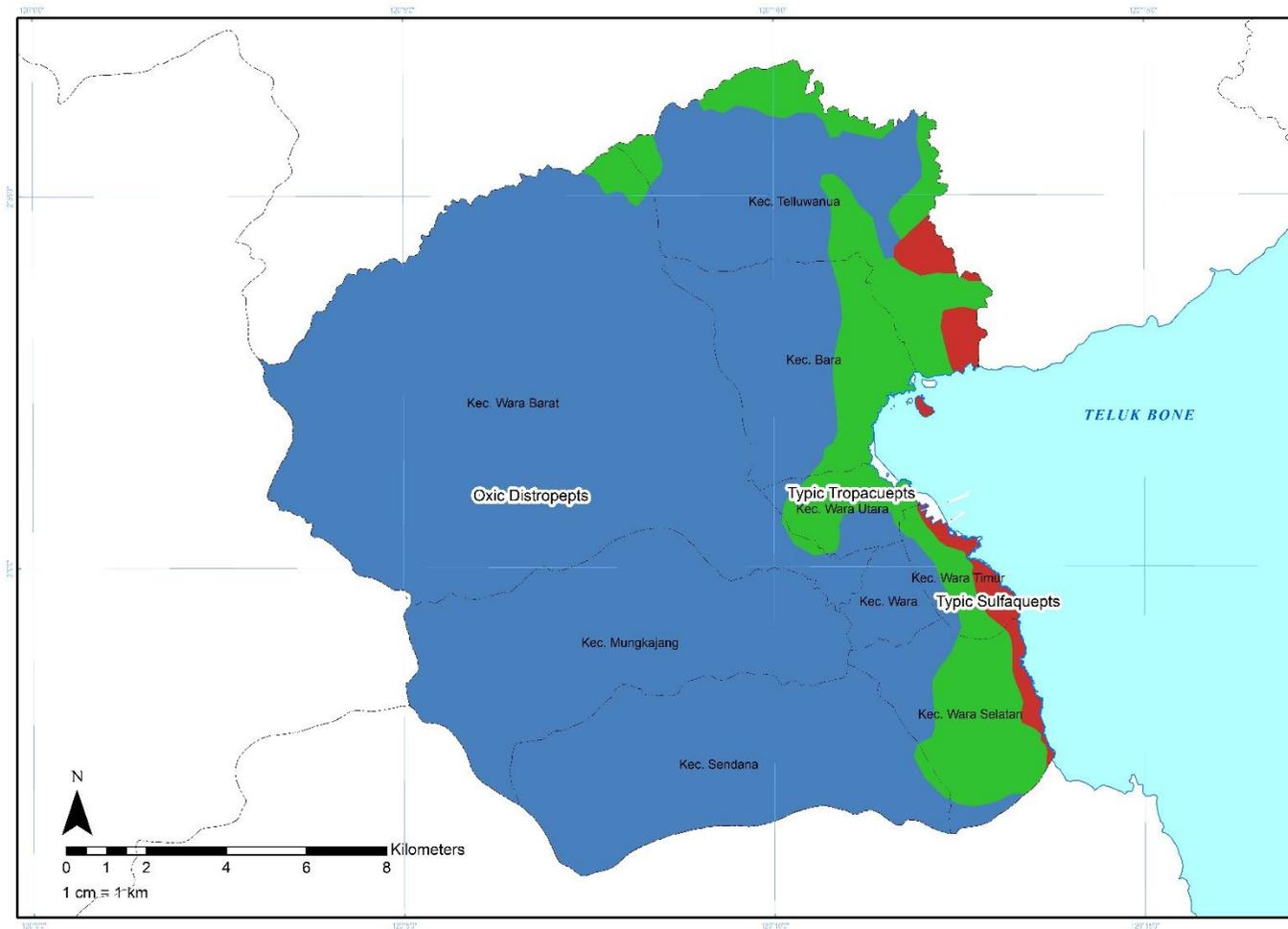
Lampiran 5 Peta Jalan



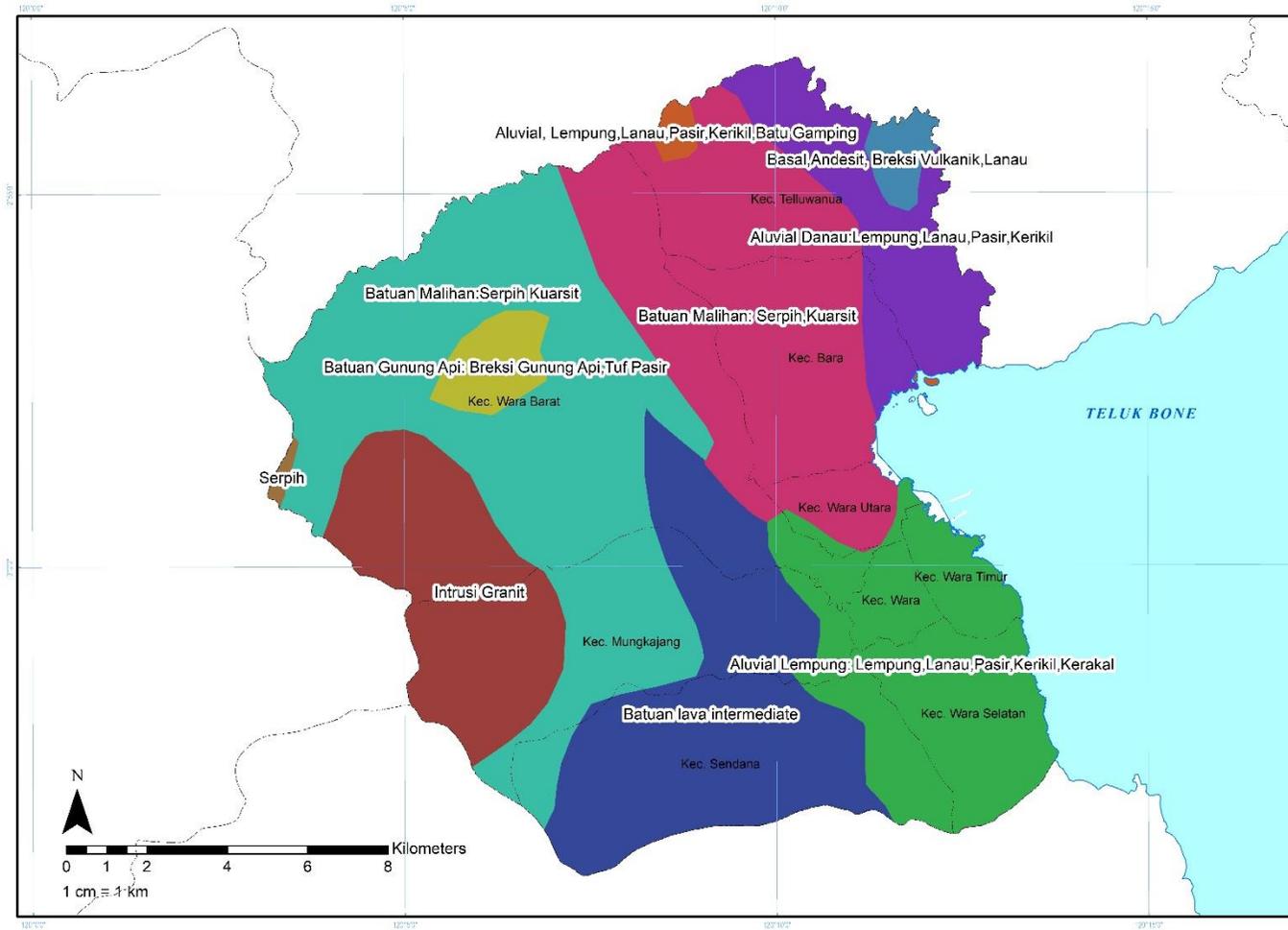
Lampiran 6 Peta Sungai



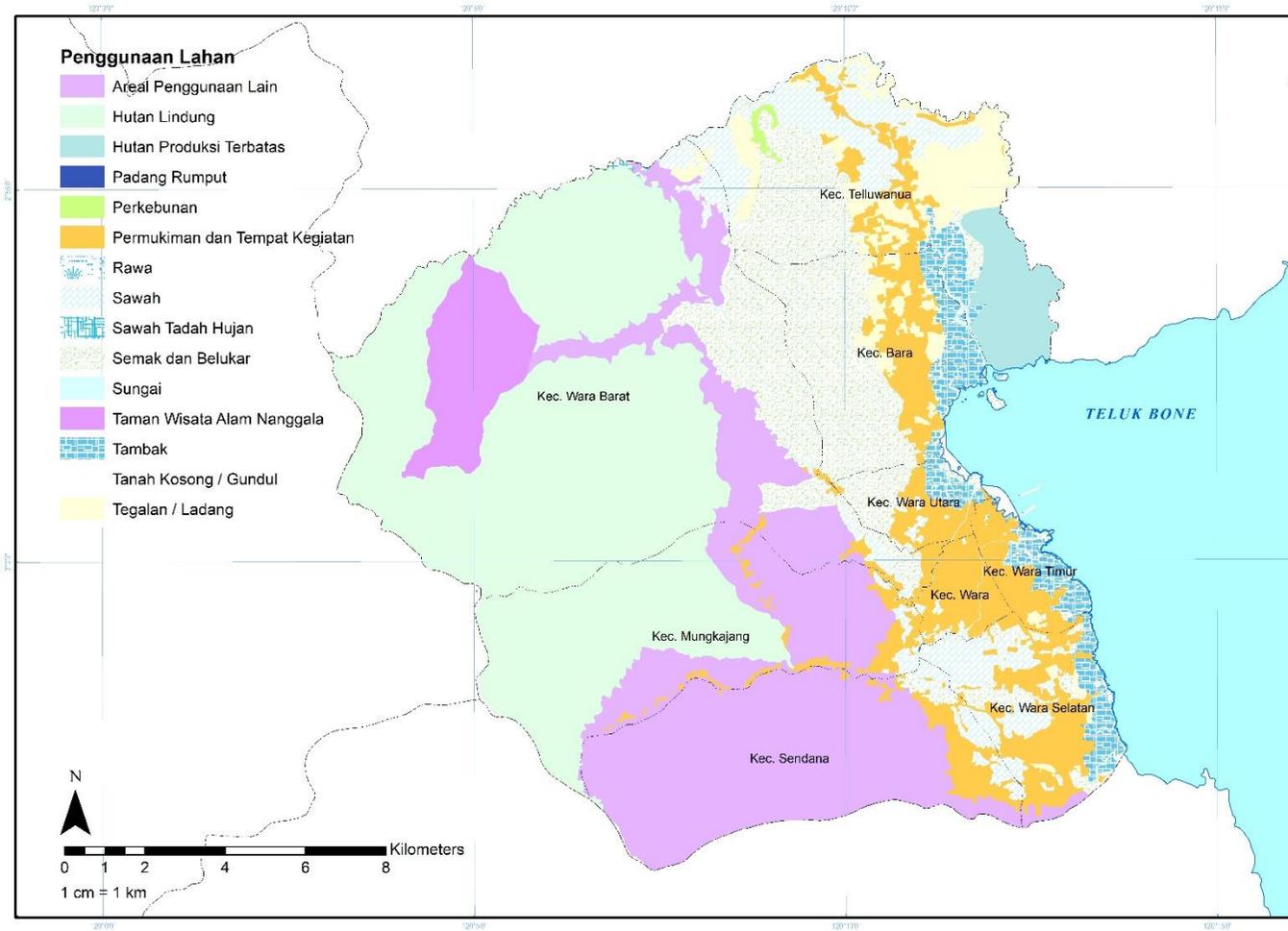
Lampiran 7 Peta Tekstur Tanah



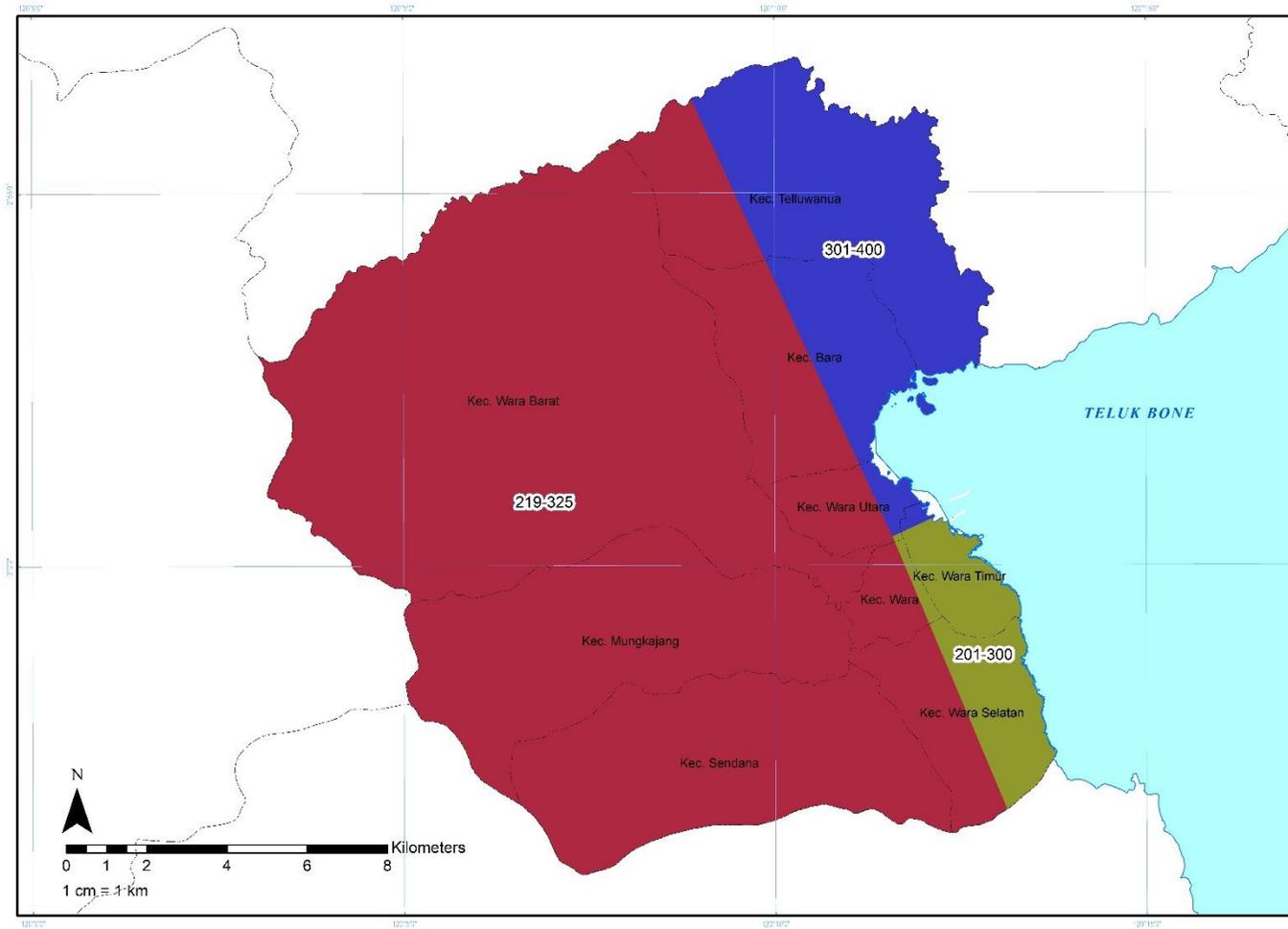
Lampiran 8 Peta Geologi



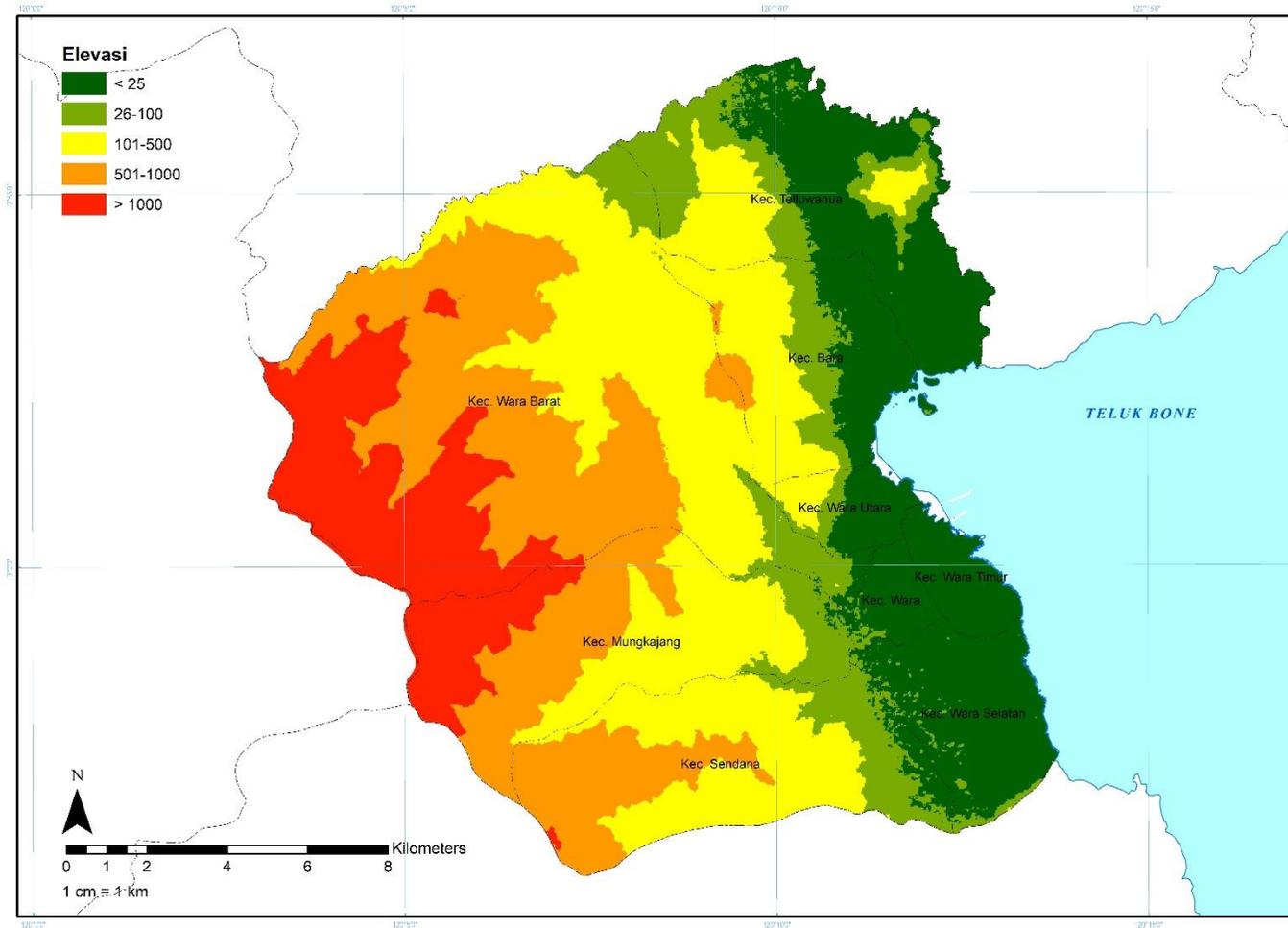
Lampiran 9 Peta Penggunaan Lahan



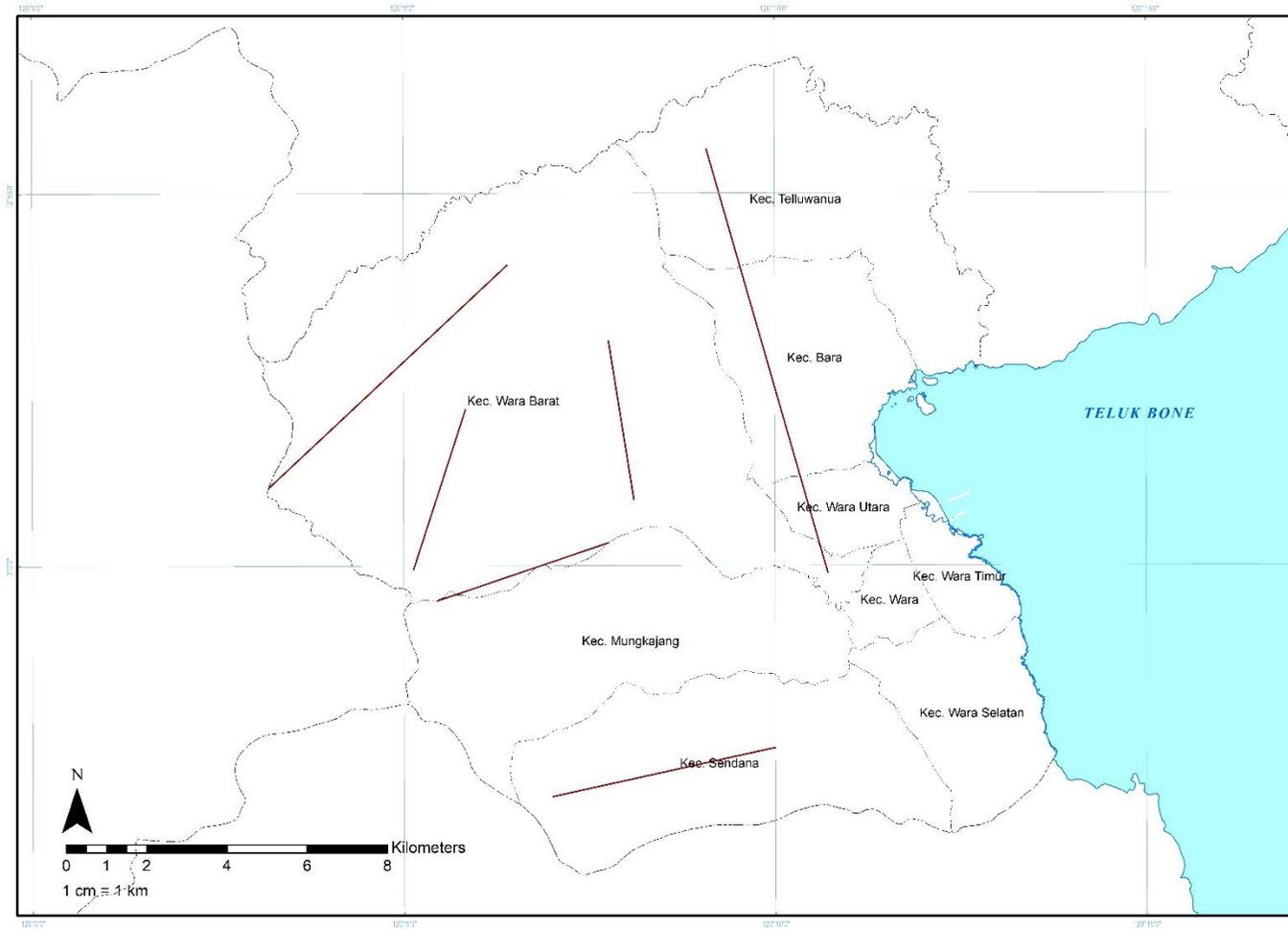
Lampiran 10 Peta Curah Hujan



Lampiran 11 Peta Elevasi



Lampiran 12 Peta Kemiringan Lereng



Lampiran 13 Peta Aspek Lereng

