

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BAHAYA TANAH
LONGSOR DI KABUPATEN TANGGAMUS DENGAN
MENGUNAKAN METODE MULTIKRITERIA**

(Skripsi)

Oleh

ALFA ARDES ARDANA



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

ABSTRACT

ANALYSIS HAZARD LEVEL OF LANDSLIDE IN TANGGAMUS DISTRICT USING MULTICRITERIA METHOD

By
ALFA ARDES ARDANA

Tanggamus Regency is an area that is passed by a fault line and has mountain and hilly morphology. Tanggamus has the risk of a landslide disaster, especially if there are triggers such as ground motion or rainfall. Lack of information about areas prone to landslides is very difficult for the local government to prevent many casualties caused by the disaster. This study uses multicriteria decision analysis using the Simple Addictive Weight (SAW) method, which is the weighting sum method using seven criteria of types of criteria, namely geology, slope, peak ground acceleration (PGA) and fault, land use, rainfall, and population density. This study aims to map the level of vulnerability to landslide hazards caused by seismic factors and also rain which are then analyzed. Tanggamus Regency has a moderate to high level of vulnerability to landslides. Where areas that have a moderate level of hazard of landslide hazards include the northeastern Tanggamus region namely Airnaningan, Pulau Panggung, Sumber Rejo, Talang Padang, Gunung Alip, Gisting, Bulok, Kelumbayan, West Kelumbayan, and eastern Ulubelu with a score of 0.39 - 0.66. Whereas the level of vulnerability of high landslide hazards includes the southwest of Tanggamus, namely the districts of Cukuh Balak, Limau, Kota Agung Timur, Kota Agung, Kota Agung Barat, Wonosobo, Bandar Negri Semuong, Semaka, Pematang Sawa, and west Ulubelu with a score of 0,67 - 0.80.

Keywords: Landslides, Multi Criteria, Geology, PGA, Rainfall

ABSTRAK

ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BAHAYA TANAH LONGSOR DI KABUPATEN TANGGAMUS DENGAN MENGUNAKAN METODE MULTIKRITERIA

**Oleh
ALFA ARDES ARDANA**

Kabupaten Tanggamus merupakan daerah yang dilewati oleh jalur sesar dan memiliki morfologi pegunungan dan perbukitan. Tanggamus memiliki resiko akan terjadinya bencana tanah langor, terlebih lagi apabila terdapat pemicu seperti gerak tanah ataupun curah hujan. Tidak adanya informasi tentang daerah-daerah yang rawan terhadap bahaya tanah longsor akan sangat menyulitkan pemerintah setempat dalam mencegah banyaknya korban jiwa yang ditimbulkan akibat bencana tersebut. Penelitian ini menggunakan analisis keputusan multikriteria dengan metode *Simple Addictive Weight (SAW)* yaitu metode penjumlahan pembobotan dengan menggunakan tujuh kriteria macam kriteria yaitu geologi, kemiringan lereng, percepatan tanah maksimum (PGA) dan sesar, tata guna lahan, curah hujan, dan kepadatan penduduk. Penelitian ini bertujuan untuk dapat Memetakan tingkat kerawanan bahaya tana longsor yang disebabkan oleh faktor kegempaan dan juga hujan yang kemudian dianalisis. Kabupaten Tanggamus memiliki tingkat kerawanan bahaya tanah longsor sedang sampai tinggi. Dimana daerah yang memiliki tingkat kerawanan bahaya tanah longsor sedang mencakup wilayah Tanggamus bagian timur laut yaitu kecamatan Airnaningan, Pulau Panggung, Sumber Rejo, Talang Padang, Gunung Alip, Gisting, Bulok, Kelumbayan, Kelumbayan Barat, dan bagian timur Ulubelu dengan skor 0,39 – 0,66. Sedangkan untuk tingkat kerawanan bahaya tanah longsor tinggi mencakup wilayah Tanggamus bagian barat daya yaitu kecamatan Cukuh Balak, Limau, Kota Agung Timur, Kota Agung, Kota Agung Barat, Wonosobo, Bandar Negri Semuong, Semaka, Pematang Sawa, dan bagian barat Ulubelu dengan skor 0,67 - 0,80.

Kata kunci : Longsor, Multikriteria, Geologi, PGA, Curah Hujan

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BAHAYA TANAH
LONGSOR DI KABUPATEN TANGGAMUS DENGAN
MENGUNAKAN METODE MULTIKRITERIA**

Oleh

Alfa Ardes Ardana

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA
2019**

Judul Penelitian : **ANALISIS TINGKAT KERAWANAN
BAHAYA TANAH LONGSOR DIKABUPATEN
TANGGAMUS DENGAN MENGGUNAKAN
METODE MULTIKRITERIA**

Nama : Alfa Ardes Ardana

No. Pokok Mahasiswa : 1415051007

Jurusan : Teknik Geofisika

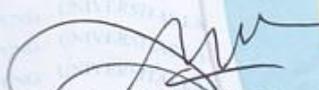
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing,**

Pembimbing I

Pembimbing II


Rustadi, S.Si., M.T.
NIP. 196912301998021001


Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP. 197509112000121002

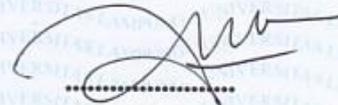
2. **Ketua Jurusan Teknik Geofisika**


Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP. 197509112000121002

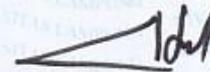
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

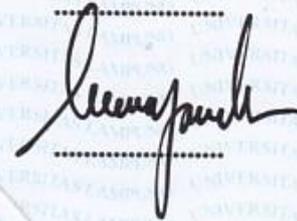
Ketua : Rustadi, S.Si., M.T.



Sekretaris : Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Karyanto, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik

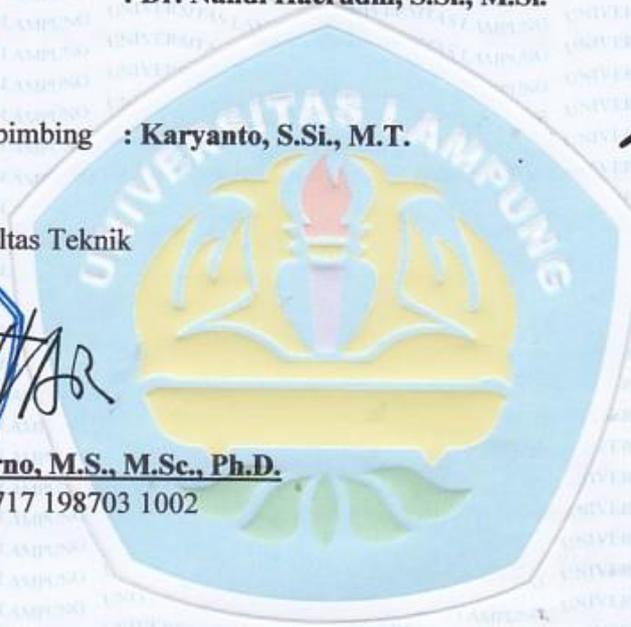


Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP. 19620717 198703 1002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 2 Juli 2019



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2019



Alfa Ardes Ardana

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kedaton, Kecamatan Batanghari Nuban, Kabupaten Lampung timur, pada tanggal 20 Juni 1996, penulis merupakan anak satu-satunya dari pasangan bapak Alif Supardi dan ibu Sarah Satun. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Cempaka Nuban pada tahun 2003 dilanjutkan ke jenjang Sekolah Dasar pada tahun 2003 di Sekodalah Dasar Negeri 2 Cempaka Nuban yang selesai pada tahun 2008. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah di SMP Negeri 2 Kotagajah hingga tahun 2011 dilanjutkan di SMA Negeri 1 Kotagajah.

Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Pada tahun 2015, penulis bergabung menjadi anggota dana dan usaha (DANUS) di HIMA TG Bhuwana. Kemudian pada 2015 s.d 2017, penulis terdaftar menjadi staff *fieldtrip* di Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) Regional Sumatera. Selanjutnya, ditahun 2016 penulis terdaftar sebagai staff Internal di BEM Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada bulan Januari tahun 2018 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di

Pekon Padang Ratu, Kecamatan Limau, Kabupaten Tanggamus. Pada bulan Juli - Agustus 2017, penulis tercatat melakukan Kerja Praktek (KP) di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kli Kotabumi Lampung Utara, dengan mengambil tema penelitian “Analisis Pola Subduksi Sumatera Bagian Selatan Dengan Metode Segmen Irisan Vertikal”.

Pada Juli - September 2018, penulis melakukan penelitian Tugas Akhir (TA) di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kli Kotabumi Lampung Utara hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada 2 Juli 2019 dengan mengambil judul “Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor Di Kabupaten Tanggamus Dengan Menggunakan Metode Multikriteria”.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan skripsi ini kepada :

Allah SWT

Atas segala berkah dan karuniaNya yang senantiasa
saya rasakan dalam menyelesaikan skripsi ini

*Kedua Orang Tuaku Tercinta
Ayahanda Tercinta Alif Supardi
Ibunda Tercinta Sarah Satun*

Berkat Do'a dan ketulusan cinta kasih sayang. Terimakasih atas segala jerih payah ayah dan ibu hingga segala kebutuhan saya dapat terpenuhi. Semuanya takkan terbalas, namun akan selalu saya ingat hingga akhir hayat menghampiri.

Isteri Saya Tercinta

Linda Anggraini

Terimakasih atas do'a dan segala bentuk dukungan, serta cinta dan kasih sayang yang tulus selama ini. Terimakasih atas kopi dan sarapan di pagi hari dan perbincangan hangat di malam hari. Semuanya takkan pernah terjadi tanpamu sayang.

Keluarga Saya Tersayang

Bude Pujirahayu

Pakde Sutaman

Mbak Pita Puspita

Terimakasih atas segala bentuk dukungan dan kasih sayang kalian, serta telah mendidik saya sampai saya seperti sekarang. Kebersamaan dari saya kecil hingga sekarang akan selalu saya ingat yang tak akan lekang oleh waktu.

Teknik Geofisika Universitas Lampung 2014

Terimakasih telah mengambil porsi masing-masing pada bagian cerita hidup saya, suka dan duka telah kita lewati bersama, tawa, canda dan kasih sayang kalian tidak akan pernah saya lupakan. dari saya yang amat bersyukur kepada Allah telah mengizinkan saya untuk bertemu dan mengenal kalian dalam hidup saya

MOTTO

The ones who are crazy enough to think that they can change the world, are the ones who do

- Steve Jobs

*Semua orang memiliki zona waktu tersendiri,
Terlambat bukan berarti lebih bodoh, karena lebih
baik terlambat daripada tidak wisuda sama sekali*

ALFA ARDES ARDANA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah S.W.T yang telah melimpahkan segala rezeki, petunjuk, dan ilmu kepada penulis, sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga selalu untuk nabiNya yakni Muhammad S.A.W.

Skripsi yang berjudul "**Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor Di Kabupaten Tanggamus Dengan Menggunakan Metode Multikriteria**" merupakan hasil dari Tugas Akhir yang penulis laksanakan di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kotabumi, Lampung Utara.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan bermanfaat untuk penambahan ilmu dimasa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kesempurnaan.

Atas segala kekurangan dan ketidaksempurnaan skripsi ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun kearah perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2019

Penulis,

Alfa Ardes Ardana

SANWACANA

Dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang bersangkutan yaitu:

1. **Allah S.W.T** yang senantiasa memberikan rahmat dan karuniaNya dalam melancarkan segala proses tugas akhir ini hingga Alhamdulillah akhirnya saya dapat menyelesaikannya dengan baik.
2. **Ibunda saya tercinta Sarah Satun** saya dedikasikan ini kepadanya yang tak henti-hentinya memberikan dukungan do'a dan semangat kepada saya untuk menyelesaikan gelar ini samapai saat ini.
3. **Isteri saya tercinta Linda Anggraini** yang selalui mencintai saya dengan sabar dan menjadi salah satu semangat saya selama ini.
4. **Ayah saya Alif Supardi, Bude Pujirahayu, Pakde Sutaman, Mba Pita Puspita** beserta keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan, doa dan motivasi yang tiada henti.
5. **Mertua saya Bapak Sumani dan Mamah Hartini** yang telah mendo'akan saya dan juga mendukung saya sampai sejauh ini.
6. **Bapak Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung dan juga selaku pembimbing II terimakasih atas semua kesabaran, bimbingan, kritikan, saran, dan kesediaan untuk

meluangkan waktu disela-sela kesibukannya..

7. **Bapak Rustadi, S.Si., M.T.**, selaku dosen pembimbing I terimakasih atas semua kesabaran, bimbingan, kritikan, saran dan kesedian untuk meluangkan waktu disela-sela kesibukannya.
8. **Bapak Karyanto, S.Si., M.T.**, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan nasehat, baik untuk skripsi ataupun untuk masa depan penulis.
9. **Seluruh dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung** yang telah berbagi ilmu dan pengalaman selama perkuliahan.
10. **Bapak Rudianto S.T., M.Sc.** selaku pembimbing tugas akhir di BMKG Kli Kotabumi Lampung Utara, terimakasih atas semua kesabaran, bimbingan, kritikan, saran, dan kesediaan untuk meluangkan waktu disela-sela kesibukannya.
11. **Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)** sebagai Instansi yang telah memberi kesempatan saya untuk melaksanakan Tugas Akhir.
12. **Sofyan Frida Yendra** Sahabat terbaik saya, terimakasih atas obrolan kosong, dan candaan konyol sedikit garing yang sering kita lakukan selama ini, terimakasih sudah mendengarkan curhatan saya dan peduli dengan saya, saya tidak akan melupakanmu kawan.
13. **Muhamad Faizal (Ical)** Sahabat saya tergila, termasuk orang tergila yang pernah saya temui tetapi juga orang terpeduli yang pernah saya kenal, terimakasih atas pengalamannya di lombok yah walaupun fotonya udah pada hilang, saya sangat berterimakasih kepada Allah SWT karena telah memiliki teman seperti anda.

14. **Gaffar Rifqi Pambudhi (Item)** sahabat paling suka marah, terimakasih untuk semua yang telah kita lalui bersama, dan juga untuk candaan sepele yang mengocok perut, semoga anda sehat selalu.
15. **Fajar Izdiharuddin Prakasa** sahabat saya yang paling sabar menghadapi wanita, saya bersyukur kepada Allah SWT kerana telah memberi kesempatan kepada saya untuk dapat mengenal anda.
16. **Rinaldi Okka Saputra Ahza** sahabat saya paling kalem dan paling soleh, terimakasih karena telah berperan dalam hidup saya.
17. **Rahmad Iqbal (Onta Arab)** sahabat yang paling suka ngongek, terimakasih karena telah menjadi sahabat saya sampai saat ini.
18. **Ghiat Malano Surya (pongo)** sahabat saya paling plongo, terimakasih untuk semua momen canda dan tawa bersamanya, dan juga untuk nasi uduk dan indomie goreng rumahnya.
19. **Umi Imro'atun Nurdiana, Fitria Purnamasari**, sahabat terbaik saya, dua orang yang haus akan perhatian, terimakasih telah selalu mendengarkan curhatan saya dan untuk kesabarannya dalam menghadapi saya serta terimakasih untuk tidak pernah membenci saya.
20. **Ummi Hanifah (Ipeh), Delvia Elesta, Desta Amanda Nuraini (debay)**, sahabat tersayang yang selalu menemani dalam suka maupun duka, tawa, canda, bahagia yang selalu setia mendengarkan curahan hati terimakasih teruntuk segalanya.
21. **Bang Aji, Kak Tanjung** abang saya tercinta, terimakasih telah mengajarkan saya untuk banyak hal dan semoga kalian selalu dalam perlindunganNya.

22. **Aulia Huda Pinandita, Nur Indah Safitri, Pratiwi Ayurizky Partika** terimakasih telah menjadi sahabat – sahabat terbaik yang ikut mewarnai hari, semoga yang terbaik selalu menghampiri.
23. **Rhaka, Deni** terimakasih telah menjadi sahabat yang baik selama ini, terimakasih yang tak dapat dihitung untuk menyampaikannya.
24. **Filza (Dugong), Nana (Anak Ajaib) Morales (Ales) Arief (Item 2), Dimas (Batu) Farizi (Ijik), Martin, Rizky (Pakde), Sidharta (Oppa)** terimakasih untuk tawa canda, kebaikan, segalanya selama ini semoga sahabat terbaik seperti kalian akan selalu mendapatkan yang terbaik.
25. **Anang Ramdhani**, terimakasih telah menjadi sahabat seperjuangan, keluh – kesah, yang penuh cerita yang InshaaAllah kita akan berbahagia.
26. Semua keluarga Teknik Geofisika 2014, **Agnes, Agra, Agung, Budi, Andi, Amir, Alfian, Aziz, Dicky, Ewin, Evi, Cinthia Dewi Maharani, Nurul Fitri Faqih, Faris, Fhera, Galang, Helbrat, Ida, Ikhwan, Ilham, Indra, Isti, Jefri, Azri, Asrin, Niko, Nurdin, Zaki, Romi, Nabila, Norman, Pungky, Malik, Ratih, Ridho, Rita, Bunda Kiki, Viska, Ino, Witta, dan Yudha**, yang telah banyak membantu dan memberi dukungan kepada saya serta terimakasih atas segala cerita bahagia tawa canda maupun duka yang telah kita ukir bersama.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2019

Penulis

Alfa Ardes Ardana

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEHMABAHAN	ix
MOTTO	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xx
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Batasan Masalah	3

D. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Letak Geografis Daerah Penelitian	4
B. Struktur Geologi	6
C. Geomorfologi Tanggamus.....	8
D. Sejarah Bencana Tanah Longsor Kabupaten Tanggamus	11
III. TEORI DASAR	
A. Penginderaan Jauh	12
B. <i>Digital Elevation Model</i>	13
C. Tanah Longsor.....	13
D. Jenis-Jenis Longsor	14
E. Gempa Bumi	18
F. Percepatan Tanah Maksimum (PGA)	18
G. Kemiringan Lereng	22
H. Kerawanan Lonsor	22
I. Analisis Keputusan Multikriteria	23
J. Metode <i>Simple Additive Weight</i> (SAW).....	30
IV. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Bahan Penelitian	31
C. Data Penelitian	31
D. Metode Analisa	36
E. Diagram Alir	39
VI. HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil dan Pembahasan.....	41
1. Jenis Batuan.....	41
2. Kemiringan Lereng	42
3. <i>Peak Groun Aacceleration</i> (PGA)	44
4. Sesar	46
5. Tata Guna Lahan	48

6. Curah Hujan	50
7. Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor yang Diakibatkan oleh Gempabumi	52
8. Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor yang Diakibatkan oleh Faktor Hujan.....	57
9. Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor Berdasarkan Faktor Kegempaan dan Hujan	61

VII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	72
B. Saran.....	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Matriks Pembobotan Kestabilan Wilayah.....	27
Tabel 2. Tingkat Kepadatan Penduduk	35
Tabel 2. Klasifikasi Curah Hujan	36
Tabel 4. Pembobotan	37
Tabel 5. Klasifikasi Nilai Kemampuan	37
Tabel 6. Nilai Skor	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Daerah Penelitian.....	5
Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian	7
Gambar 3. Peta Geomorfologi Kabupaten Tanggamus.....	10
Gambar 4. Longsoran Translasi.....	14
Gambar 5. Longsoran Rotasi	15
Gambar 6. Pergerakan Blok.....	15
Gambar 7. Runtuhan Batu	16
Gambar 8. Rayapan Tanah	17
Gambar 9. Aliran Bahan Rombakan	17
Gambar 10. Peta DEM Alos Palsar Kabupaten Tanggamus	33
Gambar 11. Diagram Alir	39
Gambar 12. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Tanggamus	43
Gambar 13. Peta Nilai PGA Kabupaten Tanggamus	45
Gambar 14. Peta Sesar Provinsi Lampung	47
Gambar 15. Peta Tata Guna Lahan Kabupaten Tanggamus.....	49
Gambar 16. Peta Curah Hujan Kabupaten Tanggamus.....	51
Gambar 17. Peta Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor yang Disebabkan oleh Gempabumi.....	53
Gambar 18. Peta Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor yang Disebabkan oleh Curah Hujan	58
Gambar 19. Peta Tingkat Kerawanan Bahaya Tanah Longsor di Kabupaten Tanggamus.	62
Gambar 20. Peta Kepadatan Penduduk Kabupaten Tanggamus	70

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Longsor merupakan suatu bentuk erosi dimana pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dan melibatkan volume besar tanah. Longsor terjadi akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air (Munir, 2006). Sedangkan menurut Dibyosaputro (1992) longsor lahan adalah salah satu gerakan massa batuan dan tanah menuruni lereng akibat gaya gravitasi bumi. Gerakan tanah merupakan salah satu faktor utama terjadinya longsor. Beberapa faktor utama terjadinya gerakan tanah antara lain adalah kondisi alam dan aktivitas manusia. Faktor alam yang menjadi penyebab terjadinya gerakan tanah antara lain tingginya curah hujan, kondisi tanah, batuan, vegetasi dan faktor kegempaan sebagai pemicunya. Bencana longsor sering terjadi di Indonesia, dan menempati peringkat ke-lima kejadian bencana dengan rata-rata 92 kejadian per tahun (Karnawati, dkk., 2012).

Tanggamus merupakan salah satu wilayah yang mempunyai resiko bahaya longsor. Tingginya kejadian longsor di Tanggamus disebabkan kemiringan lereng yang terjal, curah hujan yang tinggi dan dilewati jalur patahan aktif. Dengan curah hujan tinggi dan keberadaan sesar aktif memicu terjadinya bencana longsor.

Dalam kurun waktu Agustus – Oktober 2018, terjadi longsor sebanyak 2 kali, yaitu pada tanggal 29 Oktober 2018 di Kecamatan Kota Agung Timur, Limau, dan Cukuh Balak. Kemudian pada 1 Desember 2018 di Kecamatan Semaka, Cukuh Balak dan Limau (Iskandar, 2018). Hal tersebut tentunya dapat menyebabkan potensi kerugian materi dan korban jiwa. Selain itu bencana tanah longsor juga dapat menghambat pembangunan, sehingga merugikan masyarakat maupun pemerintah.

Analisis tingkat kerawanan bahaya longsor sangat diperlukan untuk mitigasi bencana. Tidak adanya informasi tentang daerah-daerah rawan terhadap bahaya longsor akan sangat menyulitkan pemerintah setempat dalam mencegah banyaknya korban jiwa. Analisis tingkat kerawanan bahaya longsor dapat memberikan informasi tentang daerah-daerah yang rawan berdasarkan multikriteria. Analisis multikriteria diantaranya metode *Simple Additive Weight* (SAW) yaitu melalui pendekatan pembobotan. Variabel yang digunakan berupa data kegunaan, data curah hujan, topografi dan data pendukung lainnya. Kelebihan dari metode ini yaitu dalam penilaiannya akan lebih tepat karena didasarkan pada nilai kriteria dari bobot preferensi yang sudah ditentukan dan juga adanya perhitungan normalisasi pada setiap nilai atribut dan alternatif. Diharapkan dari analisis ini menghasilkan peta tingkat kerawanan bahaya longsor di Kabupaten Tanggamus, sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Memetakan zonasi bahaya longsor akibat gempa bumi di Kabupaten Tanggamus
2. Memetakan zonasi bahaya longsor akibat dari curah hujan di Kabupaten Tanggamus
3. Memetakan zonasi bahaya longsor akibat dari gempa bumi dan curah hujan secara keseluruhan di Kabupaten Tanggamus

C. Batasan Masalah

Masalah ini dibatasi pada analisis tingkat kerawanan bahaya tanah longsor di Kabupaten Tanggamus menggunakan analisis keputusan multikriteria dengan metode *Simple Additive Weight* (SAW) berdasarkan kriteria-kriteria yaitu data geologi, curah hujan, percepatan tanah maksimum (PGA), data kemiringan lereng, peta sesar, peta tata guna lahan dan data kependudukan wilayah Kabupaten Tanggamus dengan batasan wilayah $104^{\circ}18'$ – $105^{\circ}12'$ bujur timur dan antara $5^{\circ}05'$ – $5^{\circ}56'$ lintang selatan.

D. Manfaat Penelitian

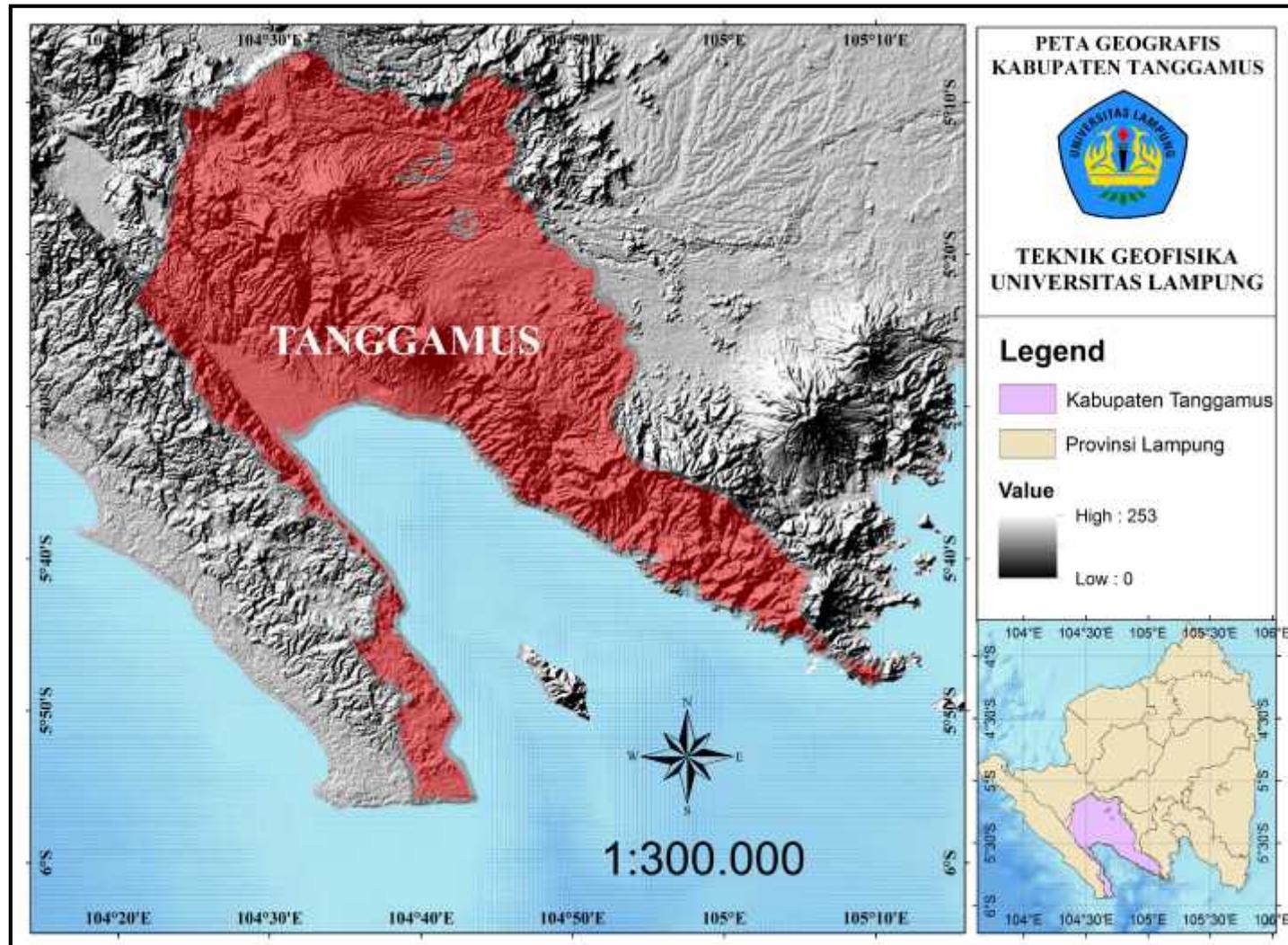
Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi kepada pemerintah setempat dalam tata kelola lahan di Kabupaten Tanggamus dan juga memberikan informasi kepada masyarakat setempat daerah-daerah di Kabupaten Tanggamus yang memiliki tingkat kerawanan bahaya tanah longsor yang diakibatkan gempa bumi dan juga curah hujan rendah hingga tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Letak Geografis Daerah Penelitian

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, Kabupaten Tanggamus mempunyai luas Wilayah 2.855,46 Km² untuk luas daratan di tambah dengan daerah laut seluas 1,799,50 Km² dengan luas keseluruhan 4, 654,98 Km². Secara geografis wilayah Kabupaten Tanggamus terletak pada 104°18' – 105°12' bujur timur dan antara 5° 05' – 5°56' lintang selatan. Di sebelah barat daerah ini berbatasan dengan Kabupaten Lampung Barat, di sebelah timur dengan Kabupaten Pringsewu, di sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Lampung Barat dan Kabupaten Lampung Tengah, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia.

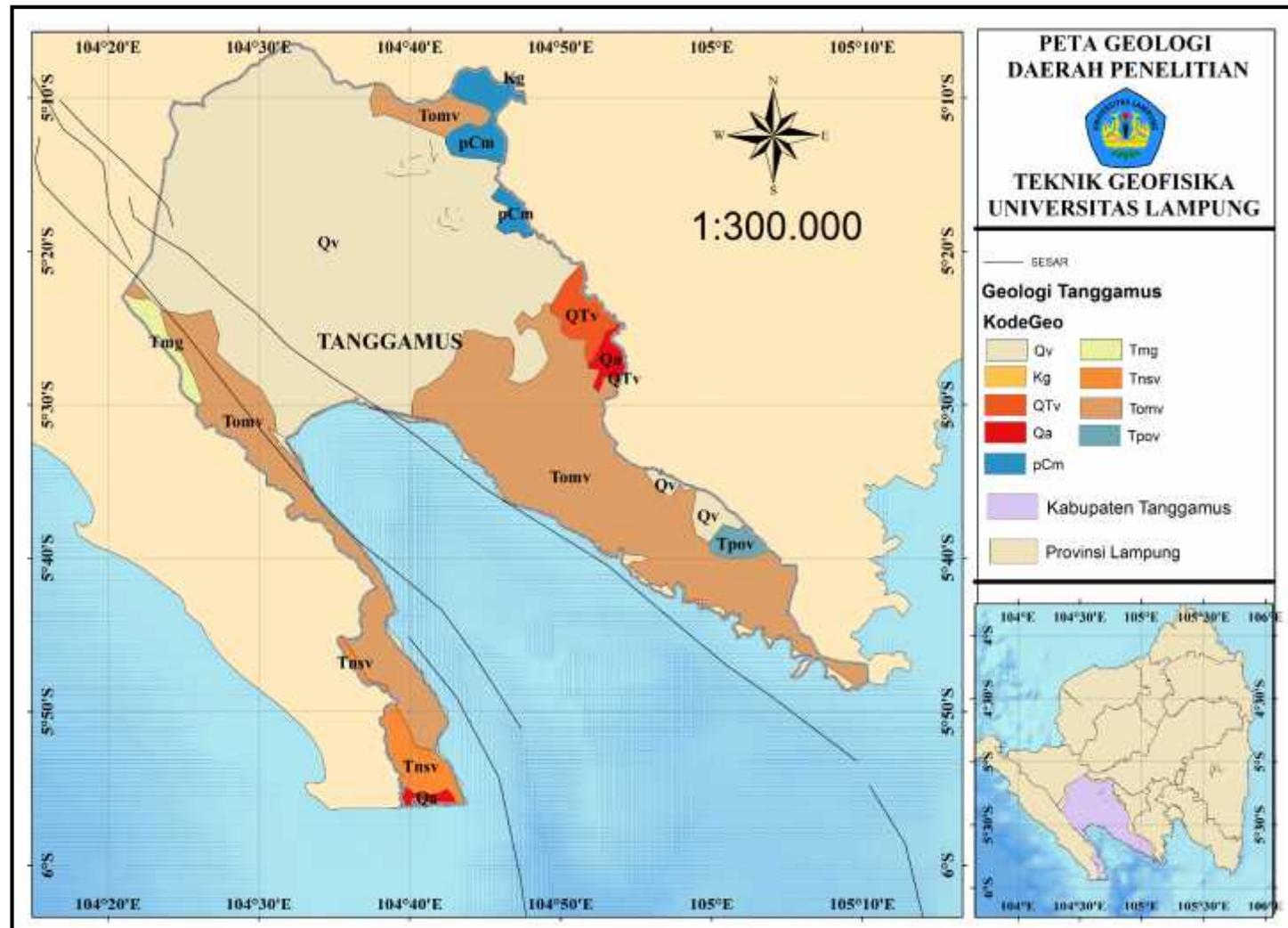
Gambar 1 menunjukkan letak geografis wilayah penelitian



Gambar 1. Daerah Penelitian

B. Struktur Geologi

Berdasarkan peta geologi daerah penelitian (**Gambar 2**), geologi penyusun Kabupaten Tanggamus yaitu **Kg** yang merupakan batuan terobosan kapur berupa *granit* dan *granodiorit*, **Q_{TV}** merupakan batuan gunungapi plio pliososen (tuf, breksi gunungapi dan lava bersusunan riolit, dasit, dan andesit), **Q_a** merupakan alluvium, **Q_v** merupakan batuan gunungapi kuartar (breksi gunungapi, lava, dan tuf bersusun andesit-basal), **T_{mg}** merupakan terobosan miosen (granit, diorite granodiorit, dan andesit), **T_{nsv}** merupakan sedimen tufan mio pliosen (batupasir, batulumpur tufaan, tufa, konglomerat, dan banyak moluska). **Tom_v** merupakan batuan gunungapi oligo miosen (lava, breksi gunungapi dan tuf yang terdiri dari andesit basal, bersisipan batupasir) pada umumnya terpropilitkan, termineralkan dan berwarna cokelat gelap, **T_{pov}** merupakan batuan gunungapi paleosen oligosen (breksi gunungapi, lava, tuf dan tuf padu bersusunan andesit basal, sisipan tuf, batupasir dan batu lanau) pada umumnya terubah dan berwarna biru, dan **pC_m** merupakan batuan malihan pra karbon (sekis mika, sekis klorit, sekis kuarsa, dan sekis grafit dengan genes, filit, kuarsit, pualam, dan batusabak) (Gafuer, dkk., 1993). Geologi regional daerah penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**



Gambar 2. Peta Geologi Kabupaten Tanggamus (Gafoer, dkk, 1993)

Sebagian besar wilayah Lampung berupa batuan produk gunungapi yang berumur Kuartar hingga Paleogen Akhir, di beberapa tempat tersingkap batuan terobosan, metamorf dan sedimen yang berumur Paleogen Akhir hingga Kapur (Hamilton, 1979). Daerah Lampung dilewati oleh Sesar Besar Sumatera memanjang sejajar sumbu utama pulau Sumatera dan terdiri dari 19 segmen yaitu Aceh, Seulimeum, Tripa, Renun, Toru, Angkola, Barumon, Sumpur, Sianok, Siulak, Sumani, Suliti, Siulak, Dikit, Ketaun, Musi, Manna, Kumering, Semangko, dan Sunda (PUSGEN, 2017) yang membentang pada busur gunungapi di Sumatera sepanjang 1650 km menghubungkan daerah tektonik regangan Selat Sunda di Selatan dengan daerah tektonik regangan belakang busur Laut Andaman di Utara. Pergeseran sepanjang sesar ini merupakan akibat tumbukan menyerong antara lempeng Indo-Australia di selatan dengan lempeng Eurasia di Utara. Sesar Sumatera terdiri dari beberapa segmen yang secara umum dibatasi oleh daerah-daerah depresi; segmen Ranau-Suoh merupakan segmen selatan sesar ini. Sesar yang mempunyai pergerakan horisontal mengangan (*right lateral strike slip*) ini tercatat beberapa kali menimbulkan gempa bumi yang merusak seperti Kerinci (1909), dan Liwa (1994) (Rozak, 2009).

C. Geomorfologi Kabupaten Tanggamus

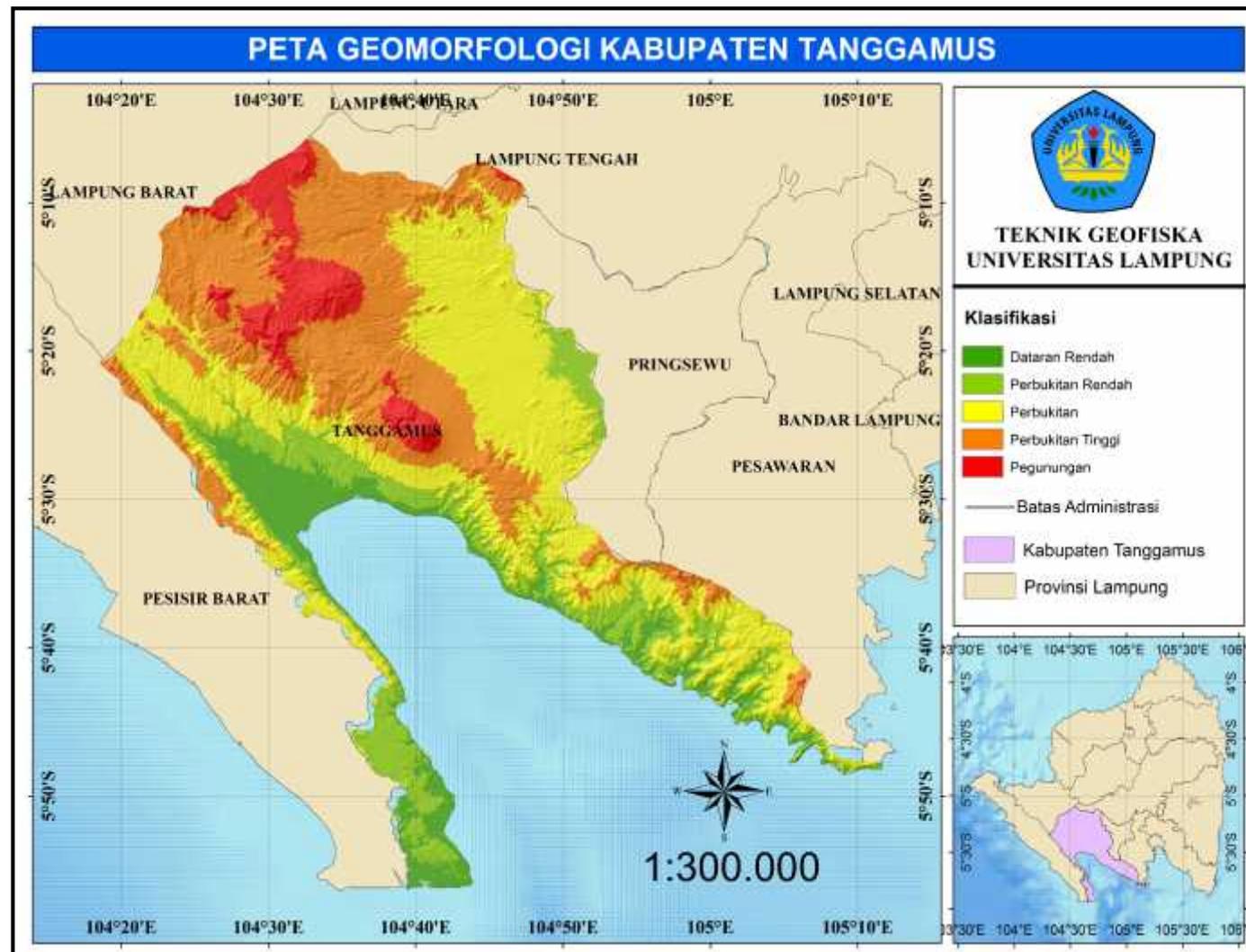
Bentuk Lahan merupakan bentukan alam di permukaan bumi yang menggambarkan kondisi suatu wilayah dengan ciri yang berbeda satu dengan lainnya, tergantung dari proses pembentukan dan evolusinya. Kabupaten Tanggamus dapat dikelompokkan menjadi 6 grup *landform* utama, yaitu Marin (bentuk lahan akibat adanya aktivitas air laut), Fluvial (bentuk lahan akibat

pengerjaan sungai), Denudasional (bentuk lahan akibat proses erosi dan degradasi), Struktural (bentuk lahan yang berasal dari proses geologi), (5) Vulkanik (bentuk lahan akibat aktivitas vulkanik), Kars (bentuk lahan yang didominasi oleh batu gamping).

Kabupaten Tanggamus memiliki morfologi dataran rendah, perbukitan, dan juga pegunungan. Satuan geomorfologi dataran alluvial terbagi dua, yaitu alluvial marin dan alluvial sungai. Luas dataran marin 68.812 ha (66,1 persen), sedangkan alluvial sungai 21.862 ha (21 persen). Satuan geomorfologi ini berada pada ketinggian 0–50 meter dpl ditandai dengan warna hijau pekat. Daerah ini relatif sempit membentang sepanjang pantai berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia (Wiradisastra, 2002).

Geomorfologi Kabupaten Tanggamus dibagi menjadi tiga diperlihatkan pada **Gambar 3** yaitu :

1. Satuan geomorfologi dataran alluvial.
2. Satuan geomorfologi perbukitan.
3. Satuan geomorfologi pegunungan



Gambar 3. Peta Geomorfologi Kabupaten Tanggamus

Satuan geomorfologi perbukitan, berada pada ketinggian 200 – 1000 meter dpl, ditempati oleh endapan vulkanik kuarter ditandai dengan hijau muda, kuning, dan jingga. Daerah ini relatif aman terhadap gempa namun pada bagian yang berlereng masih rawan longsor. Satuan geomorfologi pegunungan, yang merupakan punggung Bukit Barisan, ditempati oleh endapan vulkanik kuarter dan beberapa formasi lainnya. Daerah pegunungan memiliki ketinggian 1000 – 2000 meter dpl ditandai dengan warna merah. Daerah ini dilalui Sesar Semangko, dengan lebar zona 10 – 25 km.

Berdasarkan kondisi geomorfologi, Kabupaten Tanggamus dibagi menjadi 3 (tiga) zona rawan bencana, yaitu:

1. Zona I, daerah pesisir.
2. Zona II, daerah perbukitan.
3. Zona III, daerah pegunungan (Wiradisastra, 2002).

D. Sejarah Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Tanggamus

Kabupaten Tanggamus merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki tingkat kerawanan bencana cukup tinggi. Kabupaten Tanggamus memiliki tingkat kerawanan bencana tanah longsor tinggi, terbukti pada tahun 2009 lalu terjadi bencana tanah longsor di Sedayu Kecamatan Semaka sehingga mengakibatkan terputusnya jalan lintas barat. Selain itu, pada bulan Oktober 2018 sampai Desember 2018 telah terjadi setidaknya 2 kali bencana tanah longsor di Kabupaten Tanggamus, tepatnya di Kecamatan Kota Agung Timur, Limau, Cukuh Balak dan Semaka (Iskandar, 2018).

III. TEORI DASAR

A. Penginderaan Jauh

Begitu luasnya lingkup aplikasi penginderaan jauh sehingga bidang tersebut telah menjadi kerangka kerja (*framework*) dalam menyelesaikan berbagai masalah terkait dengan aspek ruang (lokasi, area), lingkungan (ekologis), dan kewilayahan (regional). Perkembangan ini meliputi skala besar (lingkup sempit) hingga skala sangat kecil (lingkup sangat luas). (Danoedoro, 2002).

Kehadiran Teknologi SIG yang diintegrasikan dengan teknologi pengolahan citra digital saat ini juga telah mampu meningkatkan potensi pemanfaatan citra satelit. Informasi yang dapat disadap dari citra digital tak lagi hanya berdasarkan aspek spektralnya (*spectral-based*) saja. Sebagai contoh, informasi mengenai aspek fungsi penggunaan lahan dan aspek rotasi tanaman pun dapat disadap dari citra digital satelit melalui pengolahan yang diintegrasikan dengan SIG. Pandangan secara proposional akan manfaat citra digital satelit, yaitu mengerti akan pemanfaatan informasi yang optimal. Survei dan pemetaan geologi, evaluasi kemampuan dan kesesuaian lahan, perencanaan pengembangan wilayah, pengolahan wilayah pantai, pengolahan daerah aliran sungai (DAS), serta mitigasi bencana alam merupakan contoh-contoh di antara banyak aplikasi yang membutuhkan informasi dasar berdasarkan citra satelit.

B. Digital Elevation Model

DEM merupakan bentuk tiga dimensi dari permukaan bumi yang memberikan data berbagai morfologi, seperti kemiringan lereng, aspek lereng, ketinggian tempat, dan area DAS (Zhou dan Liu 2003). Pembuatan DEM pada dasarnya merupakan proses matematis terhadap data ketinggian yang diperlukan dari peta kontur. Hasil DEM yang biasa dibuat berbentuk data vektor (TIN) dan data raster (*Grid*). Jenis TIN (*Triangulated Irregular Network*) merupakan representasi dari permukaan bumi, digambarkan dalam tiga dimensi berkoordinat (x,y dan z).

Prahasta (2008) menyimpulkan, data DEM dapat diistilahkan sebagai *Digital Terrain Model* (DTM) dan dikelompokan menjadi dua jenis yaitu:

1. DTM *irregular*, titik-titik data dipilih cenderung secara subjektif oleh pengamat berdasarkan prioritas objek atau unsur didalam pandangan visualnya. Titik-titik data yang diambil cenderung merupakan titik-titik yang menggambarkan perubahan permukaan bumi (topografi). Contoh jenis DTM *irregular* diantaranya, DTM acak dan DTM kontur.
2. DTM *Regular*, adalah DTM yang memiliki sebuah komponen planimetris dengan pola atau keteraturan jarak tertentu. Contoh jenis DTM *Regular* yaitu, DTM *grid*, DTM *rectangular*, DTM *triangular*, dan DTM *profit*.

C. Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan perpindahan massa batuan dan tanah dari tempat tinggi ke tempat rendah karena gaya gravitasi. Setelah batuan lapuk, gaya gravitasi akan menarik material pelapukan ke tempat lebih rendah. Mengingat dampak yang

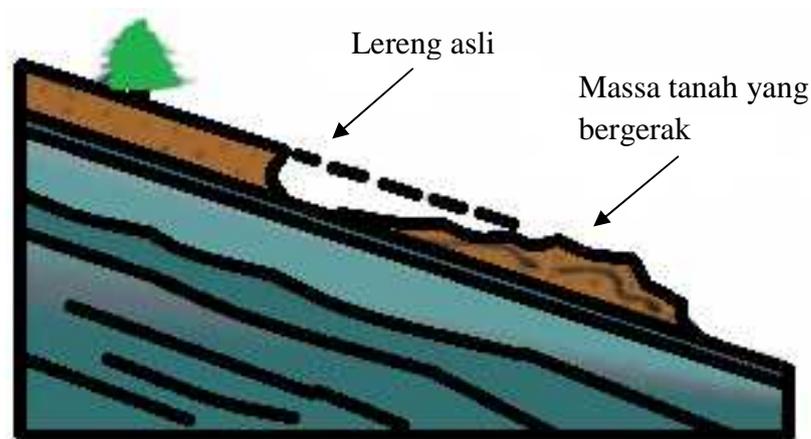
dapat ditimbulkan oleh bencana tanah longsor, maka identifikasi daerah kejadian tanah longsor penting untuk dilakukan agar dapat diketahui penyebab utama dan karakteristiknya (Effendi, 2008).

D. Jenis-Jenis Longsor

Longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Longsor akibat terganggunya kestabilan tanah, dapat dipicu oleh getaran dan gaya aliran air (Subagio, 2008). Menurut Subowo, (2003) ada 6 jenis tanah longsor di Indonesia, diantaranya:

A. Longsoran Translasi

Longsoran translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir terbentuk merata atau menggelombang landai. Longsoran translasi ditunjukkan seperti pada **Gambar 4**

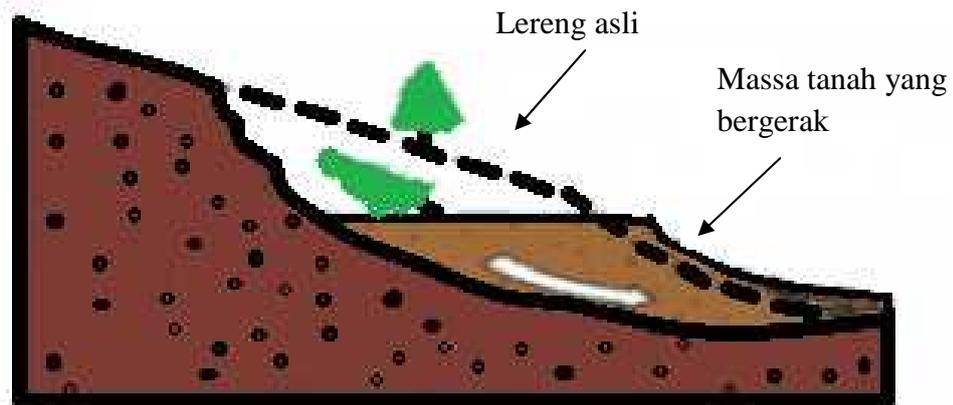


Gambar 4. Longsoran translasi

B. Longsoran Rotasi

Longsoran rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Longsoran rotasi ditunjukkan seperti pada

Gambar 5

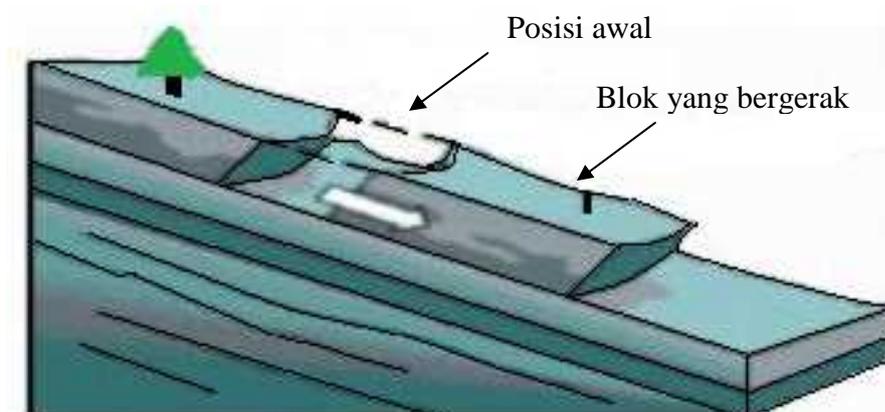


Gambar 5. Longsoran rotasi

B. Pergerakan Blok

Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir bentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran translasi blok batu.

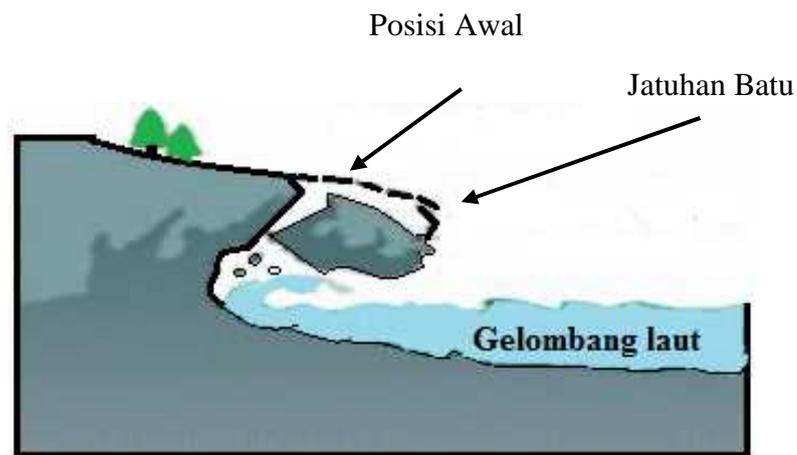
Pergerakan blok ditunjukkan seperti pada **Gambar 6**



Gambar 6. Pergerakan blok

C. Runtuhan Batu

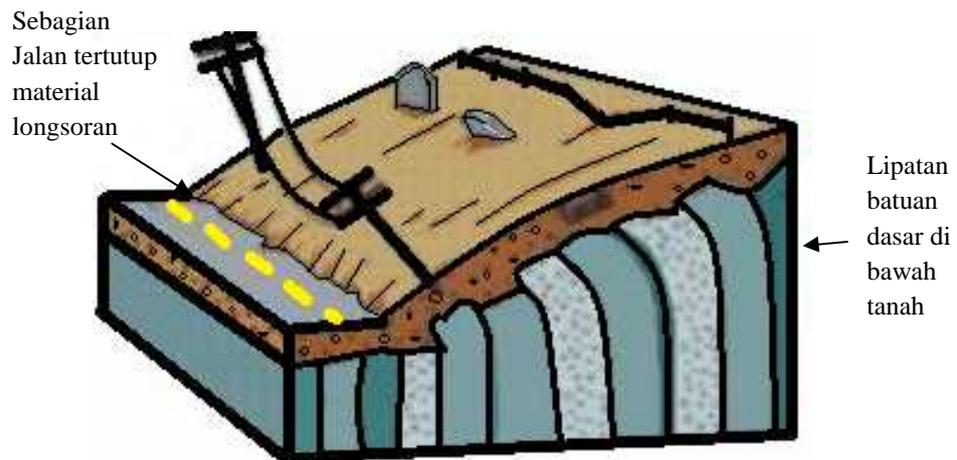
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama daerah pantai. Runtuhan batu ditunjukkan seperti pada **Gambar 7**



Gambar 7. Runtuhan batu

D. Rayapan Tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah. Berikut merupakan jenis longsor rayapan tanah seperti pada **Gambar 8**

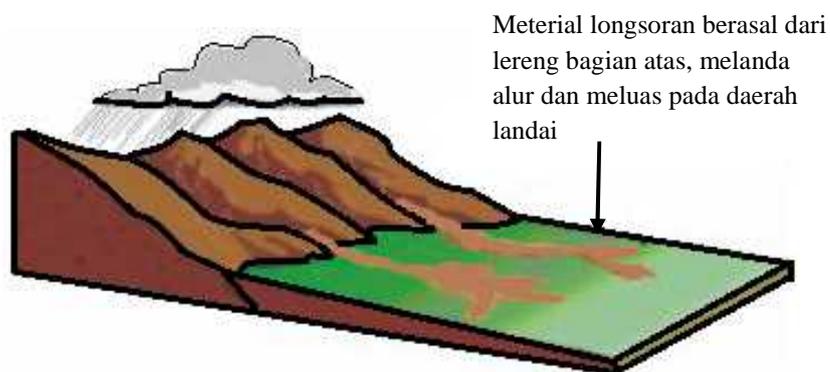


Gambar 8. Rayapan tanah

E. Aliran Bahan Rombakan

Jenis longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak. Aliran bahan rombakan ditunjukkan pada

Gambar 9



Gambar 9. Aliran bahan rombakan

E. Gempabumi

Gempabumi adalah pelepasan energi yang tersimpan di dalam bumi biasanya berbentuk tegangan pada batuan. Energi tersebut diteruskan ke bagian muka bumi melalui gelombang seismik. Gempabumi juga dapat dikatakan sebagai gerakan tanah secara tiba-tiba dari satu titik hingga ke segala arah. Setiap kejadian gempabumi direkam dan dicatat oleh *seismograf* berupa rangkaian gelombang seismik. Setelah melalui proses pengumpulan, pengolahan, dan analisis maka diperoleh parameter gempabumi seperti waktu kejadian gempabumi (*origin time*), lokasi episenter, kedalaman gempabumi, dan magnitudo (Subardjo, 2008). *Origin time* atau waktu terjadinya gempabumi berbentuk penjaralan gelombang gempabumi yang dinyatakan dalam satuan detik, menit, jam, tanggal, hari, bulan, dan tahun sebagai bentuk dari akumulasi tegangan (*stress*).

Refleksi tegak lurus dari fokus gempabumi atau hiposenter disebut dengan episenter. Lokasi episenter dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur dalam sistem koordinat geografis atau sistem koordinat kartesian bola bumi. Kedalaman sumber gempa yang dihitung tegak lurus dari permukaan bumi disebut dengan jarak hiposenter yang dinyatakan dalam satuan kilometer (Km). Sedangkan parameter yang menggambarkan besarnya kekuatan gempabumi disebut dengan magnitudo (Supartoyo, dkk, 2014).

F. Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

Percepatan gerak tanah maksimum menggambarkan besarnya getaran tanah maksimum akibat guncangan gempabumi. Nilai percepatan (*acceleration*) pada suatu titik tertentu dapat diketahui dengan *accelerometer* saat gelombang

seismik melintas di titik tersebut. Dibutuhkan suatu metode untuk memperkirakan besar percepatan tanah yang diperoleh akibat gempa bumi sebagai usaha mitigasi terhadap gempa bumi.

Getaran gempa bumi akibat pergerakan lempeng tektonik menyebabkan bangunan akan mengalami gerak yaitu gerak vertikal (tegak) dan horisontal (mendatar). Gaya gempa tersebut secara horisontal dan vertikal akan terlihat di titik-titik massa pada bidang struktur. Percepatan dinyatakan dalam g (*Gravitational Acceleration* = g) atau m/s^2 ($1 g = 9,81 m/s^2$) atau dalam gal dimana $1 gal$ sama dengan $0,01 m/s^2$ ($1 G = 981 gal$). Persamaan empiris yang menghubungkan antara PGA dengan intensitas gempa bumi (Wu, dkk., 2003 : Wu dan Zhao, 2006) yaitu

$$PGA = \exp \left(\frac{I - 0,7}{2} \right) \quad (1)$$

Dimana : $I = I_0 EXP^{-b}$

= Jarak episenter

$b = 0,00051$

.... I_0 = Intensitas sumber gempa

= $1,5 (M - 0,5)$

I = Intensitas pada jarak episenter (stasiun pengamatan)

Nilai percepatan tanah maksimum menunjukkan tingkat resiko bencana. Nilai dari percepatan tanah maksimum dapat digunakan sebagai rencana tata ruang, desain struktur bangunan, dan bahan pertimbangan mitigasi bencana. (Irwansyah dan Winarko, 2012).

Beberapa hal berkaitan dengan getaran akibat gempabumi yaitu :

1. Semakin besar magnitudo gempa, maka getaran tanah di permukaan juga semakin besar.
2. Getaran tanah akan menurun seiring dengan jarak tempuh (atenuasi).
3. Kecepatan atenuasi getaran di berbagai tempat akan berbeda-beda akibat kondisi batuan bawah permukaan.
4. Geologi permukaan suatu tempat akan berdampak signifikan terhadap getaran tanahnya.

Nilai percepatan tanah terbagi menjadi dua jenis, yaitu percepatan tanah sesaat dan percepatan tanah maksimum. Nilai terbesar dihitung di titik penelitian atau titik amat pada permukaan bumi berdasarkan riwayat gempabumi disebut dengan percepatan tanah maksimum, sedangkan untuk nilai percepatan tanah pada saat terjadinya gempabumi disebut dengan percepatan tanah sesaat. Percepatan tanah berbanding terbalik dengan periode getaran tanah dan berbanding lurus dengan amplitudo getaran tanah di permukaan bumi. Nilai percepatan tanah tidak dapat dihitung secara langsung dari persamaan-persamaan kecepatan karena banyak faktor, diantaranya dipengaruhi:

- a. Besarnya kekuatan gempabumi (Magnitudo)

Magnitudo adalah besarnya energi yang dilepaskan dihasilkan dari pengamatan seismograf pada saat terjadinya gempabumi.

- b. Kedalaman

Kedalaman sumber gempa bervariasi, yaitu gempa kedalaman dangkal, gempa kedalaman menengah dan gempa dalam batasannya tergantung dari

kekuatan tektonik setempat. Keadaan tektonik Daerah Sumatra dan sekitarnya dipengaruhi oleh subduksi Lempeng Indo-Australia terhadap Lempeng Eurasia. Klasifikasi kedalaman sumber gempa secara umum digunakan, yaitu:

1. Gempa dangkal ($h = 0 - 60\text{km}$)
2. Gempa menengah ($h = 61-300\text{km}$)
3. Gempa dalam ($h = > 300\text{km}$)

c. Jarak episenter

Titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari fokus gempabumi atau hiposenter disebut dengan episenter. Lokasi Episenter dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur dalam sistem koordinat geografis atau sistem koordinat kartesian bola bumi.

d. Sifat fisis batuan

Sifat fisis batuan dan tanah tempat terjadinya gempa adalah hal penting, karena dengan melakukan penelitian sifat fisis batuan dan tanah dapat diketahui akibat pergerakan dari lempeng akan berpengaruh terhadap batuan di muka bumi. Sifat fisik dari batuan breksi vulkanik dengan sementasi lemah sehingga mudah lepas. Nilai percepatan tanah dapat dihitung langsung dengan *accelerograph*. Mengingat jaringan *accelerograph* di Indonesia belum secanggih negara lain seperti Jepang, oleh karena itu dilakukan pengukuran percepatan tanah secara empiris, yaitu dengan pendekatan dari persamaan yang diturunkan dari magnitudo gempa atau data intensitas. Perumusan tersebut belum dipastikan benar,

karena perbedaan dari satu metode ke metode lainnya, namun dapat menggambarkan mengenai *PGA* (Ibrahim dan Subardjo, 2005).

G. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng dapat memberikan gambaran tingkat stabilitas terhadap kemungkinan terjadinya longsor atau runtuh tanah dan batuan, terutama pada saat terjadi kawasan rawan gempa bumi. Semakin terjal lereng maka potensi untuk terjadinya gerakan tanah dan batuan akan semakin besar, walaupun jenis batuan yang menempatnya cukup berpengaruh untuk tidak terjadinya longsor. Informasi kemiringan lereng untuk zonasi kerawanan bencana ini, menggunakan klasifikasi lereng dibuat oleh Van Zuidam (1988), yaitu:

- a. 0° - 2° : datar (*almost flat*)
- b. 2° - 4° : landai (*gently sloping*)
- c. 4° - 8° : miring (*sloping*)
- d. 8° - 16° : agak curam (*moderately steep*)
- e. 16° - 35° : curam (*steep*)
- f. 35° - 55° : sangat curam (*very steep*)
- g. $>55^{\circ}$: curam ekstrim (*extremely steep*)

H. Kerawanan Longsor

Rawan bencana adalah keadaan atau ciri-ciri khusus geologis, biologis, hidrologis, klimatologis, geografis, sosial, budaya, politik, ekonomi, dan teknologi pada suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi

kemampuan mencegah, mereda, mencapai kesiapan, dan mengurangi kemampuan untuk menanggapi dampak buruk bahaya tertentu (UURI No 24 th 2007 tentang Penanggulangan Bencana, Pasal 1 ayat 14).

Disiplin ilmu yang dapat digunakan untuk mengkaji kerawanan longsor adalah Geografi dan Geomorfologi. Geografi mempunyai tiga macam pendekatan untuk mengkaji fenomena di lingkungan, yaitu pendekatan spasial, ekologis, dan kompleks wilayah. Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari bentuk lahan dan proses terbentuknya, baik di daratan maupun di dasar lautan dan menekankan pada proses pembentukan dan perkembangan pada masa mendatang, serta konteksnya dengan lingkungan (Verstappen, 1983). Analisis longsor di dasarkan pada lima variabel yaitu:

1. Geologi : meliputi sifat fisik batuan, sifat keteknikan batuan, batu/tanah pelapukan, susunan dan kedudukan batuan (stratigrafi), dan struktur geologi
2. Morfologi : aspek yang di perhatikan adalah kemiringan lereng dan permukaan lahan
3. Curah hujan : meliputi intensitas dan lama hujan
4. Penggunaan lahan : meliputi pengelolaan lahan dan vegetasi penutup
5. Kegempaan : meliputi intensitas gempa

I. Analisis Keputusan Multikriteria

Multi objek pada dasarnya merupakan sistem-sistem riil yang sering terjadi. Seringkali multi objek berbenturan dengan objek lainnya (seperti satu objek

memperbaiki dan objek lain mungkin memburuk). Analisis dimensional dapat membantu para pembuat keputusan dalam menentukan kebijakan (Malczewski, 1999). Analisis keputusan multikriteria spasial diartikan sebagai proses penggabungan dan transformasi data *input* spasial dan aspasial ke dalam keputusan resultan (*output*). Hukum keputusan multikriteria didefinisikan sebagai hubungan antara peta masukan dan peta keluaran. Kerangka kerja dari analisis keputusan mutikriteria spasial dapat diklarifikasikan ke dalam 3 fase (intelijen, desain, dan pilihan).

Elemen utama analisis keputusan multikriteria adalah sebagai berikut :

- a. Definisi masalah adalah situasi dimana individu atau grup merasa ada perbedaan antara kondisi sebenarnya dan kondisi yang diinginkan.
- b. Evaluasi kriteria terdiri dari tahapan susunan objek secara komprehensif menggambarkan semua aspek yang relevan dengan masalah keputusan. Mengukur untuk mencapai objek tersebut, atau dapat disebut sebagai atribut. Atribut berhubungan dengan entitas geografi sehingga dapat di presentasikan dalam bentuk peta-peta.
- c. Alternatif dan pebatas adalah alternatif tindakan yang harus dipilih oleh pembuat keputusan. Masing-masing alternatif keputusan spasial terdiri dari paling sedikit dua elemen dasar yaitu aksi dan lokasi. Alternatif secara lengkap ditetapkan dengan menentukan nilai variable keputusan.
- d. Bobot kriteria
Perbedaan kepentingan dalam keputusan multikriteria memerlukan informasi mengenai kepentingan relatif masing-masing kriteria. Biasanya dicapai dengan menentukan bobot masing-masing kriteria yang

menunjukkan kepentingan relatif kriteria dengan kriteria lain. Dalam kasus kriteria sebanyak n , susunan bobot didapatkan dengan cara sebagai berikut:

$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ dimana $w_i \geq 0$ dan $\sum w_i = 1$

Prosedur paling populer meliputi ranking, rating dan perbandingan berpasangan (Setiawan, 2008)

➤ Metode Ranking

Metode ranking memiliki prosedur paling sederhana, setiap kriteria diranking sesuai pilihan pembuat keputusan seperti :

- Ranking lurus (paling penting = 1, penting kedua = 2,.....) atau
- Ranking terbalik (paling tidak penting = 1, setelah paling tidak penting = 2,.....)

Keuntungan metode ranking adalah penerapannya sederhana, sedangkan kerugiannya pada saat menggunakan jumlah kriteria lebih besar, metode menjadi kurang tepat.

➤ Metode Rating

Metode rating memerlukan pembuat keputusan memperkirakan bobot pada dasar penentuan skala yaitu skala 0 sampai dengan 100. Metode ini dimodifikasi kedalam bentuk prosedur perkiraan rasio sebagai berikut :

- Nilai 100 ditentukan untuk kriteria yang paling secara proporsional bobot lebih kecil diberikan terhadap kriteria lebih rendah.
- Nilai masing-masing kriteria dibagi dengan nilai rendah. Rasio ini menggambarkan keinginan relatif perubahan dari tingkat rendah.

➤ Metode Perbandingan Berpasangan

Metode ini terdiri dari perbandingan berpasangan dalam bentuk matrik dan menempatkan perbandingan berpasangan sebagai input dan hasil bobot relatif sebagai output. Bobot ditentukan dengan normalisasi vektor eigen pada nilai eigen maksimum rasio matrik. Metode ini terdiri dari tiga langkah, yaitu: membentuk matrik perbandingan, menghitung bobot, dan memperkirakan rasio konsistensi. Berikut merupakan tabel pembobotan kriteria dan alternatif pada **Tabel 1**

Tabel 1. Matriks pembobotan untuk kestabilan wilayah terhadap kawasan rawan gempa bumi dan kawasan rawan longsor komponen (informasi geologi) yang diperhitungkan (*Peraturan Menteri PU No 21 Tahun 2000*)

No	Informasi Geologi	Kelas Informasi	Nilai Kemampuan	Bobot	Skor
1	Geologi (sifat fisik dan keteknikan batuan)	Andesit, granit, diorit, metaamorf, breksi vulkanik, aglomerat, breksi sedimen, konglomerat	1	3	3
		Batupasir, tufa kasar, batu lanau, arkose, greywacke, batu gamping	2		6
		Pasir, lanau, batu lumpur, napal, tufa halus, serpih	3		9
		Lempung, lumpur, lempung organik, gambut	4		12
2	Kemiringan Lereng	Datar – Landai (0 – 4)	1	3	3
		Miring – Agak Curam (4 – 16)	2		6
		Curam – Sangat Curam (16 – 55)	3		9
		Curam Ekstrim (>55)	4		12

3	Kegempaan	MMI		Richter			
		I, ii, iii, iv, v	< 0,05 g	< 5	1	5	5
		Vi, vii	0,05 – 0,15 g	5 – 6	2		10
		Viii	0,15 – 0,30 g	6 – 6,5	3		15
		Ix, x, xi, xii	> 0,30 g	> 6,5	4		20
4	Struktur Geologi	Jauh dari zona sesar			1	4	4
		Dekat dengan zona sesar (1 -5 km)			2		8
		Pada zona sesar (< 1 km)			4		16
5	Curah Hujan	< 1000 mm/th			1	2	2
		1000 - 2000 mm/th			2	2	4
		> 2000 mm/th			4	2	8
6	Tata Guna Lahan	Pemukiman			2	2	4
		Sawah			3	2	6
		Hutan			1	2	2

		Semak Belukar	4	2	8
		Ladang	3	2	6
		Hutan Gundul	5	2	10

e. aturan keputusan

Aturan keputusan membantu dalam menentukan alternatif yang dipilih. Permasalahan pembuatan keputusan spasial terdiri dari susunan objek dan atribut, atau keduanya. Sejumlah aturan keputusan dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah multikriteria. Tiga metode multikriteria yang populer adalah metode *Simple Additive Weight (SAW)*, pendekatan fungsi nilai dan *Analytical Hierarchical Process (AHP)*.

f. Rekomendasi

Akhir dari proses pembuatan keputusan adalah rekomendasi. Rekomendasi harus berdasarkan *ranking* alternatif dan analisa sensitivitas, termasuk di dalamnya adalah alternatif terbaik, atau grup alternatif.

J. Metode *Simple Additive Weight (SAW)*

Metode Simple Additive Weighting (SAW) sering juga dikenal istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar metode SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari rating kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut (Fishburn, 1967). Metode SAW membutuhkan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke suatu skala yang dapat diperbandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Metode ini merupakan metode paling terkenal dan banyak digunakan dalam menghadapi situasi *Multiple Attribute Decision Making (MADM)*. Metode SAW ini mengharuskan pembuat keputusan menentukan bobot bagi setiap atribut. Skor total untuk alternatif diperoleh dengan menjumlahkan seluruh hasil perkalian antara rating (yang dapat dibandingkan lintas atribut) dan bobot tiap atribut.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Tugas Akhir

Pelaksanaan Tugas Akhir dilakukan pada:

Tanggal : 13 Agustus 2018 – 12 Oktober 2018

Tempat : BMKG Stasiun Geofisika Kotabumi, Lampung Utara

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Laptop
2. Software Arcgis 10.3
3. Microsoft Excel

C. Data Penelitian

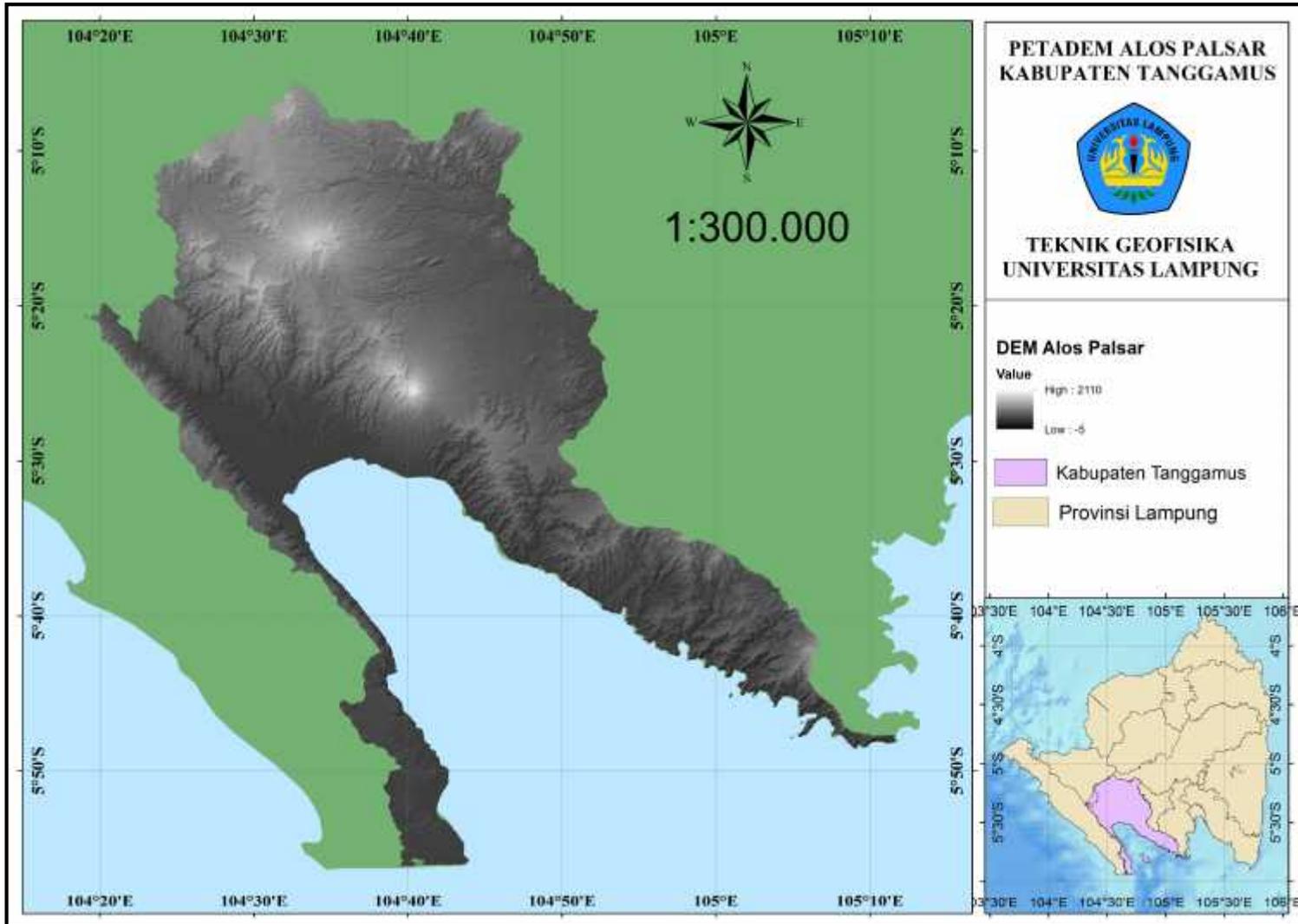
1. Peta Geologi

Berdasarkan peta geologi lembar Palembang (**Gambar 2**) daerah penelitian merupakan zona sesar dan batuan penyusun daerah penelitian didominasi oleh batuan gunungapi kuartar (breksi gunungapi, lava, dan tuf bersusun andesit-basal), dan batuan gunungapi oligo miosen (lava, breksi gunungapi, dan tuf yang terdiri dari

batuan gunungapi oligo miosen (lava, breksi gunungapi dan tuf yang terdiri dari andesit basal, bersisipan batupasir) Terdapat singkapan-singkapan yang disebabkan oleh adanya sesar. Peta ini diperoleh dari BMKG Kli Kotabumi. Peta geologi yaitu peta geologi wilayah penelitian yang diambil dari peta geologi lembar Palembang seperti pada **Gambar 2**.

2. Data *Digital Elevation Model* (DEM)

Data DEM alos palsar akan diolah dengan menggunakan *software* ArcGIS sehingga dihasilkan peta kemiringan lereng dan peta topografinya. Data DEM alos palsar adalah data elevasi muka bumi yang dihasilkan dari satelit milik NASA (*National Aeronautics adn Space Administration*) dengan resolusi spasial 12,5 meter. Pada penelitian ini data kemiringan lereng yang berasal dari data *Digital Elevation Model* (DEM) alos palsar diperoleh dari *Alaska Satellite Facility* seperti terlihat pada **Gambar 10**



Gambar 10. Peta DEM Kabupaten Tanggamus (*Alaska Satellite Facility, 2018*)

3. Peta Peak Ground Acceleration (PGA) 2017

Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) diperoleh dari Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) tahun 2017. Penelitian menggunakan peta PGA Kabupaten Tanggamus dari PUSGEN, diperlihatkan pada **Gambar 13**.

4. Peta Sesar

Peta sesar diperoleh dari Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN) tahun 2017 diperlihatkan pada **Gambar 14**. Untuk pengkajian zona kerawan bencana ini, maka digunakan jarak terhadap zona sesar sebagai acuan kestabilan wilayah. Semakin jauh suatu wilayah dari zona sesar maka wilayah tersebut akan semakin stabil.

Jarak kurang dari 1000 m dianggap sebagai zona tidak stabil, sementara antara 1000 – 5000 m dianggap sebagai zona kurang stabil dan lebih dari 5000 m diklasifikasikan sebagai zona stabil.

5. Data Kependudukan Kabupaten Tanggamus

Penelitian menggunakan data jumlah penduduk Kabupaten Tanggamus tahun 2015. Data ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. Data kependudukan akan digunakan untuk mengetahui besarnya resiko korban jiwa apabila terjadi bencana longsor di Kabupaten Tanggamus. Distribusi kepadatan penduduk di Tanggamus diperlihatkan pada **Gambar 20**. Tingkat kepadatan penduduk diklasifikasikan seperti pada **Tabel 2**

Tabel 2. Tingkat Kepadatan Penduduk (Perka BPS No 37 Tahun 2010)

No	Kepadatan Penduduk (jiwa/km ²)	Klasifikasi
1	< 500	Rendah
2	500 - 1.249	Sedang
3	> 1.249	Tinggi

6. Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan dapat menjadi faktor pengontrol dan meningkatkan resiko gerakan tanah. Tutupan lahan dalam bentuk tanaman-tanaman hutan akan mengurangi erosi. Adapun tutupan lahan dalam bentuk permukiman, sawah dan kolam akan rawan terhadap erosi, sedangkan lahan tanpa penutup akan sangat rawan terhadap erosi dan gerakan tanah. Data tata guna lahan ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial.

Gambar 15 memperlihatkan peta tata guna lahan di Kabupaten Tanggamus.

7. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan Kabupaten Tanggamus tahun 2018 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Peta curah hujan Kabupaten Tanggamus diperlihatkan pada **Gambar 16**. Pembuatan peta curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode poligon thiessen. **Tabel 3** memperlihatkan klasifikasi curah hujan pertahun.

Tabel 3. Klasifikasi Curah Hujan (BMKG, 2018)

No	Curah Hujan (mm/th)	Klasifikasi
1.	<1000	Ringan
2.	1000-2000	Sedang
3.	>2000	Tinggi

D. Metode Analisa

Penelitian menggunakan metode multikriteria sehingga akan diperoleh hasil tingkat kerawanan bencana tanah longsor di Kabupaten Tanggamus. Penelitian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut

1. Pengumpulan Data Yang Diperlukan

Pada penelitian ini data yang digunakan oleh penulis antara lain yaitu, data SRTM, data geologi, data sesar, data nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA), dan juga data jumlah penduduk Provinsi Lampung.

2. Pembobotan

Pembobotan yang diberikan adalah dari angka 1 hingga 5. Nilai 1 memberikan arti tingkat kepentingan informasi geologi sangat tinggi, artinya informasi geologi tersebut adalah informasi paling diperlukan untuk mengetahui zonasi bencana alam. **Tabel 4** merupakan urutan pembobotan yang diberikan dalam zonasi kawasan rawan bencana:

Tabel 4. Pembobotan (Peraturan Menteri PU No 21 tahun 2007)

Pembobotan	Klasifikasi
1	Kepentingan Sangat Tinggi
2	Kepentingan Tinggi
3	Kepentingan Sedang
4	Kepentingan Rendah
5	Kepentingan Sangat Rendah

3. Nilai Kemampuan

Nilai kemampuan yang diberikan untuk tingkat kerawanan bahaya tanah longsor melalui angka 1 hingga 4. Nilai 1 adalah nilai tertinggi suatu wilayah terhadap kemampuannya untuk stabil terhadap bencana tanah longsor. Nilai 4 adalah nilai untuk daerah yang tidak stabil terhadap bencana tanah longsor. **Tabel 5** memperlihatkan urutan nilai kemampuan yang diberikan untuk penentuan skoring kestabilan wilayah:

Tabel 5. Klasifikasi nilai kemampuan (Peraturan Menteri PU No 21 tahun 2007)

Nilai Kemampuan	Klasifikasi
1	Tinggi
2	Sedang
3	Rendah
4	Sangat Rendah

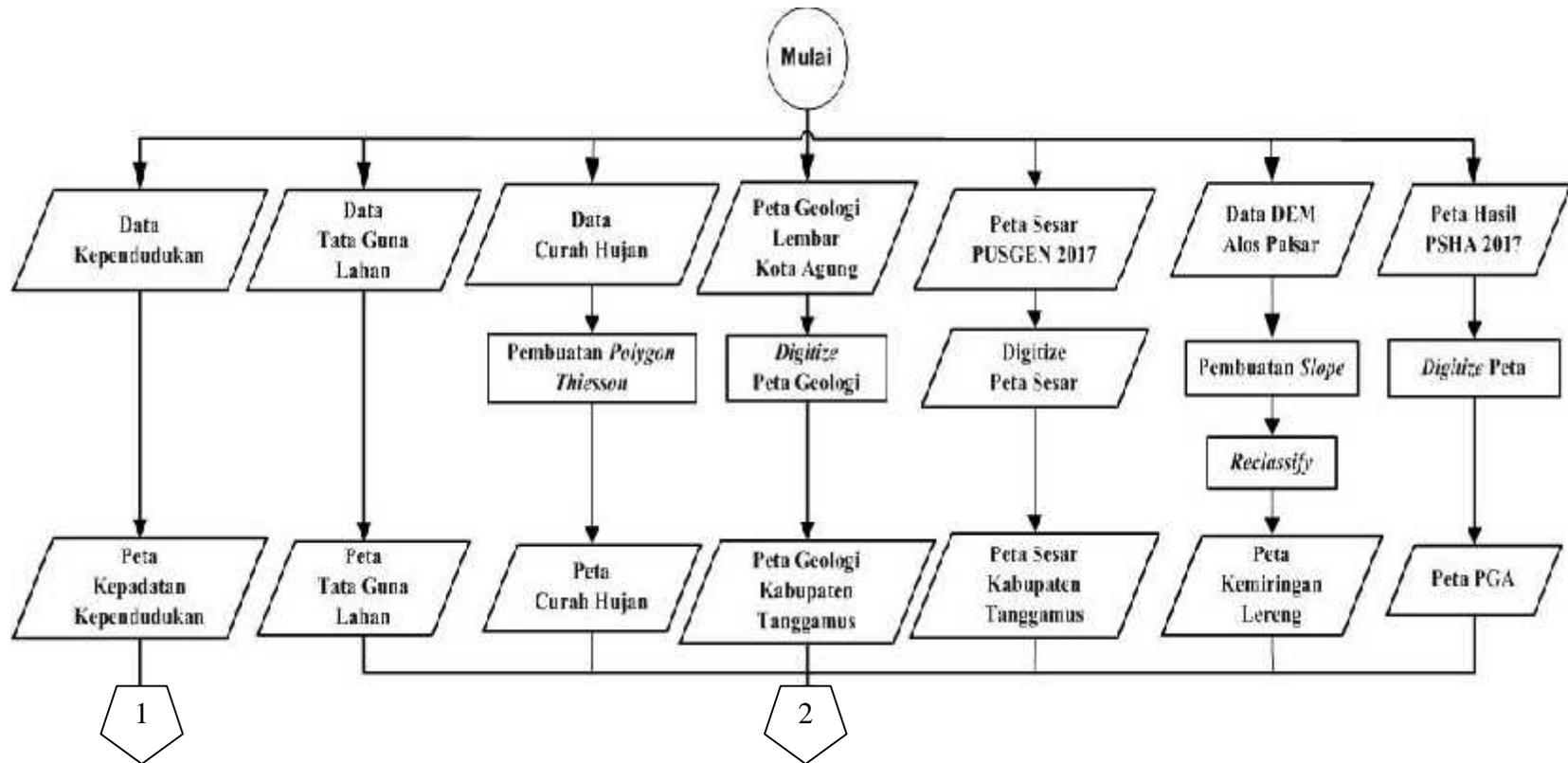
4. Skoring

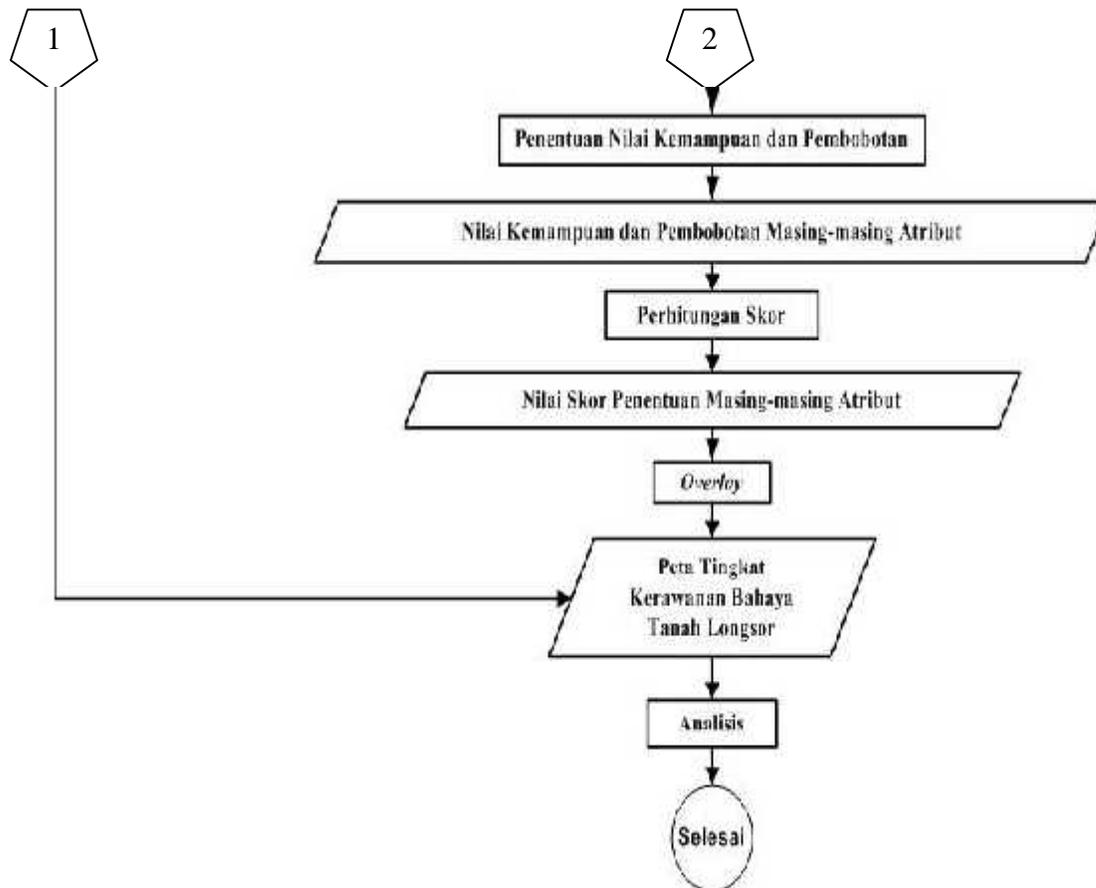
Skoring merupakan perkalian antara “pembobotan” dengan “nilai kemampuan”, dan dari hasil perkalian tersebut dibuat suatu rentang nilai kelas yang menunjukkan nilai kemampuan lahan didalam menghadapi bencana alam kawasan rawan gempabumi dan kawasan rawan letusan gunung berapi. Dari hasil perkalian tersebut maka dapat dibuat kelas kerawanan tanah longsor (**Tabel 6**).

Tabel 6. Nilai Skor (Peraturan Kepala BNPB no 2 tahun 2012)

Kelas Kerawanan	Rentang Skor
Rendah	0,33
Sedang	0,67
Tinggi	1,0

E. Diagram Alir





Gambar 11. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Tanah longsor yang diakibatkan oleh gempa bumi di Kabupaten Tanggamus, dengan derajat kerawanan sedang memiliki total skor 0,4 sampai 0,65 dan derajat kerawanan tinggi memiliki total skor 0,67 sampai 0,85.
2. Tanah longsor diakibatkan oleh curah hujan di Kabupaten Tanggamus, dengan derajat kerawanan yang rendah memiliki total skor $< 0,33$, derajat kerawanan sedang dengan skor 0,34 sampai 0,66, dan derajat kerawanan tinggi dengan skor 0,67 – 1.
3. Jika dilihat dari faktor gempa bumi dan juga hujan, Kabupaten Tanggamus memiliki tingkat kerawanan bahaya tanah longsor sedang sampai tinggi. Derajat kerawanan sedang dengan skor 0,40 – 0,66, dan tinggi dengan total skor 0,67 - 0,86.
4. Kabupaten Tanggamus yang memiliki tingkat *hazard* yang paling tinggi adalah Kecamatan Kota Agung, hal ini dikarenakan Kota Agung memiliki tingkat kepadatan penduduk sedang dan memiliki potensi yang tinggi akan terjadinya bencana tanah longsor. Hal ini membuat besarnya kemungkinan jatuh korban jiwa apabila terjadi bencana tanah longsor.

B. Saran

1. Untuk daerah yang memiliki potensi longsor tinggi, perlu penelitian detail terkait dengan vegetasi tutupan lahan
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait jenis lapisan tanah dan ketebalan dengan menggunakan metode geolistrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi. 2015. *Wilayah Potensi Gerakan Tanah Di Provinsi Sumatra Barat Bulan Agustus 2015*. Laporan Penelitian PVMBG. Bandung.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2017. *Indeks Seismisitas Wilayah Lampung*. BMKG. Jakarta.
- Danoedoro, P. 2012. Edisi I. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Andi. Yogyakarta.
- Dibiyosaputro, S. 1992. *Longsorlahan Di Daerah Kecamatan Kokap Kabupaten Kulonprogo*. Daerah Iatimewa Yogyakarta. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Effendi. 2008. *Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor- Faktor Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor*. Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Fishburn, P.C. 1967. *A Problem based Selection of Multi Attribute Decision Making Methods*. Blackwell Publishing. New Jersey.
- Gafoer, S., Amin, T.C., Setyogroho, B. 1993. *Peta Geologi Indonesia, Lembar Palembang Skala 1 : 1.000.000*. Pusat Penelitian dan Pengemangan Geologi (PPPG). Bandung.
- Hamilton, W.R. 1979. *Tectonics of The Indonesia Region*. United States Geological Survey.
- Ibrahim, G. dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Irwansyah, E. dan Winarko, E. 2012. Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA). *Prosiding Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012)*. UPN Veteran Yogyakarta.

- Iskandar, Z. 2018. Bencana Longsor Kabupaten Tanggamus. Dikutip 18 Januari 2019 dari Lampost. [www.Lampost.co/Tanah Longsor Kabupaten Tanggamus](http://www.Lampost.co/Tanah%20Longsor%20Kabupaten%20Tanggamus)
- Karnawati, D. Syamsul, M. Teuku, F. dan Wahyu, W. 2012. *Development of Socio-Technical Approach for Landslide Mitigation and Risk Reduction Program in Indonesia*. [www. seed-net.org/download/C1-1_Paper3.pdf](http://www.seed-net.org/download/C1-1_Paper3.pdf). Accessed on 19 November 2018
- Karnawati, D. 2001. *Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya*. Pusat Studi Kebumihan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro. Semarang.
- Liu, dan Zou. 2003. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Andi. Yogyakarta.
- Malczewski, J. 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons Inc. Newyork.
- Munir, M. 2006. *Geologi Lingkungan*. Bayumedia Publishing. Malang
- Peraturan Menteri PU No. 21/PRT/M/2007 Tentang *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Letusan Gunung Berapi dan Rawan Gempa Bumi*.
- Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik No. 37 Tahun 2010 Tentang *Klasifikasi Perkotaan dan Perdesaan di Indonesia*.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Badan.
- Prahasta, E. 2008. *Model Permukaan Digital*. Informatika. Bandung.
- Rozak, A. 2009. Analisis Keaktifan Dan Resiko Gempa Bumi Pada Zona Subduksi Di Daerah Selatan Pulau Jawa Dan Sekitarnya Dengan Metode Likelihood. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Shelby, M.J. 1993. *Hillslope Material and Processes*. Oxford University Press. Oxford.
- Setiawan, J.H. 2008. *Mikrozonasi Seismisitas Daerah Yogyakarta dan Sekitarnya*. Thesis Magister ITB. Bandung.
- Sieh, K., dan Natawidjaja, D.H. 2000. Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia: *Journal.Geophys. Res.*, 105, 28,295–28,326.
- Subagio, Habib. 2008. *Model Spasial Penilaian Rawan Longsor Studi Kasus di Trenggalek*. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. Jakarta.

- Subowo, E. 2003. *Pengenalan Gerakan Tanah. Pusat Volkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.*, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.
- Subardjo. 2008. *Parameter Gempabumi.* Materi diklat teknis peningkatan kemampuan observasi Geofisika tahun 2008. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Supartoyo, Surono, dan Putranto, E.T. 2014. *Katalog Gempabumi Merusak di Indonesia Tahun 1612-2014.* Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air.* Andi. Yogyakarta.
- Undang-Undang RI No 24. 2007. Penanggulangan Bencana. Pasal 1 Ayat 14. Jakarta
- Van Zuidam, R.A. 1988. *Annual Photo Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphic Mapping.* International Institute for Aerospace Survey and Earth Science. ITC. Smith Publisher the Hague.
- Verstappen, H. 1983. *Applied Geomorphology.* Geomorphological Surveys for Environmental Development. New York, El sevier.
- Wiradisastra. 2002. *Geomorfologi dan Analisis Lanskap.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.