

**ANALISIS WILAYAH KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA LANSAT 8 OLI DAN CITRA SENTINEL 2-A
DI KECAMATAN BALIK BUKIT, KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

(Skripsi)

Oleh

**Gregorius Tua Chandra Manullang
1914071042**



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

LANDSLIDE VULNERABILITY AREA ANALYSIS USING LANSAT 8 OLI AND SENTINEL 2-A IMAGERY IN BALIK BUKIT SUB-DISTRICT, WEST LAMPUNG DISTRICT

By

Gregorius Tua Chandra M.

Landslides are a natural disaster that occurs in mountainous areas. Landslides happen due to the movement of soil or rock masses along slopes or beyond. One of the areas prone to landslides is Balik Bukit District, as it is located in a mountainous region with quite steep slopes. Landslide disaster mitigation is necessary, such as mapping landslide-prone areas. Landslide mapping can be processed using Geographic Information Systems (GIS), an information system that can integrate textual data (attributes) and graphic data (spatial) objects connected geographically on Earth. The data processed using GIS includes slope steepness, rainfall, geology, land cover, soil type, and vegetation density. The vegetation density of an area can be observed based on image captures, namely Lansat 8 OLI imagery and Sentinel 2-a imagery. Based on the interpretation of Lansat 8 imagery, the landslide susceptibility values are obtained as follows: The non-prone class is 5,012 Ha, or 27.47%; the low susceptibility class is 8,131 Ha, or 44.56%; the medium susceptibility class is 2,599 Ha, or 14.24%; the prone class is 1,865 Ha, or 10.22%; and the highly prone class is 641 Ha, or 3.51%. Meanwhile, based on the interpretation of Sentinel imagery, the landslide susceptibility values are as follows: The non-prone class is 1,991 Ha or 10.91%; the low susceptibility class is 6,905 Ha or 37.84%; the medium susceptibility class is 6,174 Ha or 33.83%; the prone class is 2,468 Ha or 13.52%; and the highly prone class is 710 Ha or 3.89%.

Keywords: Landslide, Geography Information System, Vegetation Density, Lansat Image, Sentinel Image.

ABSTRAK

ANALISIS WILAYAH KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR MENGUNAKAN CITRA LANSAT 8 OLI DAN CITRA SENTINEL 2-A DI KECAMATAN BALIK BUKIT, KABUPATEN LAMPUNG BARAT

Oleh

Gregorius Tua Chandra Manullang

Tanah longsor merupakan bencana alam yang terjadi di wilayah pegunungan. Longsor terjadi karena gerakan tanah akibat dari bergeraknya massa tanah atau batuan yang bergerak di sepanjang lereng atau di luar lereng. Salah satu wilayah yang rawan longsor adalah Kecamatan Balik Bukit, karena daerah tersebut berada di daerah pegunungan dan memiliki lereng yang cukup curam. Diperlukan mitigasi bencana untuk tanah longsor, seperti pemetaan daerah kerawanan longsor. Pemetaan longsor dapat diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), sistem informasi yang dapat memadukan antara data teks (atribut) dan data grafis (spasial) obyek yang dihubungkan secara geografis di bumi. Data diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, geologi, tutupan lahan, jenis tanah, dan kerapatan vegetasi. Kerapatan vegetasi suatu tempat dapat dilihat berdasarkan tangkapan citra, yaitu Citra Lansat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-a. Berdasarkan interpretasi citra lansat 8 di dapatkan nilai kelongsoran, yaitu kelas tidak rawan 5.012 Ha atau 27,47%, kelas kerawanan rendah 8131 ha atau 44,56% kelas kerawanan sedang 2.599 Ha atau 14,24%, kelas rawan 1.865 Ha atau 10,22%, kelas sangat rawan 6.41 Ha atau 3,51%. Sedangkan berdasarkan interpretasi citra sentinel di dapatkan nilai kelongsoran, yaitu kelas tidak rawan 1.991 Ha atau 10,91%, kelas kerawanan rendah 6.905 Ha atau 37,84%, kelas kerawanan sedang 6.174 Ha atau 33,83%, kelas rawan 2.468 Ha atau 13,52%, dan kelas sangat rawan 710 Ha atau 3,89%.

Kata kunci: Longsor, Sistem Informasi Geografis, Kerapatan Vegetasi (NDVI), Citra Lansat, Citra Sentinel.

**ANALISIS WILAYAH KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR
MENGUNAKAN CITRA LANSAT 8 OLI DAN CITRA SENTINEL 2-A
DI KECAMATAN BALIK BUKIT, KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Oleh

Gregorius Tua Chandra Manullang.

Skripsi

**Sebagai Salah Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : ANALISIS WILAYAH KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN CITRA LANSAT 8 OLI DAN CITRA SENTINEL 2-A DI KECAMATAN BALIK BUKIT, KABUPATEN LAMPUNG BARAT

Nama Mahasiswa : Gregorius Tia Chandra Manullang

No. Pokok Mahasiswa : 1914071042

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Ridwan, M.S.
NIP. 196511141995031001

Elhamida Rezki Amien, S.T.P., M.Si.
NIP. 0014029005

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asman, M.Si.
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

I. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Ir. Ridwan, M.S.



Sekretaris

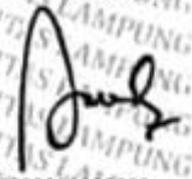
: Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si



Penguji

Bukan Pembimbing

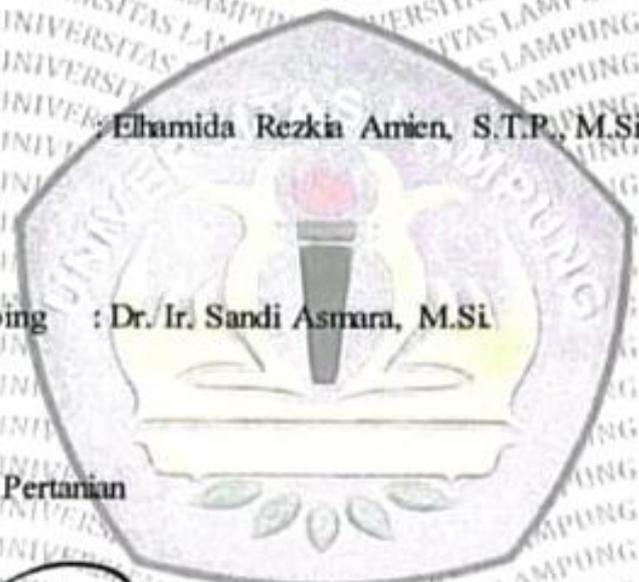
: Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si



Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Rusyanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya **Gregorius Tua Chandra M NPM 1914071042**

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Ir. Ridwan, M.S.** dan 2) **Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 06-Juli 2024
Yang membuat pernyataan



(Gregorius Tua Chandra Manullang)
NPM. 1914071042

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 11 Maret 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Manggi Manullang dan Ibu Tongon Roha Simamora. Pendidikan penulis diawali dari Taman Kanak-Kanak di TK Kenari Bojong Gede pada Tahun 2005, Sekolah Dasar di SDN Pengadilan 3 Kota Bogor pada Tahun 2006,

Sekolah Menengah Pertama di SMPN.11 Kota Bogor pada Tahun 2012, serta Sekolah Menengah Kejuruan SMKN 2 Kota Bogor pada Tahun 2015. Penulis diterima di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada Tahun 2019 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada Bulan Januari hingga Februari 2022, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2022 pada salah satu desa di Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor selama 40 hari. Pada bulan Juli 2022, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pengawasan dan Pengujian Mutu Benih (BP2MB) Kecamatan Tegineneng Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung, dengan judul Mempelajari Pengujian, Pengawasan Penedaran Pada Tanaman Kakao UPTD BP2MB Provinsi Lampung.

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Permulaan pengetahuan adalah takut akan Tuhan, hanya orang bodoh yang menghina hikmat dan didikan

(Amsal 1 : 7)

Dan biarlah orang-orang kita juga belajar melakukan pekerjaan yang baik untuk dapat memenuhi keperluan hidup yang pokok, supaya hidup mereka jangan tidak berbuah

(Titus 3 : 14)

Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginan mu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur.

(Filipi 4 : 6)

Jangan pernah melawan orang tua, karena tidak ada orang tua yang ingin menjerumuskan anaknya

(Manggi Manullang)

Kupersembahkan skripsi ini untuk :

Kedua orang tuaku

(Manggi Manullang dan Tongon Roha Simamora)

Keluarga Tercinta

SANWACANA

Syukur dan terima kasih yang begitu melimpah penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus Kristus untuk setiap penyertaan-Nya di setiap proses yang terjadi di dalam hidup penulis, dan pintu kasih yang senantiasa terbuka dan berikan hingga skripsi dengan judul “ANALISIS WILAYAH KERAWANAN BENCANA TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN CITRA LANSAT 8 OLI DAN CITRA SENTINEL 2-A DI KECAMATAN BALIK BUKIT, KABUPATEN LAMPUNG BARAT” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya dengan segala kerendahan dan ketulusan hati kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P, selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus selaku penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan nya dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Ridwan, M.S, selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan arahan, motivasi, bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi. Terima kasih sebanyak-banyak nya penulis ucapkan atas kebaikannya selama ini semoga bapak sehat selalu dan diberikan perlindungan oleh Tuhan Yang Maha Esa
4. Elhamida Rezkia Amien, S.T.P.,M.Si, selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dalam memberikan bimbingan, saran, nasihat serta arahan hingga penyelesaian skripsi ini. Terima kasih sebanyak-banyak nya penulis ucapkan atas kebaikannya selama ini semoga ibu sehat selalu dan diberikan perlindungan oleh Tuhan Yang Maha Esa

5. Winda Rahmawati, S.T.P.,M.Si. Selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan, memberikan arahan serta masukan kepada penulis.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Manggi Manullang dan Ibu Tongon Roha Simamora, yang telah mendidik, mendoakan, memberikan dukungan moril dan materil, memberikan semangat, motivasi, arahan, serta nasihat.
8. Kakak ku yang terbaik Laroza Aida Cindy Manullang dan Adik ku Cecilia Tionida Manullang yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan.
9. Keluarga Mora Jaya Group yang telah memberikan doa, dukungan, arahan, motivasi dan pengalaman kepada penulis.
10. Keluarga Manullang yang telah memberikan doa serta dukungan yang baik.
11. Rekan-Rekan seperjuangan Teknik Pertanian Angkatan 2019 yang telah kebersamai, memberikan dukungan, motivasi, pengalaman, bantuan, Ilmu, tempat berteduh dan kenangan-kenangan indah selama masa perkuliahan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih, semoga Teknik Pertanian 2019 dapat sukses dan diberikan perlindungan kepada Tuhan Yang Maha Esa.
12. Semua Pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, Juli 2024



Gregorius Tua Chandra M.
1914071042

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pemetaan	5
2.1.1 Fungsi dan Jenis Pemetaan	6
2.1.2 Pemetaan Daerah Rawan Bencana Longsor	6
2.2. Longsor	10
2.2.1 Pengertian Longsor	10
2.2.2. Tipologi Kawasan Rawan Bencana Longsor Berdasarkan Penetapan Zonasi.	13
2.2.3 Jenis – Jenis Longsor	15
2.2.4 Kerentanan dan Faktor Lahan Longsor	16
2.2.5 Penyebab Terjadinya Longsor	18
2.2.6 Tanda dan gejala longsor	19
2.2.7 Dampak bencana tanah longsor bagi kehidupan dan lingkungan.....	20
2.3. Penginderaan jauh	21
2.3.1 SIG (<i>System Information Geographic</i>)	23
2.3.2 Citra Landsat 8 OLI.	24
2.3.3 Citra Sentinel 2-A	27
III. METODE PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat.....	31
3.2 Alat dan Bahan	32
3.3 Prosedur Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Gambaran Umum	38
4.1.1 Administrasi Kecamatan Balik Bukit	38
4.1.2 Administrasi Kecamatan Balik Bukit	38

4.1.3 Kemiringan Lereng Kecamatan Balik Bukit	41
4.1.4. Jenis Tanah Kecamatan Balik Bukit.....	47
4.1.5 Curah Hujan Kecamatan Balik Bukit	50
4.1.6. Geologi Kecamatan Balik Bukit.....	55
4.1.7 Tutupan Lahan Kecamatan Balik Bukit	59
4.1.9 Kerapatan Vegetasi Intertpretasi Citra Lansat 8 OLI	64
4.1.8 Kerapatan Vegetasi Interpretasi Citra Sentinel 2-A	69
4.2. Daerah Kerawanan Longsor di Kecamatan Balik Bukit	76
4.2.1 Analisa Daerah Kerawanan Longsor di Kecamatan Balik Bukit	76
4.2.2 Daerah Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI.....	78
4.2.3 Daerah Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A.....	80
4.2.4. Tititk Kordinat Kerawanan Longsor Citra Lansat 8 OLI	84
4.2.5. Tititk Kordinat Kerawanan Longsor Citra Sentinel 2-A	84
V. KESIMPULAN.....	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bencana Tanah Longsor di Desa Kubu Perahu Tahun 2022	12
Gambar 2. Bencana Tanah Longsor di Desa Kubu Perahu Tahun 2024	12
Gambar 3. Tipologi zona berpotensi longsor berdasarkan hasil kajian hidrogeomorfologi.....	13
Gambar 4. Proses Penginderaan Jauh Melalui SatelitProses Penginderaan Jauh Melalui Satelit.....	21
Gambar 5. Sistem Informasi Geografis.....	23
Gambar 6. Satelit Sentinel 2 (Astrium GmbH)	28
Gambar 7. Konfigurasi orbit satelit Sentinel-2 (Astrium-GmbH).....	28
Gambar 8. Resolusi spektral kanal dibandingkan dengan resolusi spasial pada satelit Sentinel-2 MSI, LDCM OLI, dan SPOT 6/7. Ketinggian bar diskalakan dengan lebar sapuan satelit. Lebar sapuan Sentinel-2 sebesar 290 km, LDCM OLI 185 km.	29
Gambar 9. Peta Kecamatan Balik Bukit.	31
Gambar 10. Prosedur Penelitian.....	34
Gambar 11. Diagram Alir Pengolahan Data	35
Gambar 12. Peta Administrasi Kecamatan Balik.....	38
Gambar 13. Peta Sarana dan Prasarana Kecamatan Balik Bukit	40
Gambar 14. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Balik Bukit.....	41
Gambar 15. Peta Jenis Tanah Kecamatan Balik Bukit	47
Gambar 16. Peta Curah Hujan Kecamatan Balik Bukit.....	50
Gambar 17. Curah hujan terhadap Waktu, Intensitas, dan Durasi	54
Gambar 18. Peta Goelogi Kecamatan Balik Bukit.....	55
Gambar 19. Peta Tutupan Lahan Kecamatan Balik Bukit	59
Gambar 20. Peta Kerapatan Vegetasi menggunakan Citra Lansat 8 OLI.....	64
Gambar 21. Peta Kerapatan Vegetasi menggunakan Citra Sentinel 2-A.....	69
Gambar 22. Peta Kerawanan Longsor Kecamatan Balik Bukit.....	78
Gambar 23. Peta Kerawanan Longsor Kecamatan Balik Bukit.....	81
Gambar 24. Peta Koordinat Kerawanan Longsor Kecamatan Balik Bukit berdasarkan interpretasi Citra Lansat 8 OLI	84
Gambar 25. Peta Kordinat Kerawanan Longsor Kecamatan Balik Bukit berdasarkan interpretasi citra sentinel 2-A.....	85

Gambar 26. Ilustrasi Citra Pengorbitan Citra Sentinel 2-A dalam Pengambilan Rupa Bumi	94
Gambar 27. Interpretasi Citra Sentinel di Kecamatan Balik Bukit (<i>True Color</i>)	94
Gambar 28. Interpretasi Citra Sentinel di Kecamatan Balik Bukit (Band 4).....	95
Gambar 29. Interpretasi Citra Sentinel di Kecamatan Balik Bukit (Band 8).....	95
Gambar 30. Citra Sentinel setelah diolah menggunakan rumus NDVI	95
Gambar 31. Interpretasi Citra Lansat 8 OLI di Kecamatan Balik Bukit (Band 4).....	96
Gambar 32. Interpretasi Citra Lansat 8 OLI di Kecamatan Balik Bukit (Band 5).....	96
Gambar 33. Interpretasi Citra Lansat 8 OLI setelah diolah menggunakan rumus NDVI.....	97
Gambar 34. Interpretasi Citra Sentinel setelah diolah menggunakan rumus NDVI dan diberikan Warna	97
Gambar 35. Interpretasi Citra Lansat 8 OLI setelah diolah menggunakan rumus NDVI dan diberikan Warna	98
Gambar 36. Contoh Pengambilan Data Interpretasi Citra Sentinel 2-A	98

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis- Jenis Longsor	15
Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8	25
Tabel 3. Spesifikasi Band pada Citra Landsat 8	26
Tabel 4. Spesifikasi Band Citra Sentinel 2	30
Tabel 5. Bahan - Bahan Penelitian	32
Tabel 6. Luas Kecamatan Balik Bukit	39
Tabel 7. Kemiringan Lereng Kecamatan Balik Bukit.....	41
Tabel 8. Kemiringan Lereng Datar (0-2%)	42
Tabel 9. Kemiringan Landai (2-5%)	43
Tabel 10. Kemiringan Agak Curam (5-15%).....	43
Tabel 11. Kemiringan Curam (15-40%)	44
Tabel 12. Kemiringan Lereng Sangat Curam (>40%)	45
Tabel 13. Jenis Tanah Kecamatan Balik Bukit	47
Tabel 14. Luas Jenis Tanah Chromic Luvisols	48
Tabel 15. Luas Jenis Tanah Andosols.....	48
Tabel 16. Curah Hujan Kecamatan Balik Bukit.....	50
Tabel 17. Curah Hujan Sangat Kering	51
Tabel 18. Curah Hujan Kering	52
Tabel 19. Curah Hujan Lembab	52
Tabel 20. Curah Hujan Basah	53
Tabel 21. Curah Hujan sangat Basah	53
Tabel 22. Penggunaan Lahan Kecamatan Balik Bukit	55
Tabel 23. Geologi Sedimentation: neritic: shallow	56
Tabel 24. Geologi Volcanism Subaerial	57
Tabel 25. Geologi Volcanism: submarine.....	57
Tabel 26. Tutupan Lahan Kecamatan Balik Bukit.....	59
Tabel 27. Tutupan Lahan Belukar.....	60
Tabel 28. Tutupan Lahan Hutan Lahan Kering Primer.....	61
Tabel 29. Penggunaan Lahan Hutan Lahan Kering Sekunder	61
Tabel 30. Penggunaan Lahan Pemukiman	62
Tabel 31. Penggunaan Lahan Pertanian Lahan Kering Campur	62
Tabel 32. Penggunaan Lahan Sawah	63
Tabel 33. Kelas Vegetasi Interpretasi Citra Lansat 8 OLI.....	64

Tabel 34. Kelas Vegetasi Sangat Jarang Citra Lansat 8 OLI.....	65
Tabel 35. Kelas Vegetasi Jarang Citra Lansat 8 OLI.....	66
Tabel 36. Kelas Vegetasi Sedang Citra Lansat 8 OLI	66
Tabel 37. Kelas Vegetasi Rapat Citra Lansat 8 OLI.....	67
Tabel 38. Kelas Vegetasi Sangat Rapat Citra Lansat 8 OLI.....	67
Tabel 39. Kelas Vegetasi Interpretasi Citra Sentinel 2-A	69
Tabel 40. Kelas Vegetasi Sangat Jarang Citra Sentinel 2-A.....	70
Tabel 41. Kelas vegetasi jarang Citra Sentinel 2-A	71
Tabel 42. Kelas Vegetasi Sedang Citra Sentinel 2-A	71
Tabel 43. Kelas vegetasi rapat Citra Sentinel 2-A	72
Tabel 44. Kelas vegetasi sangat rapat Citra Sentinel 2-A.....	73
Tabel 45. Interval Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A	77
Tabel 46. Interval Kerawanan Longsor Lansat 8 OLI	77
Tabel 47. Total Skoring Parameter masing-masing parameter.....	78
Tabel 48. Daerah Rawan Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI.....	79
Tabel 49. Luas Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI.....	79
Tabel 50. Daerah Rawan Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A	81
Tabel 51. Luas Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A.....	82
Tabel 52. Titik Koordinat Kerawanan Longsor Citra Sentinel 2-A.....	99
Tabel 53. Titik Koordinat Kerawanan Longsor Citra Lansat 8 OLI.....	113
Tabel 54. Sarana Prasarana Berdasarkan Kordinat Peta Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI	129
Tabel 55. Sarana Prasarana Berdasarkan Kordinat Peta Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A	129
Tabel 56. Tabel Sampel Skoring Citra Lansat 8 OLI.....	130
Tabel 57. Sampel Skoring Citra Sentinel 2-A.....	135

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak di antara pertemuan tiga lempeng pengunungan besar di dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng pasifik dan lempeng hindia-australia di sebelah selatan. Akibat dari pertemuan tiga lempeng maka terbentuklah palung, lipatan, patahan dan sebaran gunung berapi. Salah satu pulau paling rawan bencana adalah Pulau Sumatera. Lampung Barat merupakan kabupaten di wilayah Provinsi Lampung yang dilalui Zona Sesar Sumatra dan dekat dengan zona subdaksi antara Lempeng IndoAustralia dengan Lempeng Samudra Hindia (Koswara dan Santoso, 1995; Sieh dan Natawidjaja, 2000). Konsekuensi hal tersebut adalah wilayah Liwa dan sekitarnya rawan akan bencana gempa bumi (Sieh dkk., 2000).

Bencana alam sangat merugikan masyarakat dari material sampai immaterial. Salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, yaitu bencana alam Tanah Longsor. Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang umumnya terjadi di wilayah pegunungan (mountainous area), terutama di musim hujan, yang dapat mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya seperti perumahan, industri, dan lahan pertanian yang berdampak pada kondisi sosial masyarakat dan menurunkan perekonomian di suatu daerah (Yuniarta dkk., 2015).

Tanah longsor terjadi karena adanya gerakan tanah sebagai akibat dari Bergeraknya massa tanah atau batuan yang bergerak di sepanjang lereng atau di luar lereng karena faktor gravitasi. Kekuatan- kekuatan gravitasi yang dipaksakan pada tanah-tanah miring melebihi kekuatan memecah ke samping yang

mempertahankan tanah-tanah tersebut pada posisinya, kandungan air yang tinggi menjadikan tanah menjadi lebih berat, yang meningkatkan beban, dan mengurangi kekuatan memecah kesampingnya (Khosiah dkk., 2017).

Kecamatan Balik Bukit merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Lampung Barat. Kecamatan Balik bukit memiliki luas lahan 175,6 km² dengan 12 Desa/Kelurahan. Kecamatan Balik Bukit mempunyai tanah yang labil dengan banyak daerah perbukitan dan ketinggiannya mencapai 667 m di atas permukaan laut. Hal ini menjadi bukti bahwa Kecamatan Balik Bukit sangat berpotensi untuk terjadi nya bencana longsor. Hal ini pun di dukung oleh beberapa kejadian selama tahun 2022. Dilansir dari Tribun Lampung Barat, ada 110 bencana di daerah Lampung Barat. Bencana ini didominasi oleh bencana tanah longsor yang banyak merenggut korban jiwa dan memengaruhi kondisi perekonomian daerah tersebut. Kondisi seperti ini harus diperhatikan dengan membuat titik-titik daerah yang berpotensi terjadinya longsor, atau bisa disebut dengan pemetaan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) atau yang disebut juga GIS (*Geography Information System*) adalah suatu sistem informasi yang dapat memadukan antara data teks (atribut) dan data grafis (spasial) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*geofence*). Disamping itu, SIG juga dapat menggabungkan data, mengatur data, dan melakukan analisis data yang akhirnya akan menghasilkan keluaran yang dapat dijadikan acuan dalam pengambilan keputusan. Integrasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi sebagai sarana analisis spasial sangat bermanfaat untuk menurunkan informasi baru berdasarkan sekumpulan informasi Tematik.

Menurut Bernhardsen (2002), SIG merupakan sistem komputer yang digunakan untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk akuisisi dan verifikasi data, kompilasi data, penyimpanan data, perubahan dan pembaharuan Data manajemen dan pertukaran data manipulasi data pemanggilan, dan presentasi

Dalam pengambilan Citra Lansat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-a di dapatkan nilai kerapatan vegetasi atau NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Menurut (Purwadi F.S.H dan T. B.Sanjoto (2009) Nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan suatu nilai hasil pengolahan indeks vegetasi dari citra satelit kanal infra merah dan kanal merah yang menunjukkan tingkat konsentrasi klorofil daun yang berkorelasi dengan kerapatan vegetasi berdasarkan nilai spektral pada setiap piksel.

Menurut Prahasta (2008), dari beberapa wacana mengenai konsep indeks vegetasi yang paling populer adalah NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Nilai indeks vegetasi ini dihitung sebagai rasio pantulan yang terukur dari band merah (R) dan band Inframerah (NIR) pada spektrum gelombang elektromagnetik.

Menurut Ahmed, K.R & Akter, S., 2017, kedua band ini dipilih sebagai parameter indeks vegetasi karena hasil pengukurannya paling dipengaruhi oleh klorofil daun atau vegetasi hijau. Secara umum formula NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ditulis dengan persamaan : $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Wilayah Kerawanan Bencana Tanah Longsor menggunakan Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8 di Kecamatan Balik Bukit.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pemetaan daerah rawan longsor di Kecamatan Balik Bukit Kabupaten Lampung Barat menggunakan Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil pemetaan kerawanan longsor di Kecamatan Balik Bukit.
2. Mendapatkan Interpretasi kerapatan vegetasi berdasarkan dua jenis citra berbeda, yaitu Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8 OLI sebagai salah satu acuan kelongsoran.

3. Mendapatkan parameter yang dominan untuk kerawanan longsor di Kecamatan Balik Bukit.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi :

1. Tempat Penelitian

Sebagai bahan informasi bagi pemerintah dan masyarakat agar masyarakat dapat menanggulangi, mengantisipasi dan mengetahui titik-titik kerawanan longsor, khususnya di Kecamatan Balik Bukit, Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung

2. Dunia Akademik

Sebagai bahan referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya khususnya penelitian yang menggunakan Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8.

3. Peneliti

Sebagai penambah wawasan dan pengalaman dalam pembuatan peta kerawanan longsor di Kecamatan Balik Bukit Kabupaten Lampung Barat menggunakan menggunakan Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8 OLI.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemetaan

Pemetaan adalah pengelompokan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan beberapa letak geografis wilayah yang meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi penduduk yang berpengaruh terhadap sosial kultural yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat (Munir, 2012). Peta adalah penggambaran dua dimensi pada bidang datar keseluruhan atau sebagian dari permukaan bumi yang diproyeksikan dengan perbandingan atau skala tertentu (Nasution, 2016). Penggambaran dari dua pernyataan di atas adalah pengumpulan informasi permukaan bumi di suatu daerah dengan penggunaan peta yang di sajikan dalam bentuk penggambaran dua dimensi.

Menurut ICA (*International Cartographic Association*): Peta adalah gambaran atau representasi unsur-unsur ketampakan abstrak yang dipilih dari permukaan bumi yang ada kaitannya dengan permukaan bumi atau benda-benda angkasa, yang pada umumnya digambarkan pada suatu bidang datar dan diperkecil/diskalakan. Menurut Aryono Prihandito (1998): Peta adalah gambaran permukaan bumi dengan skala tertentu, digambar pada bidang datar melalui system proyeksi tertentu. Peta dibagi menjadi dua:

1. Peta Umum

Peta Umum, disebut juga dengan peta topografi. Peta Umum merupakan peta yang menggambarkan keadaan umum dari suatu wilayah. Keadaan umum yang digambarkan meliputi objek atau kenampakan alam dan buatan. Kenampakan alam misalnya; sungai dataran tinggi, dataran rendah, pantai laut, danau. Objek buatan misalnya, kota, desa, jalan tol, rel kereta api.

2. Peta khusus

Peta khusus merupakan peta yang menggambarkan data-data tertentu di suatu wilayah. Peta khusus disebut juga dengan Peta Tematik. Contoh peta khusus adalah:

1. Peta Persebaran Fauna di Indonesia.
2. Peta Hasil Tambang di Indonesia.
3. Peta Cuaca di Indonesia.

Kumpulan peta yang dibukukan disebut Atlas. Ada pula peta yang dibuat di permukaan bulat yang disebut globe. Globe disebut juga dengan bola dunia.

2.1.1 Fungsi dan Jenis Pemetaan

Secara teoritis, Brinker dkk (1984) mendefinisikan peta sebagai hasil gambaran/proyeksi dari sebagian permukaan bumi pada bidang datar atau kertas 8 8 dengan skala tertentu. Secara garis besar, manfaat peta dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Untuk mencatat keadaan setempat Dengan mencantumkan kondisi, kualitas, dan juga kuatitas suatu tempat, maka peta dapat berfungsi untuk mencatat keadaan suatu tempat.
- 2) Untuk perencanaan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam. Dengan perencanaan yang dilengkapi dengan peta akan sangat membantu dalam proses perencanaan tersebut, dengan membuat suatu rencana tata ruang setempat.
- 3) Untuk bahan berkomunikasi masyarakat dengan pihak luar. Peta juga dapat digunakan untuk berkomunikasi antara masyarakat dengan pihak luar, hal ini dimungkinkan bahasa dan istilah yang digunakan antara masyarakat dan pihak luar mungkin berbeda.

2.1.2 Pemetaan Daerah Rawan Bencana Longsor

Pemetaan daerah rawan bencana dilakukan dengan metode non sistematis, yaitu menggunakan data dari informasi yang telah tersedia dari survei-survei terdahulu dan dilengkapi dengan peta-peta pendukung. Menurut Susetyo dan Perdana

(2017) Peta-peta dasar adalah peta yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan peta utama, dalam hal ini adalah peta rawan. Ada beberapa peta dasar yang digunakan sebagai pedoman dan parameter yang akurat, yaitu :

1. Peta Administrasi

Peta ini berfungsi untuk mengetahui batasan-batasan secara administratif dari lokasi yang akan dipetakan. Batasan administratif ini biasanya ditandai dengan batasan kabupaten, batasan kecamatan, maupun batas antardesa.

2. Peta Jenis Tanah

Peta jenis tanah adalah sebuah peta yang menggambarkan variasi dan persebaran berbagai jenis tanah atau sifat-sifat tanah (seperti PH, tekstur, kadar organik, kedalaman, dan sebagainya) di suatu area. Peta tanah merupakan hasil dari survei tanah dan digunakan untuk evaluasi sumber daya lahan, pemetaan ruang, perluasan lahan pertanian, konservasi, dan sebagainya. Pada peta tanah terdapat data primer yang merupakan hasil pengukuran langsung di lapangan, dan 99 data sekunder merupakan hasil dari perhitungan dan/atau perkiraan berdasarkan data yang didapatkan di lapangan. Contoh data sekunder adalah kapasitas produksi tanah, laju degradasi, dan sebagainya.

3. Peta Kemiringan Lereng

Peta Kemiringan Lereng adalah kenampakan permukaan alam disebabkan adanya beda tinggi. Apabila beda tinggi dua tempat tersebut dibandingkan dengan jarak lurus mendatar akan diperbolehkan besarnya kelerengan. Ben tuk lereng bergantung pada proses erosi, juga gerakan tanah dan pelapukan. Lereng merupakan topografi yang terbagi dalam dua bagian, yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relatif, di mana kedua bagian tersebut besar pengaruhnya terhadap penilaian suatu bahan kritis. Jika suatu lahan kritis akan digunakan untuk pertanian ataupun pemukiman, perlu adanya suatu pertimbangan mengenai kemiringan lereng menggunakan peta kemiringan lereng.

4. Peta Penggunaan Lahan

Peta penggunaan lahan merupakan aktivitas manusia dalam kaitannya dengan lahan yang biasanya tidak secara langsung tampak dari citra. Penggunaan lahan telah dikaji dari beberapa sudut pandang yang berlainan sehingga tidak ada satu definisi yang benar-benar tepat di dalam keseluruhan konteks yang berbeda. Sebagai contoh melihat penggunaan lahan dari sudut pandang kemampuan lahan dengan jalan mengevaluasi lahan dalam hubungannya dengan bermacam-macam karakteristik alami. Penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu seperti pemukiman, perkotaan dan persawahan. Penggunaan lahan juga merupakan pemanfaatan lahan dan lingkungan alam untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam penyelenggaraan kehidupannya. Pengertian penggunaan lahan biasanya digunakan untuk mengacu pemanfaatan masa kini (present of current land use). Oleh karena itu, aktivitas manusia di bumi bersifat dinamis sehingga perhatian sering ditunjukkan pada perubahan penggunaan lahan.

5. Peta Curah Hujan

Peta curah hujan juga berpengaruh dan merupakan peta dasar yang harus dimiliki karena curah hujan di setiap lokasi juga berbeda-beda. Selain itu, hujan juga sangat berpengaruh terhadap banjir. Peta kawasan rawan longsor dapat dibuat secara cepat melalui Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan metode tumpang susun/overlay terhadap peta dasar (peta administrasi, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, dan peta curah hujan. Karnawati (2004) menyatakan salah satu faktor penting yang dapat menyebabkan terjadinya longsor adalah curah hujan, dimana ketika intensitas curah hujan tinggi dalam waktu yang lama, menyebabkan air hujan yang turun dan meresap ke dalam tanah akan merusak struktur batuan yang kompak dan kedap air. Lama kelamaan batuan tersebut akan pecah dan materi pecahan batuan akan terbawa oleh aliran air sehingga longsor terjadi.

6. Peta Geologi

Peta Geologi merupakan peta yang berisi data litologi, struktur dan stratigrafis suatu daerah. Informasi peta geologi ini sangat berguna untuk

berbagai bidang yang berhubungan dengan ilmu kebumihantanan misal kebencanaan yang berhubungan dengan faktor geologi. Peta geologi pada dasarnya merupakan suatu sarana untuk menggambarkan tubuh batuan, penyebaran batuan, kedudukan unsur struktur geologi dan hubungan antar satuan batuan serta merangkum berbagai data lainnya. Peta geologi juga merupakan gambaran teknis dari permukaan bumi dan sebagian bawah permukaan yang mempunyai arah, unsur-unsurnya yang merupakan gambaran geologi, dinyatakan sebagai garis yang mempunyai kedudukan yang pasti.

7. Peta Kerapatan Vegetasi atau NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) adalah indeks yang digunakan untuk mengukur kesehatan vegetasi di suatu area. NDVI diperoleh dari data citra satelit dan sangat berguna dalam berbagai aplikasi, termasuk pertanian, kehutanan, dan manajemen lahan. Korelasi antara peta NDVI dan longsor dapat memberikan wawasan penting tentang bagaimana vegetasi mempengaruhi stabilitas tanah dan potensi terjadinya longsor. Vegetasi berperan penting dalam stabilisasi tanah melalui akar yang mengikat tanah dan mengurangi erosi.

Daerah dengan nilai NDVI tinggi biasanya memiliki vegetasi yang lebih lebat, yang dapat membantu menstabilkan tanah dan mengurangi risiko longsor. Daerah dengan NDVI rendah menunjukkan kurangnya vegetasi, yang mungkin disebabkan oleh aktivitas manusia, kebakaran hutan, atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Tanah di daerah dengan NDVI rendah cenderung lebih rentan terhadap erosi dan longsor karena kurangnya akar yang mengikat tanah.

2.2. Longsor

2.2.1 Pengertian Longsor

Longsor adalah suatu bentuk erosi yang pengakutan atau pemindahan atau gerakan tanah terjadi pada saat yang bersamaan dan dengan volume yang besar (Sitanela, 2010). Menurut Kodoati dan Rustam (2006) Longsor adalah gerakan massa tanah dalam jumlah besar yang bergerak pada bidang geser tertentu, dimana pada bidang tersebut tahanan tanah dalam menahan tanah melampaui. Yayasan Idep (2005) mendefinisikan tanah longsor sebagai terjadinya pergerakan tanah atau batuan dalam jumlah besar secara tiba-tiba atau berangsur yang umumnya terjadi di daerah terjal yang tidak stabil. Faktor lain yang memengaruhi terjadinya bencana ini adalah lereng yang gundul serta kondisi tanah dan bebatuan yang rapuh. Air hujan adalah penyebab utama terjadinya tanah longsor. Ulah manusia juga dapat menjadi penyebab tanah longsor seperti penambangan tanah, pasir dan batuan yang tidak terkendali. Ada perbedaan antara longsor lahan dan erosi. Longsor memindahkan massa tanah dengan volume yang besar, ada kalanya disertai oleh batuan dan pepohonan, dalam waktu pemindahan partikel-partikel tanah dengan volume yang relative lebih kecil pada setiap kali kejadian dan langsung dalam waktu yang relative lama. Dua bentuk longsor yang sering terjadi di daerah pegunungan adalah.

- a. Guguran, yaitu pelepasan batuan atau tanah dari lereng curam dengan gaya bebas atau bergelinding dengan kecepatan tinggi sampai sangat tinggi. Bentuk longsor ini terjadi pada lereng yang sangat curam.
- b. Peluncuran, yaitu pergerakan bagian atas tanah dalam volume besar akibat keruntuhan gesekan antara bongkahan bagian atas dan bagian bawah tanah. Bentuk longsor ini umumnya terjadi apabila terdapat bidang luncur pada kedalaman tertentu dan tanah bagian atas dari bidang luncur tersebut telah jenuh air.

Longsor merupakan proses alami dalam perubahan struktur muka bumi, yakni adanya gangguan kestabilan pada tanah atau batuan penyusun lereng. Gangguan

kestabilan lereng ini dipengaruhi oleh kondisi geomorfologi terutama faktor kemiringan lereng, kondisi batuan ataupun tanah penyusun lereng, dan kondisi hidrologi atau tata air pada lereng. Meskipun longsor merupakan gejala fisik alami, namun beberapa hasil aktifitas manusia yang tidak terkendali dalam mengeksploitasi alam juga dapat menjadi faktor penyebab ketidakstabilan lereng yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor, yaitu ketika aktifitas manusia ini beresonansi dengan kerentanan dari kondisi alam yang telah disebutkan di atas. Faktor-faktor aktifitas manusia ini antara lain pola tanam, pemotongan lereng, pencetakan kolam, drainase, konstruksi bangunan, kepadatan penduduk dan usaha mitigasi. Dengan demikian dalam upaya pembangunan berkelanjutan melalui penciptaan keseimbangan lingkungan diperlukan pedoman penataan ruang kawasan rawan bencana longsor.

Berdasarkan berita dari berbagai sumber, didapatkan informasi berbagai kejadian bencana di Lampung Barat yang membuat Kabupaten Lampung Barat sangat rawan terhadap bencana. Melalui Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) mencatat, terjadi 53 bencana alam dan no alam sepanjang tahun 2023 dengan total kerugian mencapai 2 Miliar bencana alam meliputi longsor, banjir, cuaca ekstrem dan kebakaran hutan. Perincian ini juga merujuk pada enam kasus yang tersebar di Kecamatan Balik Bukit. Salah satunya adalah kejadian bencana tanah longsor.

Longsor yang terjadi di Kecamatan Balik bukit hampir terjadi setiap tahun, hal ini dapat menjadi kerugian dari segi material hingga immaterial, dan dapat menyebabkan kematian. Sebagian besar, longsor yang terjadi di Kecamatan Balik Bukit adalah pada musim penghujan, hal ini selaras dengan parameter-parameter yang saling berkaitan seperti curah hujan tinggi yang membuat tanah menjadi lebih lembab dan lemah terhadap gaya tekan. Selain itu juga Kecamatan Balik Bukit memiliki banyak lereng terjal yang membuat tanah lembab karena curah hujan, tidak dapat menahan gaya tekan dan gravitasi bumi.

Berikut ini adalah contoh dari berbagai kejadian longsor di Kecamatan Balik Bukit , seperti pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Bencana Tanah Longsor di Desa Kubu Perahu Tahun 2022
Sumber : <https://www.kodim0422lambar.com>

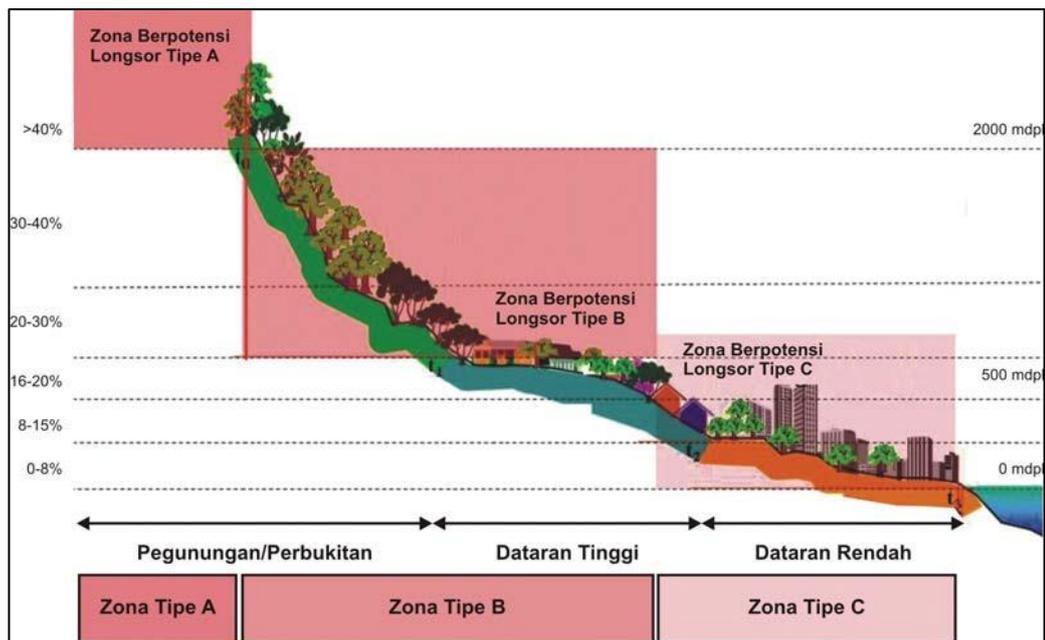


Gambar 2. Bencana Tanah Longsor di Desa Kubu Perahu Tahun 2024
Sumber : <https://lampung.tribunnews.com>

Dari berbagai kejadian bencana tanah longsor di Kecamatan Balik Bukit, dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Balik Bukit sangat rawan terhadap kelongsoran. Kelongsoran yang terjadi dapat menyebabkan banyak korban jiwa, merusak fasilitas umum seperti jalan, jembatan, dan lainnya, kerusakan bangunan, seperti perkantoran, perumahan, dan tempat ibadah dapat mengalami kerusakan parah, aktivitas manusia terhambat, merugikan baik masyarakat di sekitar bencana maupun pemerintah.

2.2.2. Tipologi Kawasan Rawan Bencana Longsor Berdasarkan Penetapan Zonasi.

Bencana tanah longsor identik dengan topologi kelerengan yang curam dan di daerah kawasan perbukitan atau pegunungan. Berdasarkan Peraturan Menteri no 22 Tahun 2007, Kawasan rawan bencana longsor dibedakan atas zona-zona berdasarkan karakter dan kondisi fisik alaminya sehingga pada setiap zona akan berbeda dalam penentuan struktur ruang dan pola ruangnya serta jenis dan intensitas kegiatan yang dibolehkan, dibolehkan dengan persyaratan, atau yang dilarangnya. Zona berpotensi longsor adalah daerah/kawasan yang rawan terhadap bencana longsor dengan kondisi *terrain* dan kondisi geologi yang sangat peka terhadap gangguan luar, baik yang bersifat alami maupun aktifitas manusia sebagai faktor pemicu gerakan tanah, sehingga berpotensi terjadinya longsor. Berdasarkan hidrogeomorfologinya dibedakan menjadi tiga tipe zona (sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Tipologi zona berpotensi longsor berdasarkan hasil kajian hidrogeomorfologi

Hidrogeomorfologi merupakan studi tentang interaksi antara proses hidrologi (air) dan geomorfologi (bentuk bumi). Ini mencakup analisis bagaimana air dalam

berbagai bentuk. Tipologi zona hidrogeomorfologi mengacu pada klasifikasi berbagai zona atau wilayah berdasarkan interaksi antara proses hidrologi dan geomorfologi. Hal ini dapat dikategorikan berdasarkan tiga tipe zona, yaitu :

1. Zona Tipe A

Zona berpotensi longsor pada daerah lereng gunung, lereng pegunungan, lereng bukit, lereng perbukitan, dan tebing sungai dengan kemiringan lereng lebih dari 40%, dengan ketinggian di atas 2000 meter di atas permukaan laut. Contoh dari zona tipe A adalah lereng pegunungan yang bersifat gembur, lereng tebing yang tersusun atas batuan, lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan yang miring ke arah luar, lereng yang sering muncul rembesan air atau mata air, lereng yang berada pada daerah rawan gempa, dan lereng yang ditumbuhi tumbuhan serabut seperti semak.

2. Zona Tipe B

Zona berpotensi longsor pada daerah kaki gunung, kaki pegunungan, kaki bukit, kaki perbukitan, dan tebing sungai dengan kemiringan lereng berkisar antara 21% sampai dengan 40%, dengan ketinggian 500 meter sampai dengan 2000 meter di atas permukaan laut. Contoh dari zona tipe B adalah lereng yang tersusun atas penutup setebal lebih dari 2 meter, lereng tebing sungai yang tersusun tanah residu, tanah kolovial, lereng yang tersusun oleh bidang retakan yang kekar, dan lereng yang tersusun oleh pelapisan batu ke arah luar

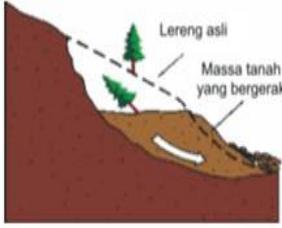
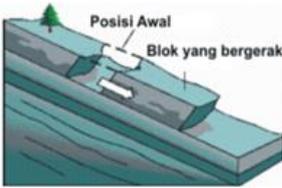
3. Zona Tipe C

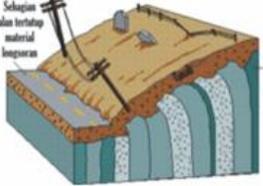
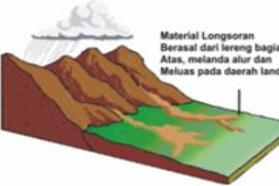
Zona berpotensi longsor pada daerah dataran tinggi, dataran rendah, dataran, tebing sungai, atau lembah sungai dengan kemiringan lereng berkisar antara 0% sampai dengan 20%, dengan ketinggian 0 sampai dengan 500 meter di atas permukaan laut. Contoh dari zona tipe c adalah lereng pegunungan yang bersifat gembur dan mudah lolos air, daerah belokan sungai dengan kemiringan lebih dari 40%, kondisi tanah (batuan) penyusun lereng diselimuti oleh tanah lempung yang mudah mengembang, curah hujan mencapai 70mm perjam atau 100mm perhari dengan curah hujan tahunan lebih dari 2500mm, kawasan lereng yang rawan terhadap gempa, dan vegetasi lereng terbentuk dari tumbuhan berakar serabut

2.2.3. Jenis – Jenis Longsor

Berdasarkan Peraturan Menteri no 22 Tahun 2007, jenis longsor dibagi menjadi 6 jenis, yakni: longsor translasi, rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Jenis- Jenis Longsor

No.	Jenis Longsor	Sketsa	Keterangan
1	Longsor Translasi		Longsor translasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
2	Longsor Rotasi		Longsor rotasi adalah Bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung. Longsor ini terjadi akibat dari ketidakstabilan lereng. Seperti pada gambar tersebut vegetasi yang ada di permukaan tanah tidak dapat menahan ketidak-stabilan lereng.
3	Pergerakan Blok		Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergelincir berbentuk rata. Longsor ini disebut juga longsor blok batu. Longsor ini biasanya terjadi akibat patahnya atau ketidakmampuan lereng menahan beban dari atas. Akibatnya gravitasi bumi membawa material ke arah bawah yang menyebabkan terjadinya longsor pergerakan blok
4	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 di daerah pantai.

No.	Jenis Longsoran	Sketsa	Keterangan
5	Rayapan Tanah		<p>Jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.</p>
6	Aliran Bahan Rombakan		<p>Terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakan terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter</p>

Sumber : PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NO.22/PRT/M/2007 dengan dimodifikasi oleh penulis

2.2.4. Kerentanan dan Faktor-Faktor Lahan Longsor

Dalam kondisi normal, suatu bentang sistem geomorfik menunjukkan dalam kondisi stabil dengan aliran energy yang teratur. Faktor-faktor fisik seperti kondisi geologi, geomorfologi, hidrologi, vegetasi, tanah, iklim serta fakto non fisik seperti penggunaan lahan aktifitas manusia akan merubah kondisi stabil dari lereng tersebut. Gerakan massa yang berupa tanah longsor terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas geraknya massa batuan (Hardiyatmo, 2006). Keruntuhan geser ini diakibatkan berkurangnya tingkat kestabilan lereng. Pada kondisi ini tahanan geser batuan atau tanah lebih kecil dari tegangan gesernya. Ketidakstabilan lereng merupakan akibat dari gangguan yang ditentukan oleh variasi tenaga endogenik dan eksogenetik. Menurut Hardiyatmo (2006) dalam kenaikan dan penurunan tegangan geser dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Faktor yang menyebabkan kenaikan tekanan geser dalam lereng :
 - a. Pembongkaran material pendukung: erosi, gerakan lereng secara manual (jatuhan, longsor. Penurunan) dan aktivitas manusia
 - b. Kelebihan beban : penambahan beban dapat terjadi secara alami dan aktivitas tanah dan akumulasi material akibat longsor terdahulu, pembangunan bangunan atau beban berat yang lain diatas lereng dan bocoran air dari gorong-gorong, pipa air atau selokan.
 - c. Pengaruh sesaat seperti gempa
 - d. Hilangnya material bagian bawah lereng yang menyokong kestabilan lereng yang disebabkan oleh air sungai atau laut, pengaruh iklim, erosi bawah tanah akibat rembesan (pipisan), larutnya bahan yang terdapat di dalam tanah, aktivitas manusia, hilangnya kuat geser material di bawah lereng.
 - e. Bertambahnya tekanan lateral yang disebabkan oleh air, retakan atau celah, pembekuan air dalam retakan pengembangan lempung.

2. Faktor yang mereduksi kuat geser tanah dalam lereng
 - a. Faktor bawaan dari sifat-sifat material pembentuk yang meliputi komposisi, susunan sekunder atau mewarisi, perselang-selingan lapisan (stratification)
 - b. Perubahan yang diakibatkan oleh perubahan iklim dan aktivitas fisikomia (physiochemical) meliputi proses pengeringan dan pembahasan, hidrasi, hilangnya zat perantara yang merekatkan
 - c. Pengaruh tekanan air pori
 - d. Perubahan struktur atau pengurangan tegangan
 - e. Perubahan struktur atau susunan yang meliputi pelepasan atau pengurangan tegangan (stress release) dan degradasi struktur.

2.2.5. Penyebab terjadinya tanah longsor

Peristiwa tanah longsor disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor pendorong dan faktor pemicu. Faktor pendorong merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi material baik berupa tanah maupun batuan. Faktor pemicu merupakan faktor-faktor yang menyebabkan bergerak material baik berupa tanah maupun batuan (Supriyono., 2014). Menurut Nandi (2007) penyebab terjadinya tanah longsor yaitu :

A. Curah hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup kebagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan dipermukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah.

B. Kemiringan lereng

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah lebih dari 20 derajat apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

C. Kondisi tanah

Kondisi tanah yang semakin tebal dan kurang padat akan semakin rentan terhadap tanah longsor. Jenis tanah yang kurang padat seperti tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 meter dari sudut lereng lebih dari 20 derajat

memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas

D. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan akan mempengaruhi kestabilan lereng. Getaran pada permukaan bumi yang cukup keras dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor.

E. Aktivitas

manusia Aktivitas manusia yang berdampak memperbesar terjadinya tanah longsor seperti penggundulan hutan, pemotongan tebing, sistem drainase yang kurang, kegiatan industri dan kegiatan konstruksi.

2.2.6. Tanda dan gejala tanah longsor

Sebelum terjadi tanah longsor biasanya disertai dengan tanda-tanda awal yang mendahuluinya. Tanda-tanda awal terjadinya tanah longsor menurut Supriyono (2014) antara lain sebagai berikut :

- a. Munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing setelah hujan turun.
- b. Air sungai dan air sumur muncul kepermukaan dan berwarna keruh.
- c. Dipermukaan tanah muncul mata air baru secara tiba-tiba.
- d. Kondisi tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan.
- e. Disekitar lereng pohon-pohon, tiang-tiang dan rumah-rumah mulai tampak miring.
- f. Terjadi perubahan bentuk bangunan rumah, sehingga jendela dan pintu sulit dibuka.
- g. Terdengar suara gemuruh dari atas lereng disertai dengan getaran pada permukaan tanah.
- h. Terjadi runtuh bagian-bagian dari massa tanah, batuan dalam jumlah besar.

2.2.7. Dampak bencana tanah longsor bagi kehidupan dan lingkungan

Banyak dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya tanah longsor baik dampak terhadap kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan maupun dampaknya terhadap keseimbangan lingkungan. Menurut Nandi (2007) dampak yang ditimbulkan akibat bencana tanah longsor meliputi :

A. Dampak terhadap kehidupan

Terjadinya bencana tanah longsor memiliki dampak yang sangat besar terhadap kehidupan, khususnya manusia. Bila tanah longsor itu terjadi pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, maka korban jiwa yang ditimbulkannya akan sangat besar, terutama bencana tanah longsor yang terjadi secara tiba-tiba tanpa diawali adanya tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor. Adapun dampak yang ditimbulkan dengan terjadinya tanah longsor terhadap kehidupan adalah sebagai berikut :

- 1) Bencana longsor banyak menelan korban jiwa.
- 2) Terjadinya kerusakan infrastruktur publik seperti jalan, jembatan dan sebagainya.
- 3) Kerusakan bangunan-bangunan seperti gedung perkantoran dan perumahan penduduk serta sarana peribadatan.
- 4) Menyebabkan kerugian secara ekonomi, serta meninggalkan dampak secara sosial psikologi bagi masyarakat.

B. Dampak terhadap lingkungan

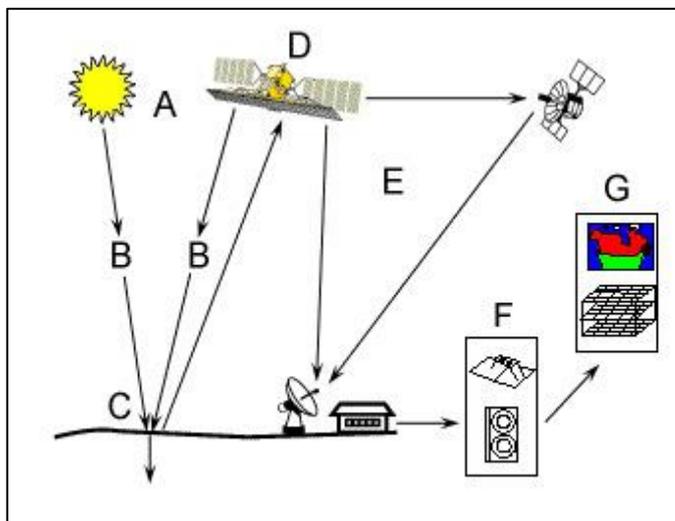
Dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan akibat terjadinya tanah longsor adalah sebagai berikut :

- 1) Terjadinya kerusakan lahan dan hilangnya vegetasi penutup lahan.
- 2) Terganggunya keseimbangan ekosistem.
- 3) Lahan menjadi kritis sehingga cadangan air bawah tanah menipis.
- 4) Terjadinya tanah longsor dapat menutup lahan yang lain seperti sawah, kebun. dan lahan produktif lainnya

2.3. Penginderaan jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni dalam memperoleh informasi mengenai suatu objek, area, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan alat tanpa suatu kontak langsung (Lillesand dkk., 2008). Sementara menurut American Society of Photogrammetry penginderaan jauh merupakan pengukuran atau perolehan informasi dari beberapa sifat objek atau fenomena dengan menggunakan alat tertentu untuk menghindari kontak fisik dengan objek atau fenomena yang diteliti. Campbell menyatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu untuk mendapatkan informasi tentang permukaan bumi seperti tanah dan air dari gambar yang diperoleh dari kejauhan.

Hasil perekaman oleh alat yang dibawa oleh suatu wahana ini selanjutnya disebut sebagai data penginderaan jauh (Lindgren.,1985). Menurut Sutanto (1987) Penginderaan jauh adalah berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi, informasi ini khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.



Gambar 4. Proses Penginderaan Jauh Melalui Satelit
Proses Penginderaan Jauh Melalui Satelit

Dari pendapat beberapa ahli di atas dapat disimpulkan bahwa penginderaan jauh terdiri atas 3 komponen utama yaitu obang diindera, sensor untuk merekam objek dan gelombang elektronik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan

bumi. Interaksi dari ketika komponen ini menghasilkan data penginderaan jauh yang selanjutnya melalui proses interpretasi dapat diketahui jenis objek area ataupun fenomena yang ada. Perkembangan penginderaan jauh ini semakin cepat seiring dengan kemajuan teknologi dirgantara. Sebelumnya penginderaan jauh lebih banyak menggunakan pesawat udara dan balon udara dalam perekaman data permukaan bumi, tetapi seiring dengan perkembangan penerbangan antariksa dan penggunaan satelit untuk berbagai kepentingan termasuk didalamnya perekaman permukaan bumi, maka penginderaan jauh tumbuh berkembang semakin cepat. Demikian pula halnya dengan penggunaan sensor yang di bawa oleh berbagai wahana juga mengalami peningkatan baik dalam jenis sensor yang digunakan maupun tingkat kedetailan hasil penginderaan.

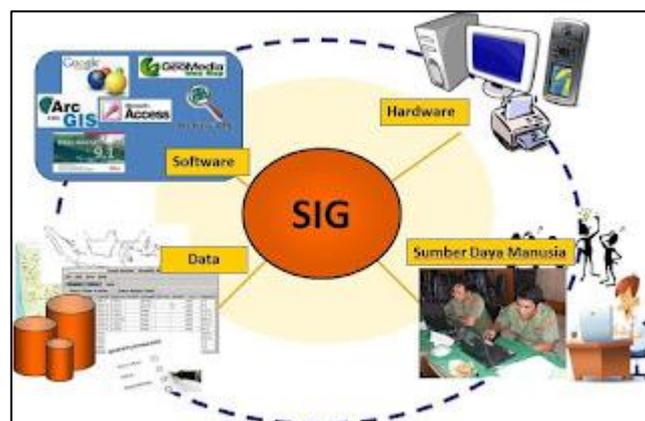
Keunggulan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dibandingkan dengan pemotretan foto udara diantaranya dari segi harga, periode ulang terhadap perekaman daerah yang sama, pemilihan spectrum panjang gelombang untuk mengatasi hambatan atmosfer, serta kombinasi saluran spectral (spectral band) yang dapat diatur sesuai dengan tujuan pengguna (Danoedoro., 2012). Lebih lanjut Danoedoro menyampaikan bahwa dengan Modul I 2 keberadaan penginderaan jauh dan juga Sistem Informasi Geografi telah berhasil meningkatkan eksistensi geografi terkait permasalahan keruangan, lingkungan, kewilayahan dan juga bermanfaat terhadap penyediaan datadata keruangan untuk merumuskan berbagai kebijakan.

Citra penginderaan jauh merupakan salah satu sumber data utama dalam informasi geospasial. Kualitas sumberdata tentu menjadi parameter utama, karena berbagai informasi dapat diturunkan dari citra. Kualitas yang tidak memenuhi standart dapat mengaburkan bahkan menyajikan informasi yang salah. Namun sebenarnya semua citra yang diperoleh melalui perekaman sensor tak lepas dari wujud geometri dan konfigurasi permukaan bumi, serta kondisi atmosfer saat perekaman. Kesalahan yang terjadi dalam proses pembentukan citra ini perlu dikoreksi supaya aspek geometri dan radiometri yang dikandung oleh citra tersebut benar-benar dapat mendukung pemanfaatan untuk aplikasi yang berkaitan dengan pemetaan sumberdaya dan kajian lingkungan atau kewilayahan lainnya (Danoedoro., 2012).

2.3.1 SIG (*System Information Geographic*)

Sig atau biasa disebut sistem informasi geografik, yaitu sistem yang dapat mengolah dan memanipulasi informasi data yang diambil dari beberapa sumber. Sistem ini terdiri dari perangkat keras berupa komputer atau laptop, perangkat lunak berupa aplikasi yang dapat mengolah data tersebut, data yang sudah diambil dan SDM (Sumber Daya Manusia) yang dapat mengolah dan mengoperasikan aplikasi atau sistem tersebut.

Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi sistem komputer yang kemudian digunakan untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini kemudian diimplementasikan juga dengan hardware atau perangkat keras dan software atau perangkat lunak komputer yang berfungsi untuk verifikasi data, kompilasi, penyimpanan, akusisi, perubahan hingga pembaharuan data. Tak hanya itu ia juga berfungsi sebagai pemanggilan dan presentasi data, manajemen dan pertukaran data, manipulasi data, hingga analisa data (Bernhardsen,2002).



Gambar 5. Sistem Informasi Geografis

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan

pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya (Rosdania., 2015).

2.3.2 Citra Landsat 8 OLI.

Landsat merupakan satelit paling tua di bumi yang diluncurkan oleh Amerika Serikat. Landsat 8 merupakan kelanjutan dari misi Landsat yang untuk pertama kali menjadi satelit pengamat bumi sejak 1972 (Landsat 1). Landsat 1 yang awalnya bernama *Earth Resources Technology Satellite 1* diluncurkan 23 Juli 1972 dan mulai beroperasi sampai 6 Januari 1978. Generasi penerusnya, Landsat 2 diluncurkan 22 Januari 1975 yang beroperasi sampai 22 Januari 1981. Landsat 3 diluncurkan 5 Maret 1978 berakhir 31 Maret 1983; Landsat 4 diluncurkan 16 Juli 1982, dihentikan 1993. Landsat 5 diluncurkan 1 Maret 1984 masih berfungsi sampai dengan saat ini namun mengalami gangguan berat sejak November 2011, akibat gangguan ini, pada tanggal 26 Desember 2012, USGS mengumumkan bahwa Landsat 5 akan dinonaktifkan. Berbeda dengan 5 generasi sebelumnya, Landsat 6 yang telah diluncurkan 5 Oktober 1993 gagal mencapai orbit. Sementara Landsat 7 yang diluncurkan April 15 Desember 1999, masih berfungsi walau mengalami kerusakan sejak Mei 2003.

Tepat tanggal 11 Februari 2013 diluncurkan satelit generasi terbaru yaitu Landsat Data Continuity Mission (LDCM) yang kita kenal sebagai Landsat 8. Keberhasilan ini melanjutkan misi satelit Landsat dalam pengamatan permukaan bumi (Lulla et al., 2013). Landsat 8 mengorbit pada bumi setiap 99 menit, serta melakukan liputan pada area yang sama setiap 16 hari kecuali untuk lintang kutub tertinggi. Landsat 8 mengorbit bumi pada ketinggian rata-rata 705 km dengan sudut inklinasi 98.2° . Tidak hanya itu Landsat 8 juga memiliki 2 sensor yaitu sensor Operasional Land Imager (OLI) terdiri dari 9 saluran (band) termasuk band pankromatik beresolusi tinggi, dan Thermal Infra Red Sensor (TIRS) dengan 2 band termal. Landsat ini memiliki 11 band, 9 band diantaranya berada di OLI dan 2 band lainnya berada di TIRS. Sebagian band pada Landsat ini memiliki kesamaan dengan citra satelit Landsat 7. Landsat 8 ini dapat digunakan untuk

mengetahui kerapatan dan luasan vegetasi. Tabel 2 merupakan spesifikasi kanal (band) yang dimiliki oleh Landsat 8 :

Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8

No.	Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial (m)	Aplikasi
1	(Coastal Aeorsol)	0,43-0,45	30	Pesisir, Aerosol
2	(Blue)	0,45-0,51	30	Gelombang Tampak
3	(Green)	0,53-0,59	30	
4	(Red)	0,64-0,67	30	
5	(Near Infrared/NIR)	0,85-0,88	30	Analisis Vegetasi
6	(SWIR 1)	1,57-1,65	30	
7	(SWIR 2)	2,11-2,29	30	
8	(Pachromatic)	0,50-0,68	15	Resolusi Lebih Bagus
9	(Cirrus)	1,36-1,38	30	Analisis Awan
10	(Thermal Infrared/TIRS)	10,60-11,19	100	Pemetaan Suhu Bumi
11	(Thermal Infrared/TIRS2)	11,50-12,51	100	

Sumber : Lapan

Penggunaan Citra Lansat 8 terdapat beberapa perbedaan secara tampak, yang akan memengaruhi hasil dari apa yang kita butuhkan. Band yang ada pada Citra Lansat 8 ini memiliki 11 band yang akan menunjukkan hasil yang berbeda dari satu band ke band yang lainnya. Lansat 8 Tentu memiliki daya spesifikasi untuk mendukung pembuatan peta dan menampilkan proyeksi yang signifikan. Tabel spesifikasi dapat di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Band pada Citra Landsat 8

No.	Saluran	Spesifikasi
1	(Coastal Aeorsol)	Band ini memiliki fungsi dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda.
2	(Blue)	Band ini dapat terlihat oleh mata manusia, yakni gelombang biru, hijau dan merah. Kombinasi ketiga band tersebut (komposit) menghasilkan citra dengan warna aktual (gelombang tampak).
3	(Green)	
4	(Red)	
5	(Near Infrared/NIR)	Band pada gelombang inframerah yang ditujukan untuk analisis vegetasi. Namun dalam aplikasinya dapat digunakan untuk analisis lain seperti kekeringan, geologi, dan analisis tanah.
6	(SWIR 1)	
7	(SWIR 2)	
8	(Panchromatic)	Definisi pankromatik adalah perekaman menggunakan spektrum cahaya yang lebih lebar, dalam hal ini adalah spektrum tampak. Sehingga resolusi spasial yang dihasilkan juga lebih baik, yaitu 15 meter.
9	(Cirrus)	Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh permukaan diserap oleh atmosfer. Sehingga yang terekam oleh sensor adalah pantulan dari objek paling tinggi di atmosfer, yaitu awan. Keberadaan band 9 ini sangat penting terutama dalam analisis suhu permukaan.
10	(Thermal Infrared/TIRS)	Band termal (band 10 dan 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 meter.
11	(Thermal Infrared/TIRS2)	

Sumber : Lapan

2.3.3 Citra Sentinel 2-A

Satelit Sentinel-2 diluncurkan pada 23 Juni 2015 untuk Satelit Sentinel-2A dan pada 7 Maret 2017 untuk Satelit Sentinel-2B. Sentinel-2A diluncurkan oleh Roket Vega dari Kourou, Guyana Perancis dan Sentinel-2B diluncurkan oleh Rocket dari Plesetsk, Rusia. Penginderaan permukaan bumi yang dilakukan oleh Sentinel-2 harus memenuhi kriteria berikut ini :

1. Daratan dengan luas lebih dari 100 km².
2. Daratan dan pulau yang berada di Benua Eropa.
3. Pulau-pulau lain yang berada pada radius 20 km dari garis pantai daratan utama.
4. Laut Mediterania.
5. Semua permukaan air di daratan.
6. Semua laut yang tertutup.

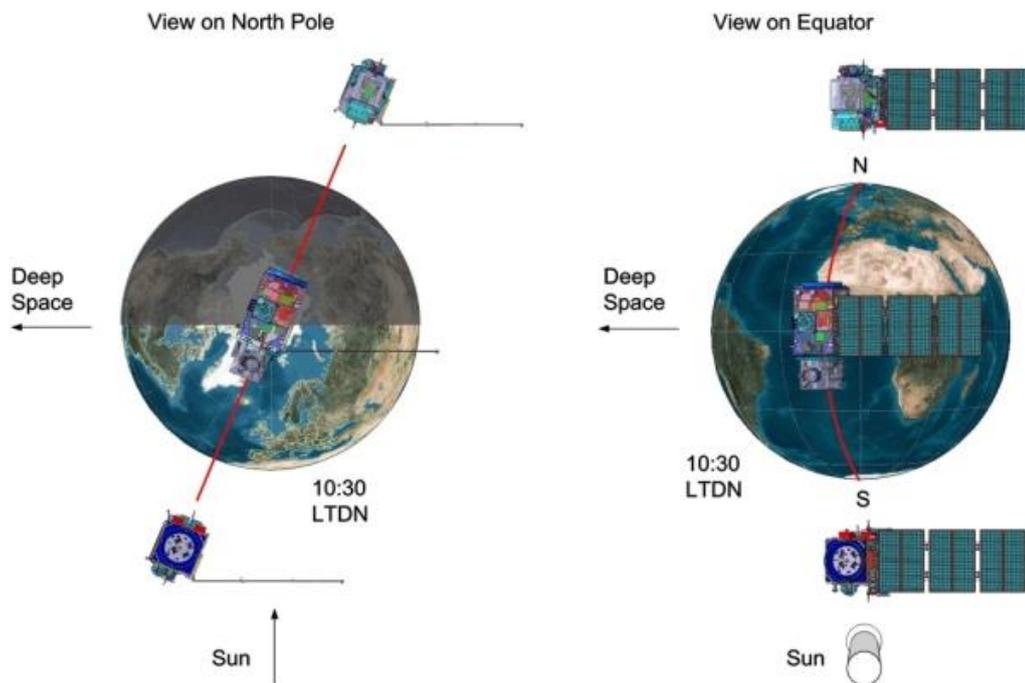
(European Space Agency, 2012; European Space Agency, 2015; European Space Agency, 2017a; European Space Agency, 2017b).

Satelit Sentinel-2 memiliki bobot seberat 1,2 ton dan akan beroperasi selama 7,25 tahun. Masa hidup satelit ini telah ditambahkan melalui baterai dan propelan hingga 12-15 tahun. Seluruh sistem satelit Sentinel-2 dikembangkan oleh konsorsium industri di bawah Astrium GmbH-Jerman. Pembuatan instrumen multispektral dilakukan oleh Astrium SAS di Perancis (European Space Agency, 2015). Kemampuan SPOT dan Landsat untuk memindai permukaan bumi yaitu cakupan daratan global yang sistematis dari 56°LS hingga 84°LU termasuk perairan pesisir, laut Mediterania, dan Antartika. Resolusi temporal tinggi yaitu setiap 5 hari di khatulistiwa dengan kondisi penampakan yang sama. Multi resolusi spasial yaitu 10 m, 20 m, dan 60 m, 13 kanal multispektral termasuk VNIR dan SWIR. Bidang pandang yang luas yaitu 290 km. Satelit sentinel-2 terdiri dari dua satelit kembar yang memindai permukaan bumi secara simultan pada sudut 180° tiap satelitnya. Orbit satelit ini *Sun-synchronous* pada ketinggian 786 km dengan inklinasi 98,62° dan mengindai pada pukul 10:30 *Am Local Time Descending Node (LTDN)*. Waktu lokal ini dipilih sebagai kompromi terbaik antara kebutuhan data dengan tutupan awan yang minimal dan untuk

memastikan pencahayaan matahari yang sesuai. Waktu lokal Sentinel-2 mirip dengan SPOT dan Landsat, sehingga memungkinkan untuk mengkombinasikan data Sentinel-2 dengan data citra SPOT dan Landsat yang lama untuk kepentingan analisis time series (Drusch dkk., 2012; European Space Agency., 2015).



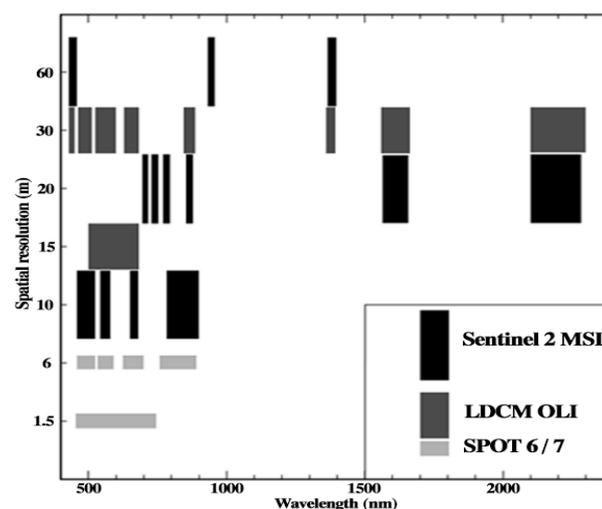
Gambar 6. Satelit Sentinel 2 (Astrium GmbH)



Gambar 7. Konfigurasi orbit satelit Sentinel-2 (Astrium-GmbH)

Satelit Sentinel-2 beroperasi dari Sun Synchronous Orbit pada ketinggian 786 Kilometer dan kemiringan 98,5 derajat untuk 14,3 putaran per hari dan Waktu Lokal Node Turun 10:30 yang dipilih untuk meminimalkan tutupan awan dan memastikan penerangan matahari yang baik di permukaan bumi. LTDN juga telah dibentuk untuk memungkinkan kombinasi data yang mulus dari Program SPOT dan Landsat yang memiliki pengaturan orbital serupa sehingga data historis dari misi lama dapat digunakan dengan data Sentinel-2 untuk mengumpulkan rangkaian gambar temporal jangka panjang. Kedua satelit Sentinel-2 yang beroperasi akan ditempatkan secara bertahap 180 derajat untuk memangkas waktu kunjungan kembali satu satelit menjadi setengahnya.

Pesawat ruang angkasa Sentinel memperoleh citra daratan dan wilayah pesisir dari 56° Lintang Selatan hingga 84° Utara termasuk semua daratan utama dan pulau-pulau yang luasnya lebih dari 100 Kilometer persegi. Semua pulau yang berjarak kurang dari 20 km dari garis pantai akan dilindungi. Kanal Satelit Sentinel-2 dibuat dengan mengacu pada kanal-kanal yang terdapat pada SPOT dan Landsat. Perubahan lebar kanal dan penambahan kanal dilakukan pada Sentinel-2 untuk menyempurnakan performa dalam observasi bumi. Cakupan spektrum tiap kanal dan resolusi spasial dari Sentinel 2, SPOT, dan Landsat.



Gambar 8. Resolusi spektral kanal dibandingkan dengan resolusi spasial pada satelit Sentinel-2 MSI, LDCM OLI, dan SPOT 6/7. Ketinggian bar diskalakan dengan lebar sapuan satelit. Lebar sapuan Sentinel-2 sebesar 290 km, LDCM OLI 185 km.

Tiga belas kanal yang dipasang pada satelit Sentinel-2 memiliki karakteristik tersendiri. Empat kanal dengan resolusi spasial 10 m memastikan kesesuaian dengan SPOT 4/5 dan memenuhi persyaratan pengguna untuk klasifikasi tutupan lahan. Resolusi spasial 20 m yang dimiliki oleh 6 kanal menjadi persyaratan untuk parameter pengolahan level 2 lainnya. Kanal dengan resolusi spasial 60 m dikhususkan untuk koreksi atmosfer dan penyaringan awan (443 nm untuk aerosol, 940 nm untuk uap air, dan 1375 untuk deteksi awan tipis). Resolusi sebesar 60 m dianggap cukup untuk menangkap variabilitas spasial parameter geofisika atmosfer (Drusch dkk., 2012).

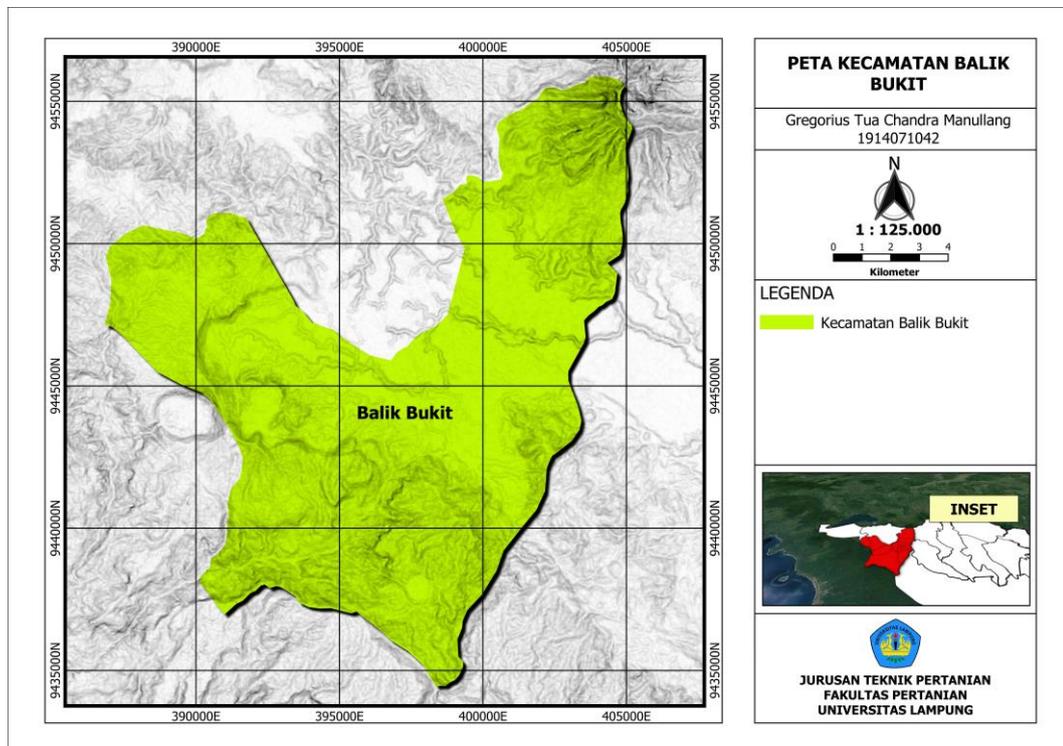
Tabel 4. Spesifikasi Band Citra Sentinel 2

No.	Sentinel Band	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
1	Band 1 - Coastal Aerosol	0,307638889	60
2	Band 2 - Blue	00.49	10
3	Band 3 - Green	00.56	10
4	Band 4 - Red	0,461805556	10
5	Band 5 - Vegetation Red Edge	0,489583333	20
6	Band 6 - Vegetation Red Edge	0,051388889	20
7	Band 7 - Vegetation Red Edge	0,54375	2
8	Band 8 - NIR	0,584722222	10
9	Band 8 - Vegetation Red Edge	0,600694444	20
10	Band 9 - Water Vapour	0,65625	60
11	Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
12	Band 11 - SWIR	0,084027778	20
13	Band 12 - SWIR	02.19	20

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Maret sampai dengan April 2023 di Laboratorium Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil data Citra Sentinel 2-Adan Citra Landsat 8 OLI Wilayah Kecamatan Balik Bukit Kabupaten Lampung Barat yang kemudian diolah menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3. Kecamatan Balik Bukit secara geografis, terletak pada Lintang : -5.012500000000, dan Bujur : 104.070400000000.



Gambar 9. Peta Kecamatan Balik Bukit.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua macam yaitu perangkat keras dan perangkat lunak, meliputi seperangkat PC (*Personal Computer*) dan menggunakan perangkat lunak, meliputi Arcgis 10.3, Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 2010, serta menggunakan Google Chrome. Sedangkan Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Bahan - Bahan Penelitian

No.	Bahan	Kegunaan	Sumber
1	Kemiringan Lereng	Menghitung Luas dan Persentase luas dari masing-masing kelas lereng	Data DEM (<i>Digital Elavation Mode</i>)
2	Curah Hujan	Menghitung Luas dan Persentase Intensitas Curah Hujan pada Suatu Wilayah	Data CHRIPS
3	Citra Sentinel 2-A (30/04/2023)	Mengetahui Persentase dan Luas dari Kerapatan Vegetasi Wilayah	Sentinel Hub
4	Citra Lansat 8 OLI (08/04/2023)	Mengetahui Persentase dan Luas dari Kerapatan Vegetasi Wilayah	Usgs.Gov
5	Peta Administrasi Kecamatan	Sebagai Acuan dalam pembuatan keseluruhan peta	Data BIG 2018
6	Peta Jenis Tanah	Mengetahui Persentase dan luas dari jenis tanah	Data FAO (<i>Food and Agriculture Organization</i>)
7	Peta Penggunaan Lahan	Mengetahui Tutupan Lahan	KLHK (Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan)

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini memiliki empat tahapan, yaitu study literatur, pengumpulan data dari masing- masing parameter, tahap pengolahan data, tahap analisis, dan didapatkan hasil dari penelitian ini. Tahap yang pertama adalah Study Literatur, Studi literatur adalah proses pengumpulan dan analisis informasi dari berbagai

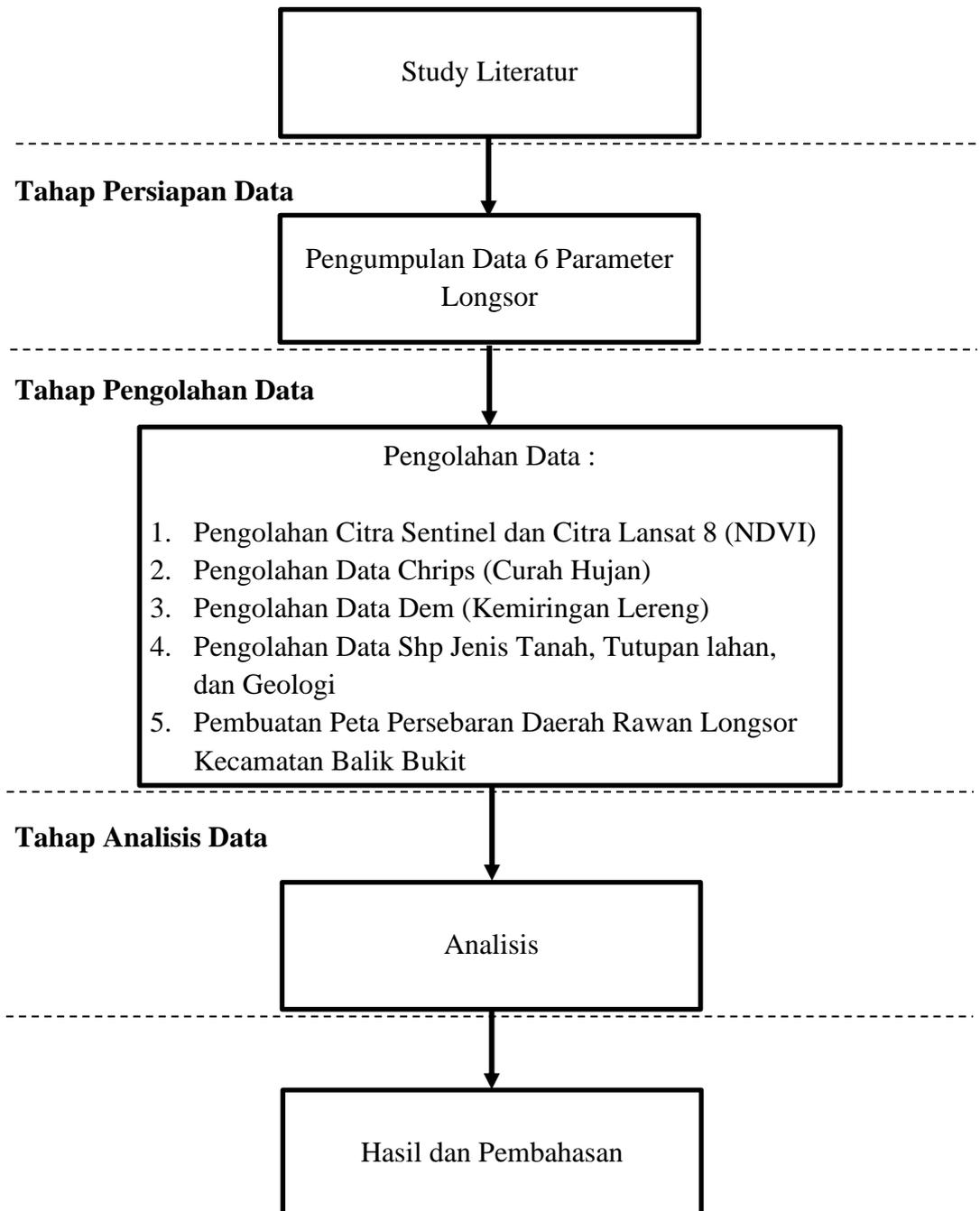
sumber tertulis yang relevan dengan topik penelitian ini. Teknik ini dilakukan dengan tujuan untuk mengungkapkan berbagai teori-teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang dihadapi/diteliti sebagai bahan rujukan dalam pembahasan hasil penelitian. Pengertian Lain tentang Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relefan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Tahap yang kedua, yaitu tahap pengumpulan data enam parameter longsor yang didapatkan dari berbagai sumber (Tabel 5).

Tahap ketiga adalah pengolahan data dari enam parameter, yaitu curah hujan, kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan, geologi dan kerapatan vegetasi (NDVI) dari Citra Lansat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-A. Peta jenis tanah, geologi, dan penggunaan lahan diolah dengan menggunakan metode *clip*. Data-data yang sudah didapatkan berupa *Shape File* (SHP) atau poligon, selanjutnya di *clip* menggunakan *Shape File* atau poligon administrasi Kecamatan Balik Bukit dan akan menghasilkan Peta jenis tanah geologi, dan penggunaan lahan. Peta kemiringan lereng, curah hujan dan kerapatan vegetasi menggunakan metode *clip* yang sama, namun data yang diolah adalah data Raster.

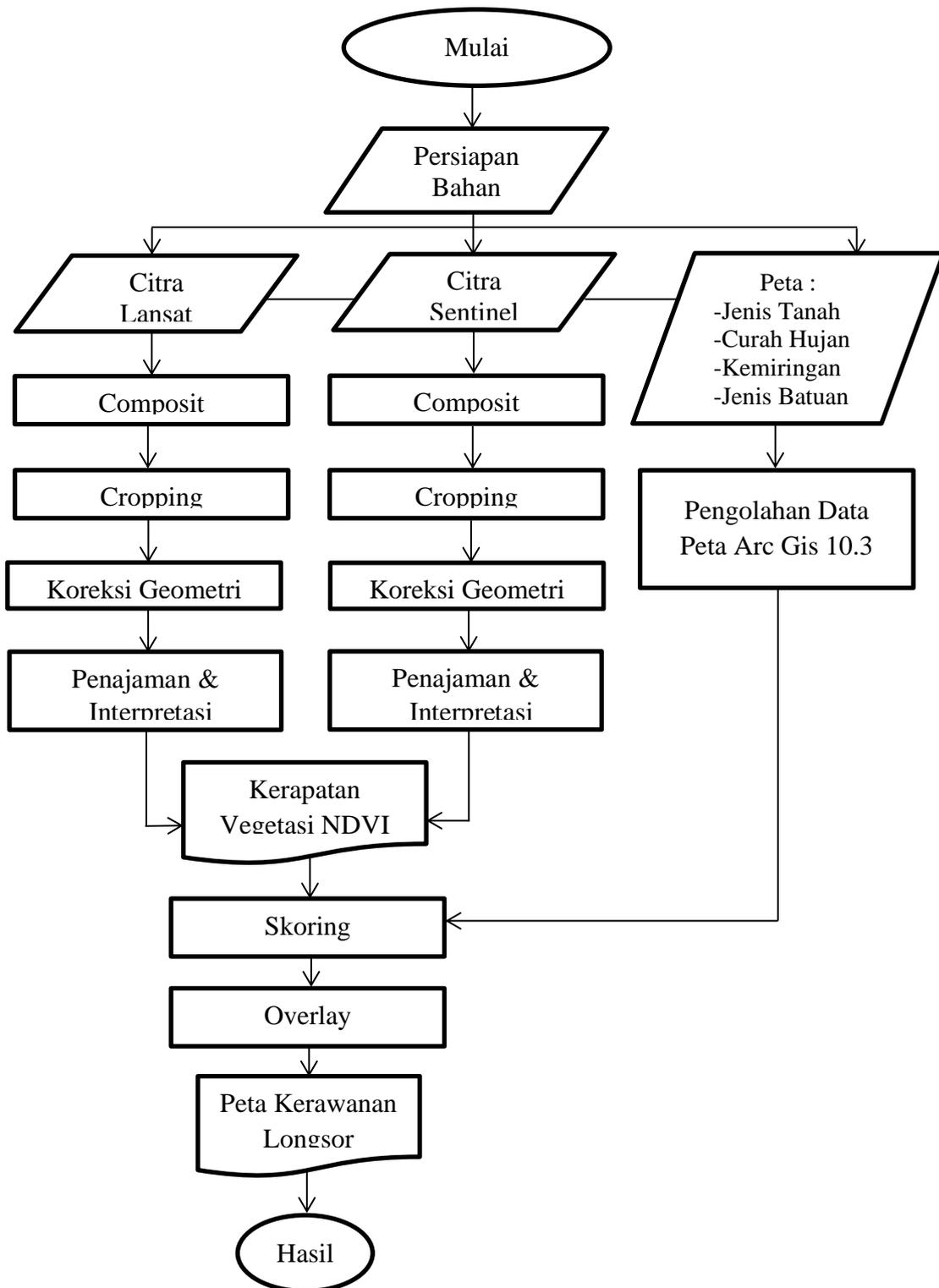
Tahap keempat adalah tahap analisis, tahap ini menggabungkan semua peta parameter, yaitu peta jenis tanah, geologi, penggunaan lahan, peta kemiringan lereng, peta kerapatan vegetasi dan akan menghasilkan peta kelongsoran. Peta kelongsoran ini terdapat dua jenis yaitu peta berdasarkan interpretasi Citra Lansat 8 OLI dan peta berdasarkan interpretasi Citra Sentinel 2-A. Tahap analisis penelitian adalah proses penting dalam penelitian ilmiah yang melibatkan pengolahan dan interpretasi data.

Tahap yang terakhir yaitu hasil dan pembahasan semua peta yang terbentuk dari hasil penelitian ini. Berbagai peta yang tebentuk, yaitu Peta Kecamatan Balik Bukit, Peta Batas Administrasi Kecamatan Balik Bukit, Peta Sarana Prasarana, Peta Kemiringan Lereng, Peta Jenis Tanah, Peta Curah Hujan, Peta Geologi, Peta Penggunaan Lahan, Peta Kerapatan Vegetasi Interpretasi Citra Lansat 8 OLI, Peta Kerapatan Vegetasi Interpretasi Citra Sentinel 2-A, Peta Kerawanan Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI, Peta Keawanan Longsor Interpretasi Citra

Sentinel 2-A, Peta Koordinat Longsor Interpretasi Citra Lansat 8 OLI, dan Peta Koordinat Longsor Interpretasi Citra Sentinel 2-A. Prosedur Penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Prosedur Penelitian



Gambar 11. Diagram Alir Pengolahan Data

Penjelasan Diagram Alir Penelitian :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi Tahap Studi Literatur dan Pengumpulan Data. Studi Literatur dilakukan dengan mencari atau mengumpulkan referensi atau data yang dalam penelitian ini berkaitan dengan Citra Landsat 8 OLI, Citra Sentinel 2-A, SIG, dan Longsor, serta pengumpulan data yaitu data Chirps untuk pembuatan peta curah hujan, data jenis tanah FAO (*Food and Agriculture Organization*) untuk pembuatan peta jenis tanah, data DEM (*Digital Elevation Model*) untuk pembuatan peta kemiringan lereng.

2. Tahap Pengolahan Data

Tahap Pengolahan data dilakukan menggunakan ArcGIS 10.3, adalah sebagai berikut :

A. Pengolahan data Citra Landsat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-A

Peta Kerapatan Vegetasi dibuat dengan data Citra Landsat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-A tahun 2023 Kecamatan Balik Bukit, Kabupaten Lampung barat, kemudian dilakukan composit Citra atau pemberian warna pada Citra dengan kombinasi 3 band, kemudian cropping atau pemotongan citra untuk mendapatkan daerah penelitian menggunakan SHP daerah penelitian dan pada penelitian ini adalah Kecamatan Balik Bukit, kemudian koreksi geometrik yang bertujuan untuk memperbaiki posisi/koordinat sehingga sesuai dengan posisi di permukaan bumi, kemudian penajaman yang dilakukan dengan meningkatkan resolusi citra untuk meningkatkan perbedaan antar objek pada Citra, kemudian interpretasi citra untuk mengidentifikasi objek yang ada pada citra dengan tahapan deteksi, identifikasi dan analisis, kemudian dianalisis kerapatan vegetasi menggunakan Citra Landsat 8 OLI dan Citra Sentinel 2-A.

B. Pengolahan data SHP , DEM, dan CHRIPS

Pembuatan Peta Jenis Tanah, Curah Hujan, Kemiringan Lereng, dan Jenis Batuan. Untuk Peta Jenis tanah data jenis tanah diperoleh dari FAO (*Food and Agriculture Organization*), Import ke ArcGIS, input file polygon (Kecamatan Balik Bukit), lalu dilakukan clip (analysis), dilakukan pergantian fetures, dan peta jenis tanah pun

jadi. Untuk pembuatan Peta Curah Hujan, Kemiringan Lereng, dan Geologi sama, namun dengan data yang berbeda.

C. Pembuatan Peta Daerah Rawan Longsor

Pembuatannya dilakukan dengan teknik overlay dengan menggabungkan peta penggunaan lahan, peta curah hujan, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, peta peta geologi, dan peta kerapatan vegetasi.

3. Analisis

Dengan proses overlay akan dihasilkan data spasial baru (data analisis). Pada data analisis nilai skor dari tiap area dijumlahkan. Dengan membagi selisih nilai tersebut dengan 5 kelas tingkat kerentanan terhadap bahaya longsor (Alfan, 2000)

$$ITK = \frac{N_x - N_y}{6}$$

Keterangan :

ITK	= Interval Tingkat Kerentanan
Nilai N_x	= Nilai dari Skoring Terbesar
Nilai N_y	= Nilai dari Skoring Terkecil
6	= Enam Parameter Longsor

Berdasarkan kriteria dari tingkat kerentanan longsor dibagi menjadi lima kelas yaitu :

1. Tidak rawan
2. Kerawanan rendah
3. Kerawanan sedang
4. Kerawanan tinggi
5. Sangat rawan

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil berupa Peta Persebaran Daerah Rawan Longsor Kecamatan Balik Bukit Dari dua citra, yaitu Citra Sentinel 2-A dan Citra Lansat 8 OLI

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem Informasi Geografi (SIG) yang digunakan pada penelitian ini sangat membantu dalam proses pembuatan peta, perhitungan, maupun analisis.

Berdasarkan interpretasi dua citra, yaitu Citra Sentinel dan Citra Landsat 8 OLI didapatkan lima kelas kerawanan longsor. Dari interpretasi Citra Sentinel, yaitu kelas tidak rawan seluas 1991 Ha, kelas kerawanan rendah seluas 6905 Ha, kelas kerawanan sedang seluas 6174 Ha, kelas rawan 2468 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 710 Ha. Sedangkan pada interpretasi Citra Landsat 8, yaitu kelas tidak rawan seluas 1612 Ha, kelas kerawanan rendah seluas 6231 Ha, kelas kerawanan sedang 6899 Ha, kelas rawan seluas 2565 Ha, dan kelas sangat rawan seluas 941 Ha.

Citra sentinel 2-a dan Citra Landsat 8 OLI memiliki hasil yang sama dalam menentukan wilayah sangat rawan longsor, yaitu Desa Kubu Perahu. Namun dari kedua Citra memiliki nilai yang berbeda. Berdasarkan Citra Sentinel 2-a Desa Kubu Perahu memiliki kelas kerawanan sangat rawan seluas 169 Ha, Sedangkan berdasarkan Citra Landsat 8 OLI Desa Kubu Perahu memiliki kelas kerawanan sangat rawan seluas seluas 215 Ha.

2. Kerapatan Vegetasi dari masing-masing interpretasi citra sangat mempengaruhi nilai dari longsor di Kecamatan Balik Bukit. Kerapatan vegetasi interpretasi Citra Sentinel, yaitu sangat jarang 61 Ha, jarang 45 Ha, sedang 654 Ha, Rapat 401 Ha, dan sangat rapat 17.087 Ha. Sedangkan kerapatan vegetasi interpretasi Citra Landsat 8, yaitu sangat jarang 39 Ha, jarang 22 Ha, sedang 798 Ha, Rapat 3.933 Ha, dan sangat rapat 13.456 Ha. Perbandingan nilai dari kedua Citra dapat dilihat

berdasarkan kerapatan vegetasi sangat jarang, semakin detail citra tersebut maka objek-objek kecil seperti ini dapat tersorot dan dapat ditampilkan lebih banyak. Citra Sentinel 2-a menampilkan 61 Ha vegetasi sangat jarang secara keseluruhan dari Wilayah Kecamatan Balik Bukit, sedangkan Citra Lansat 8 OLI menampilkan 39 Ha vegetasi sangat jarang secara keseluruhan Wilayah Kecamatan Balik Bukit. Hal ini dapat dipastikan bahwa Citra Sentinel Unggul dalam menampilkan data yang detail dan dapat menampilkan objek-objek yang lebih kecil dari pada Citra Lansat 8 OLI.

3. Hasil perhitungan dan analisis pada tiap parameter kerawanan longsor, diperoleh informasi dari Citra Sentinel maupun Citra Lansat 8. Parameter yang sangat memengaruhi dan mendominasi kerawanan longsor di Kecamatan Balik Bukit adalah Curah Hujan dan Kemiringan Lereng dimana parameter ini lebih dominan dibandingkan yang lainnya, kemudian disusul oleh Geologi, Jenis Tanah, Tutupan Lahan, dan kerapatan vegetasi.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan manfaat dari penelitian ini dari sisi pengembangan ilmu pengetahuan, disarankan untuk penelitian selanjutnya dalam analisis kerawanan bencana kelongsoran menggunakan Citra Sentinel 2-a. Hal ini dikarenakan Citra Sentinel lebih unggul dalam menampilkan data secara detail dan untuk permukaan bumi yang lebih kecil lebih banyak tersorot seperti halnya analisis vegetasi.

Mitigasi bencana sangat diperlukan, untuk mengurangi dampak dari segi material maupun immaterial, maka dari itu disarankan wilayah yang ter-verifikasi rawan kelongsoran dapat dibuat terasiring dengan sistem drainase yang tepat, menghindari pembangunan pemukiman atau tempat tinggal, dan dilakukan penghijauan dengan akar yang dalam dan kuat

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K. R., & Akter, S. (2017). *Analysis of landcover change in southwest Bengal delta due to floods by NDVI, NDWI and K-means cluster with landsat multi-spectral surface reflectance satellite data*. *Remote Sensing*. Diakses pada 13 Juni 2024 melalui website <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.010>
- Aleotti, P., 2004. *A Warning System for Rainfall-Induced Shallow Failures*. *Engineering Geology*
- Asdak, C. 2003. *Faktor Hutan, Geomorfologi, dan Anomali Iklim pada Bencana Tanah Longsor di Hulu DAS Cimanuk*. *Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Garut*. Pemerintah Kabupaten Garut.
- Sitanala.A. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB pres.Bogor
- Berhadrsen, Tor. 2002. *Geographic Information. System An Introduction*. Jhons and Sons inc 2002. USA
- Brinker, R.C. 1984. *Dasar-Dasar Pengukuran Tanah (Surveying)*. Erlangga. Jakarta
- Chen, S. C., Lin, T. W., Chen, C.Y. (2015). Modeling of Natural dam Failure Models and Downstream Riverbed Morphological Changes with Different Dam Materials in a Fume Test. *Engineering Geology*, 188, 148–158.
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Pengantar Jauh Digital*. Andi. Yogyakarta
- Darmawan, A. 2002. *Perubahan Penutupan Lahan di Cagar Alam Rawa Danau Bogor*. Bogor: Jurusan Konservasi Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Drusch, M., Bello, U. D., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, A., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. 2012. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*. 120: 25–36.

- Dwi, Y. 2010. *Kesesuaian Penggunaan Lahan Berdasarkan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Semarang*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- European Space Agency (ESA). 2012. ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operation Service. ESA Communication: ESA/ESTEC (Frascati, Italy) and ESA/ESRIN (Noordwijk, The Netherlands). ESA SP-1322/2 March 2012, ISBN: 978-92-92221-419-7, ISSN: 0379-6566).
- European Space Agency. 2015. *Sentinel-2 user handbook revision 2*. ESA Communication. Noordwijk. 64 Hal
- European Space Agency. 2017a. *Sentinels high level operations plan*. Copernicus space component mission management team. Frascati. Hal. 75.
- Fadilah, N., Arsyad, U. dan Soma, A.S. 2019. Analisis tingkat kerawanan tanah longsor menggunakan metode frekuensi rasio di Daerah Aliran Sungai Bialo. *Journal of Perennial* 15(1):42-50.
- Hardianto, H.C. 2006. *Penanganan Tanah Longsor Untuk Penanggulangan Bencana*. BNPB. Jakarta.
- IDEP. 2005. *Panduan Umum Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat*. Yayasan IDEP. Bali
- Karnawati, Dwikorita. (2004). *Bencana Gerakan Massa Tanah/ Batuan di Indonesia; Evaluasi Dan Rekomendasi, Dalam Permasalahan, Kebijakan Dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia*. Jakarta: P3 - TPSLK BPPT Dan HSF.
- Khosiah dan Ariani. 2017. *Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Di Dusun Ladungan Desa Guntur Macan*. Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat.
- Kodim0422/Lampung Barat. Diakses pada 04 Juni 2024 melalui website : <https://www.kodim0422lambar.com/2022/01/danramil-422-04balik-bukit-mengerahkan.html>
- Kodoati dan Rustam. 2006. *Pengelolaan Bencana Terpadu*. Yasrif Watampone. Jakarta.
- Lapan. Spesifikasi Lansat 8. Diakses pada 29 Desember 2023 melalui website : https://inderajacatalog.lapan.go.id/application_data/default/pages/about_Landsat-8.html
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th Edition, John Wiley & Sons Inc. New York

- Lillesand, k. 1988. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada Press Yogyakarta.
- Lindgren, D.T. 1985. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Lulla K, Duane N. M., Rundquist B. (2013). The Landsat 8 is ready for geospatial science and technology researchers and practitioners. *Geocarto International*. 28: 191
- Munir, A. 2012. *Ilmu Ukur Wilayah Dan Sistem Informasi Geografis*. Makassar. Kencana Prenada Media Group. Makassar.
- Nandi. 2007. *Longsor*. Pendidikan Geografi. UPI. Bandung.
- Nasution, Ahmad T.A. 2016. Pemetaan Sifat Kimia Tanah Pada Daerah Rawan Bencana Gunung Sinabung Kabupaten Karo Sumatera Utara. [Skripsi]. Faperta Unand. Padang.
- Noor, D. 2005. *Geologi Lingkungan*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing: Praktis Pengindraan jauh dan Pengolahan Citra Digital Dengan Perangkat Lunak Er Mapper*. Informatika: Bandung. 59 hal.
- Peraturan Kepala BIG Nomor 3 Tahun 2016. 2016. Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa Badan Informasi dan Geospasial (BIG).
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 22/PRT/M/2007. Diakses pada 29 Desember 2023 melalui website : <https://jdih.pu.go.id/internal/assets/assets/produk/PermenPUPR/2007/07/PermenPU22-2007.pdf>
- Prihandito, Aryono. 1998. *Proyeksi Peta, Cetakan ke-2*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Purwadhi F.S.H dan T. B.Sanjoto, 2009. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh. Pusat Data Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional*. Jurusan Geografi Universitas Semarang. Semarang.
- Radar Lampung. 2022. Diakses pada 29 Desember 2023 melalui website : <https://radarlampung.disway.id/read/658694/longsor-dapur-rumah-kepala-lingkungan-di-balik-bukit-tinggal-segini>
- Rangga, Bhian. 2013. *Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh (Citra Lansat 8 dan Ikonos)*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Rosdania. 2015. *Sistem Informasi Geografi Wilayah Kampus Universitas Mulawarman Menggunakan Google Map API*. Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Sieh, K. and Natawidjaja, D., 2000. Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia, *Journal of Geophysical Research*, 105 (B12) : 28,295 – 28,326.
- Supriyono. 2014. *Seri Pendidikan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor*. Andi. Yogyakarta.
- Susetyo, B, D dan Perdana, P, A. 2017. *Uji Ketelitian surface Model (DMS) sebagai Data Dasar dalam Pembentukan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI)*. Researchgate.Net. Bogor.
- Sutanto. 1987. *Penginderaan Jauh Dasar II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- TribunLampung.2024. Diakses melalui website : <https://lampung.tribunnews.com/2024/03/24/jalinbar-km-17-kubu-perahu-lampung-barat-ditutup-total-masih-tertutup-longsor>
- TribunLampungBarat.2021.Diakses melauai website : <https://lampung.tribunnews.com/2021/10/18/sempat-lumpuh-akibat-tertimbun-longsor-kini-jalur-liwa-kru-lampung-barat-sudah-dapat-dilintasi?page=all>
- Yuniarta, H, Agus P. Saido, Y. Muslih Purwana. 2015. Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo. *e-Jurnal matriks teknik sipil*. 3 (1)

