

## ANALISIS KERAPATAN KELURUSAN DAN PENGARUH ASPEK GEOLOGI TERHADAP KERAWANAN TANAH LONGSOR DAERAH KECAMATAN ULU MANNA DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BENGKULU SELATAN, PROVINSI BENGKULU

*M. Deden Satriadi<sup>1</sup>, Budhi Setiawan<sup>2</sup>, Yogie Zulkurnia Rochmana<sup>3\*</sup>*

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM. 32, Inderalaya, Kab. Ogan Ilir, Sumsel 30662

\*Korespondensi e-mail: [yogie.zrochmana@ft.unsri.ac.id](mailto:yogie.zrochmana@ft.unsri.ac.id)

### ABSTRACT

*The research area is administratively located in Ulu Manna sub-district and its surroundings. The research area based on regional geology is included in the Bengkulu Basin zone consisting of the Seblat Formation (Toms) and Lemau Formation (Tml). The research area based on the 2018 IDRI (Indonesian Disaster Risk Index) data has a relatively high risk class and has a relatively low capacity in terms of multi-hazard maps. This research aims to identify potential landslide vulnerability in the research area. This research uses remote sensing method by utilizing satellite image data in the form of Digital Elevation Model (DEM). Lineament density data and various geological aspects (lithology, geological structure and geomorphology) were overlaid using Weighted Overlay Model (WOM) method with weighted sum tools in ArcGIS software. The parameters used and their weighting values are sequentially aspects of lithology (20%), geomorphology (20%), lineament density (30%) and slope (30%). Lineament density analysis of the research area shows that intense topographic relief development is followed by landslide activity. Landslide potential is spread in Ulu Manna Sub-district and its surroundings. Areas with high landslide vulnerability are Keban Jati, Kayu Ajaran, Air Tenam Dalam, Lubuk Tapi and Sukamaju villages. Areas with low-moderate landslide vulnerability occur in the villages of Pino Baru, Talang Tinggi, Simpang Pino, Merambung and Bandar Agung. Landslide prone areas classified as medium-high are Batu Panco, Palak Bengkerung, Tanjung Beringin and Batu Kuning villages.*

**Keywords:** *Lineament density, geological aspects, weighted overlay model (WOM), landslide susceptibility*

### Publikasi pada:

Journal of Geology and Sriwijaya

### Institusi:

Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara, Palembang, Sumatera Selatan

### Surel:

[teknikgeologi@ft.unsri.ac.id](mailto:teknikgeologi@ft.unsri.ac.id)

Diterima: 26 Jul 24

Diperbaiki: 30 Agu 24

Disetujui: 20 Nov 24

Lisensi oleh:

CC BY-NC-SA 4.0



## SARI

Daerah penelitian secara administratif berada di Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya. Daerah penelitian berdasarkan geologi regional termasuk dalam zona Cekungan Bengkulu yang terdiri dari Formasi Seblat (Toms) dan Formasi Lemau (Tml). Daerah penelitian berdasarkan data IRBI (Indeks Risiko Bencana Indonesia) tahun 2018 memiliki kelas risiko yang relatif tinggi dan memiliki kapasitas yang relatif rendah ditinjau dari peta multi bahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kerawanan tanah longsor pada daerah penelitian. Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jarak jauh dengan memanfaatkan data citra satelit berupa *Digital Elevation Model* (DEM). Data kerapatan kelurusan dan berbagai aspek geologi (litologi, struktur geologi dan geomorfologi) dilakukan *overlay data set* menggunakan metode *Weighted Overlay Model* (WOM) dengan batuan *tools weighted sum* pada *software* ArcGIS. Parameter yang digunakan dan nilai pembobotannya secara berurut berupa aspek litologi (20 %), geomorfologi (20 %), kepadatan *lineament* (30 %) dan kemiringan lereng (30 %). Analisis *lineament density* pada daerah penelitian menunjukkan bahwa perkembangan topografi relief yang intens diikuti oleh aktivitas tanah longsor. Potensi tanah longsor tersebar pada Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong cukup tinggi terjadi di Desa Keban Jati, Kayu Ajaran, Air Tenam Dalam, Lubuk Tapi dan Desa Sukamaju. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong rendah – sedang terjadi di Desa Pino Baru, Talang Tinggi, Simpang Pino, Merambung dan Bandar Agung. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong sedang – tinggi terjadi di Desa Batu Panco, Palak Bengkerung, Tanjung Beringin dan Batu Kuning.

**Kata kunci:** Kerapatan kelurusan, aspek geologi, *weighted overlay model* (WOM), kerawanan tanah longsor

## PENDAHULUAN

Secara administratif daerah penelitian terletak di Desa Sukamaju, Kecamatan Ulu Manna, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu (Gambar 1).

Pada daerah penelitian belum ada penelitian terdahulu yang secara khusus mengkaji potensi kerawanan bencana tanah longsor. Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) dengan menggunakan citra satelit (Landsat 8, Alos Palsar, Radar, Sentinel, DEMNas) dan foto udara. Beberapa penelitian terdahulu yang menjadi dasar acuan peneliti terhadap metode yang digunakan (Tabel 1). Penentuan titik kerawanan tanah longsor digunakan analisis data DEM dan diolah dengan *tools* ArcGIS yang diwujudkan melalui *lineament density* dan faktor geologi pada daerah penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi titik kerawanan tanah longsor dan meminimalisir risiko bencana melalui proses interpretasi pola kelurusan

dengan data citra satelit dan analisis dengan paramater yang telah ditentukan.

## TINJUAN PUSTAKA

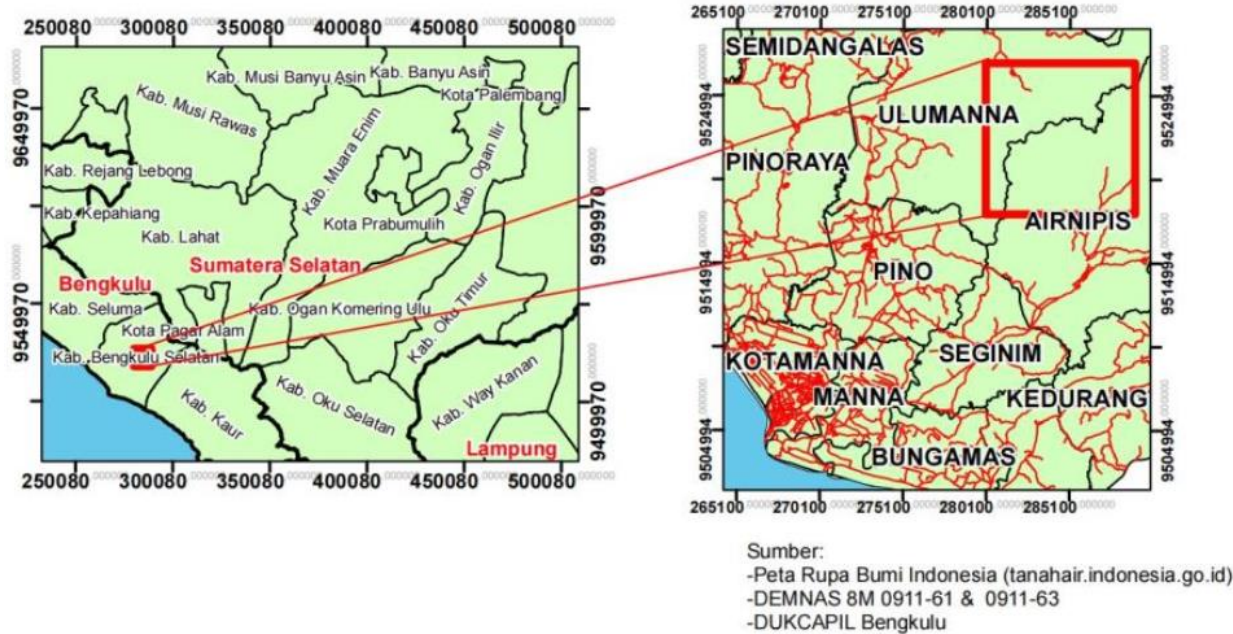
Penginderaan jauh adalah ilmu untuk memperoleh informasi tentang objek di permukaan bumi dengan menganalisis data dari perangkat lunak (Lillesand & Kiefer, 1997). Penginderaan jauh menghasilkan data berupa citra dan non citra. Data citra merupakan kenampakan pantulan atau radiasi gelombang elektromagnetik di permukaan bumi dalam bentuk gambar (Ibrahim dkk, 2020).

Data IRBI (Indeks Risiko Bencana Indonesia) tahun 2018, daerah penelitian memiliki kelas risiko yang relatif tinggi yakni sekitar 163,29. Tinjauan peta multi bahaya melalui *webGIS* BNPB, daerah Kabupaten Bengkulu Selatan memiliki risiko bencana yang tinggi dengan kapasitas yang relatif rendah (Gambar 2).

Topografi wilayah yang terjal dan curam, serta tingginya intensitas curah hujan yang sering terjadi, tingkat

pelapukan yang tinggi dan faktor penggunaan lahan yang tidak tepat

merupakan faktor utama terjadi longsor (Harnani dkk, 2023).



Gambar 1. Lokasi administrasi daerah penelitian

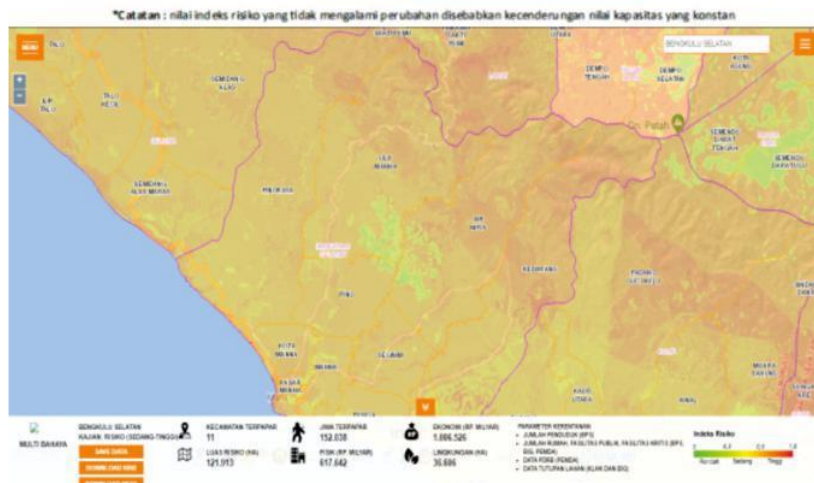
Tabel 1. Ringkasan penelitian terdahulu

Peneliti	Judul	Ringkasan
Alhirmizy (2015)	<i>Automatic Mapping of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived from Digital Elevation Model (DEM) in Kirkuk Northeast Iraq</i>	Penggunaan citra satelit yang diolah dengan <i>tools shaded relief image</i> dan penggabungannya menjadi beberapa segmen untuk menggambarkan kondisi daerah penelitian. Ekstraksi kelurusan dengan parameter tertentu dan pembuatan <i>lineament density</i> beserta analisisnya.
El Sawy dkk, (2016)	<i>Automated, manual lineaments extraction and geospatial analysis for Cairo-Suez district (Northeastern Cairo-Egypt), using remote sensing and GIS</i>	Penggunaan modular PCI Geomatica dalam ekstraksi kelurusan dengan parameter tertentu terhadap data <i>digital elevation model</i> yang diperoleh dari citra satelit.
Shit dkk, (2016)	<i>Potential Landslide Susceptibility Apping Using Weighted Overlay Model (WOM)</i>	Pemanfaatan data <i>lineament density</i> dan faktor geologi sebagai dasar parameter dalam penentuan potensi kerawanan tanah longsor.



Tabel nilai indeks risiko Provinsi Bengkulu dari Tahun 2015 sampai dengan Tahun 2018

NO.	KABKOTA	2015	2016	2017	2018	KELAS RISIKO 2018
1	BENGKULU UTARA	205.60	205.60	205.60	205.60	TINGGI
2	KAUR	203.20	203.20	203.20	203.20	TINGGI
3	SELUMA	191.20	191.20	191.20	191.20	TINGGI
4	BENGKULU SELATAN	186.40	186.40	186.40	186.40	TINGGI
5	BENGKULU TENGAH	173.20	173.20	173.20	173.20	TINGGI
6	MUKOMUKO	191.20	173.12	166.02	166.02	TINGGI
7	KEPAHIANG	138.00	138.00	138.00	138.00	SEDANG
8	KOTA BENGKULU	170.40	163.01	148.12	137.68	SEDANG
9	LEBONG	118.00	118.00	118.00	118.00	SEDANG
10	REJANG LEBONG	146.00	122.07	113.59	113.59	SEDANG



Gambar 2. Data IRBI dan peta multi bahaya daerah penelitian (BNPB, 2022)

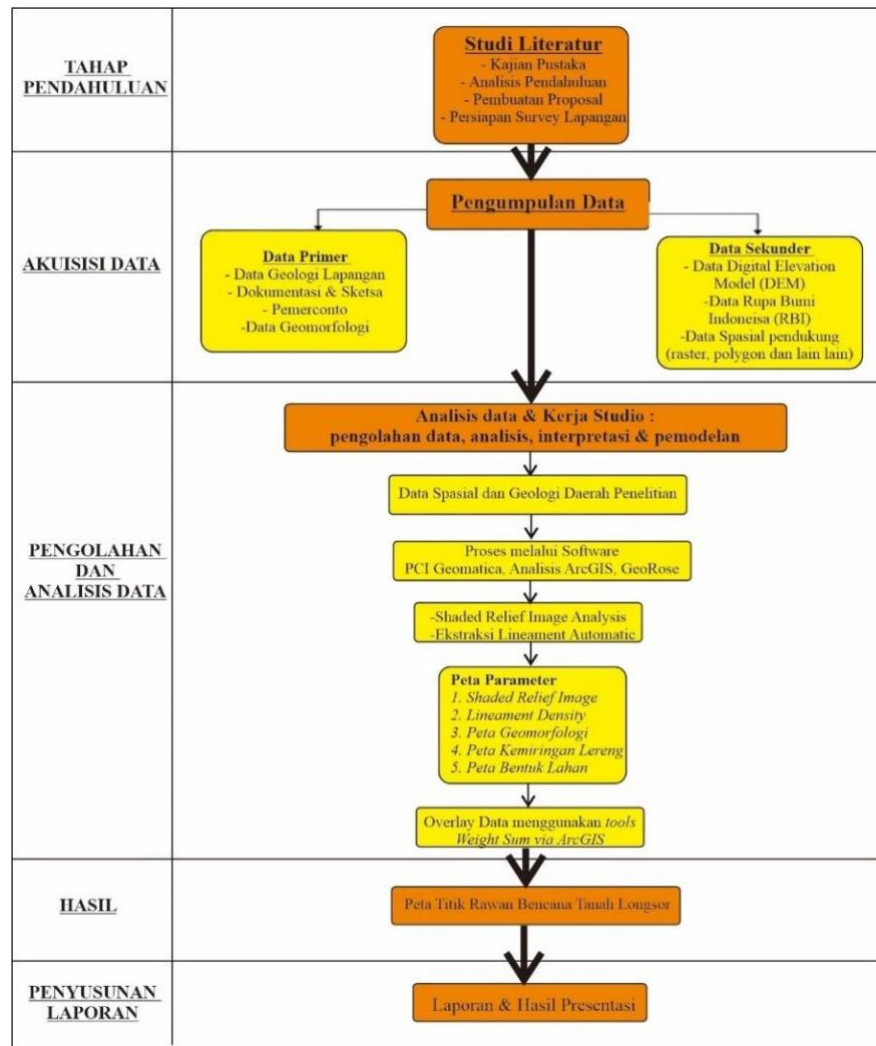
**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian menggunakan pendekatan aspek deskriptif dan observatif dengan tujuan menghimpun data primer dan data sekunder. Kajian literatur dan referensi penelitian terdahulu serta analisis data citra satelit guna mempelajari kondisi daerah penelitian secara menyeluruh (Gambar 3).

Data yang digunakan pada penelitian ini secara umum dibagi menjadi dua yakni, 1) Data primer (pengamatan lapangan) berupa data geomorfologi, data geologi dan data longsor.

2) Data sekunder berupa data *digital elevation model* (DEM) dan data rupa bumi Indonesia (RBI) yang diperoleh dari *webGIS*. (<https://tanahair.indonesia.go.id/>).

Data tersebut dilakukan proses interpretasi, pemodelan dan analisis data guna merepresentasi dan merekonstruksi titik rawan bencana tanah longsor pada daerah penelitian. Pengolahan data menggunakan bantuan dari berbagai *software GIS*, seperti *Global Mapper*, *ArcMap*, *PCI Geomatica*, *GeoRose* dan *editing software CorelDraw 2020*.



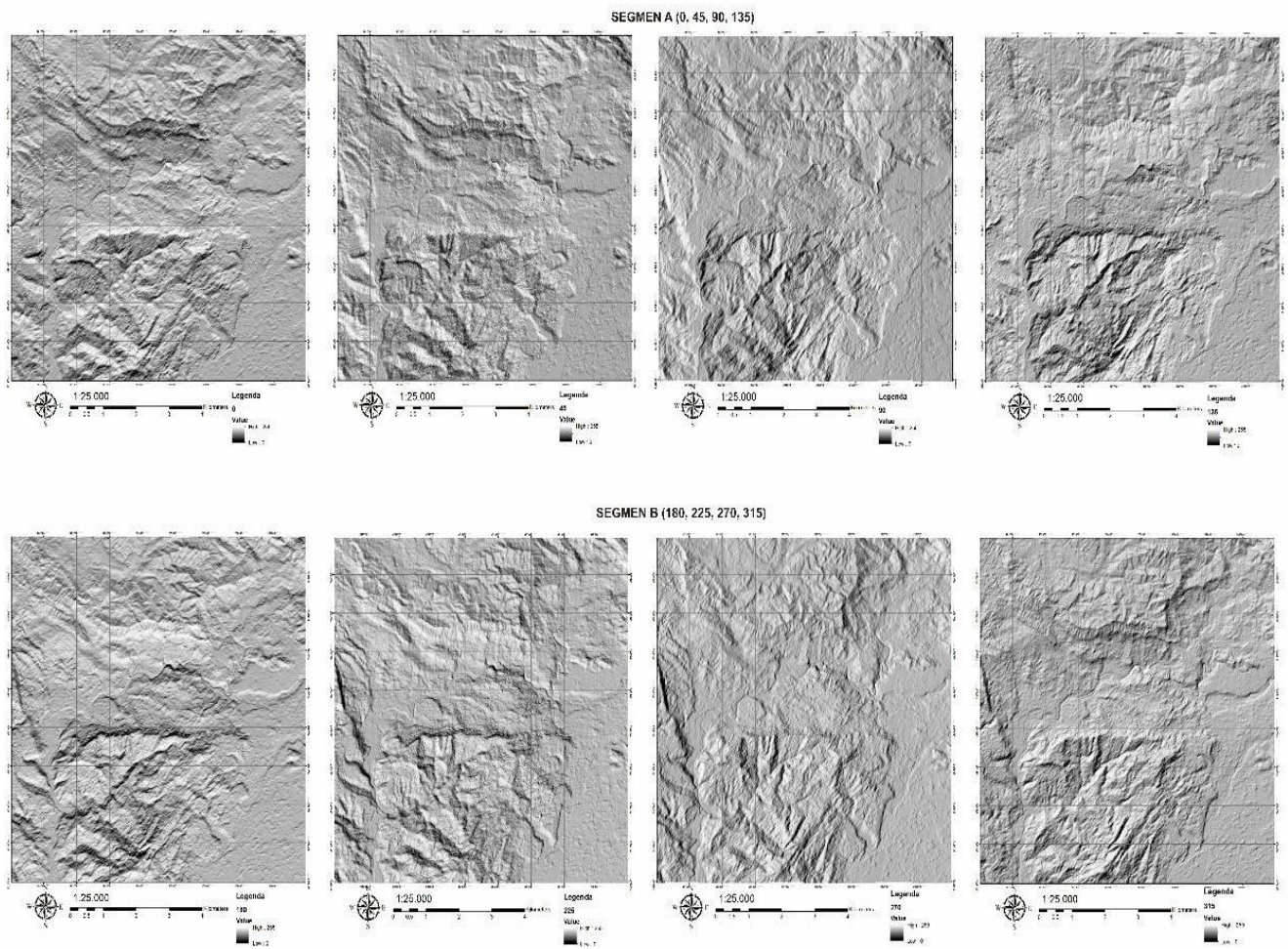
Gambar 3. Diagram alir penelitian

## HASIL

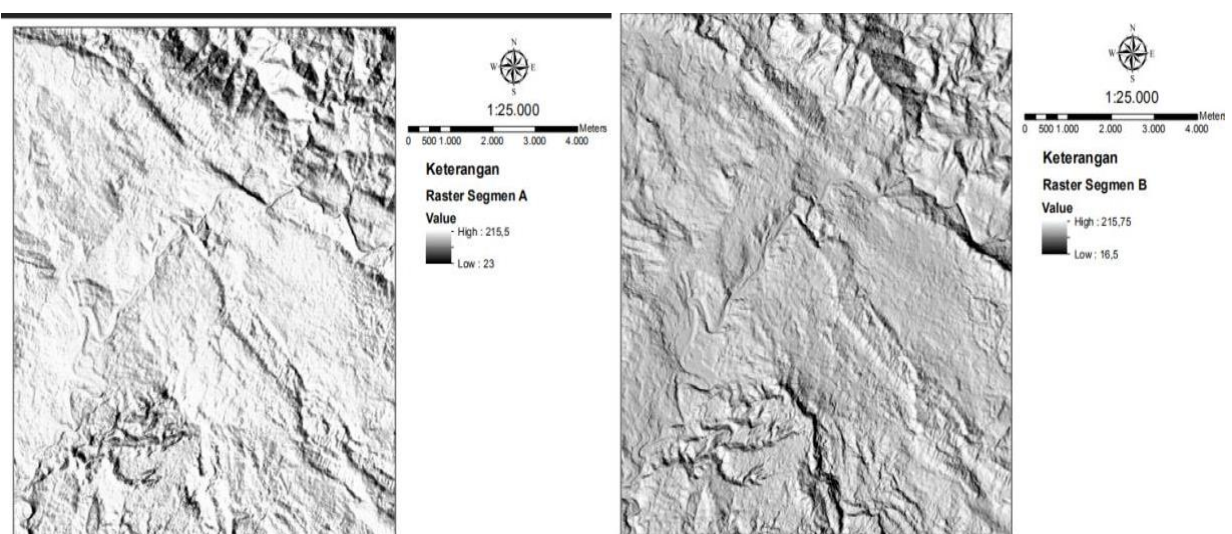
Data DEM daerah penelitian diperoleh dari *website* DEMNas untuk pembuatan *shaded relief* dengan berbagai sudut pencahayaan (*azimuth*). Pengaturan *azimuth* dibagi menjadi dua segmen yaitu segmen A ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $135^{\circ}$ ) dan B ( $180^{\circ}$ ,

$225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  dan  $315^{\circ}$ ) (Gambar 4). Pembagian segmen A dan segmen B bertujuan untuk merepresentasikan berbagai bentuk permukaan bumi dan elevasi dari data citra satelit dan arah pencahayaan yang berbeda. Hasil gabungan dari 4 kombinasi pencahayaan diekstraksi kelurusannya menggunakan *software PCI Geomatica* (2001) (Gambar 5).





Gambar 4. *Shaded relief image* segmen A dengan *azimuth* matahari ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $135^{\circ}$ ) (atas), *shaded relief image* segmen B dengan *azimuth* matahari ( $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  dan  $315^{\circ}$ ) (bawah) dan *altitude*  $45^{\circ}$  dengan  $z = 1$



Gambar 5. Penggabungan *shaded relief image* dengan segmen A (kiri) dan segmen B (kanan)

Ekstraksi kelurusan dengan *software PCI Geomatica* menghasilkan pola kelurusan tertentu untuk menginterpretasi arah orientasi kontur struktur yang terdapat pada daerah penelitian. Ekstraksi kelurusan dapat mengetahui titik kritis

pada daerah penelitian yang akan menjadi objek khusus (anomali) ketika proses pengambilan data. Ekstraksi kelurusan menggunakan beberapa parameter yang telah ditentukan (Tabel 2).

Tabel 2. Parameter ekstraksi kelurusan dengan *software PCI Geomatica* 2016 (Alhirmizy, 2015)

<i>RADI (filter radius)</i>	12
<i>GTHR (gradient threshold)</i>	90
<i>LTHR (length threshold)</i>	30
<i>FTHR (line fitting error threshold)</i>	10
<i>ATHR (angular difference threshold)</i>	30
<i>DTHR (linking distance threshold)</i>	20

Tahapan terakhir berupa penggabungan data (*overlay*) dari berbagai parameter menggunakan metode *Weighted Overlay Model* (WOM) dengan bantuan *tools weighted sum* pada *software ArcGIS*. Parameter yang digunakan dan nilai pembobotan secara berurut menurut Shit dkk (2016) berupa aspek litologi (20%), geomorfologi (20%), kepadatan *lineament* (30%) dan kemiringan lereng (30%). Peta yang dihasilkan dari parameter tersebut berupa *shaded relief image*, peta *lineament density*, peta kemiringan lereng, peta bentuk lahan dan peta geomorfologi.

### Geomorfologi

Daerah penelitian memiliki dua jenis satuan geomorfik berupa perbukitan denudasional (55%) dan perbukitan rendah denudasional (45%) (Gambar 6). Daerah penelitian memiliki nilai kemiringan lereng (*slope*) sebesar 0 % - 140 % berdasarkan klasifikasi menurut Widyatmanti dkk (2016). Kelas lereng miring – curam mendominasi daerah penelitian dengan mencakup seluruh daerah penelitian di Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya (Gambar 7).







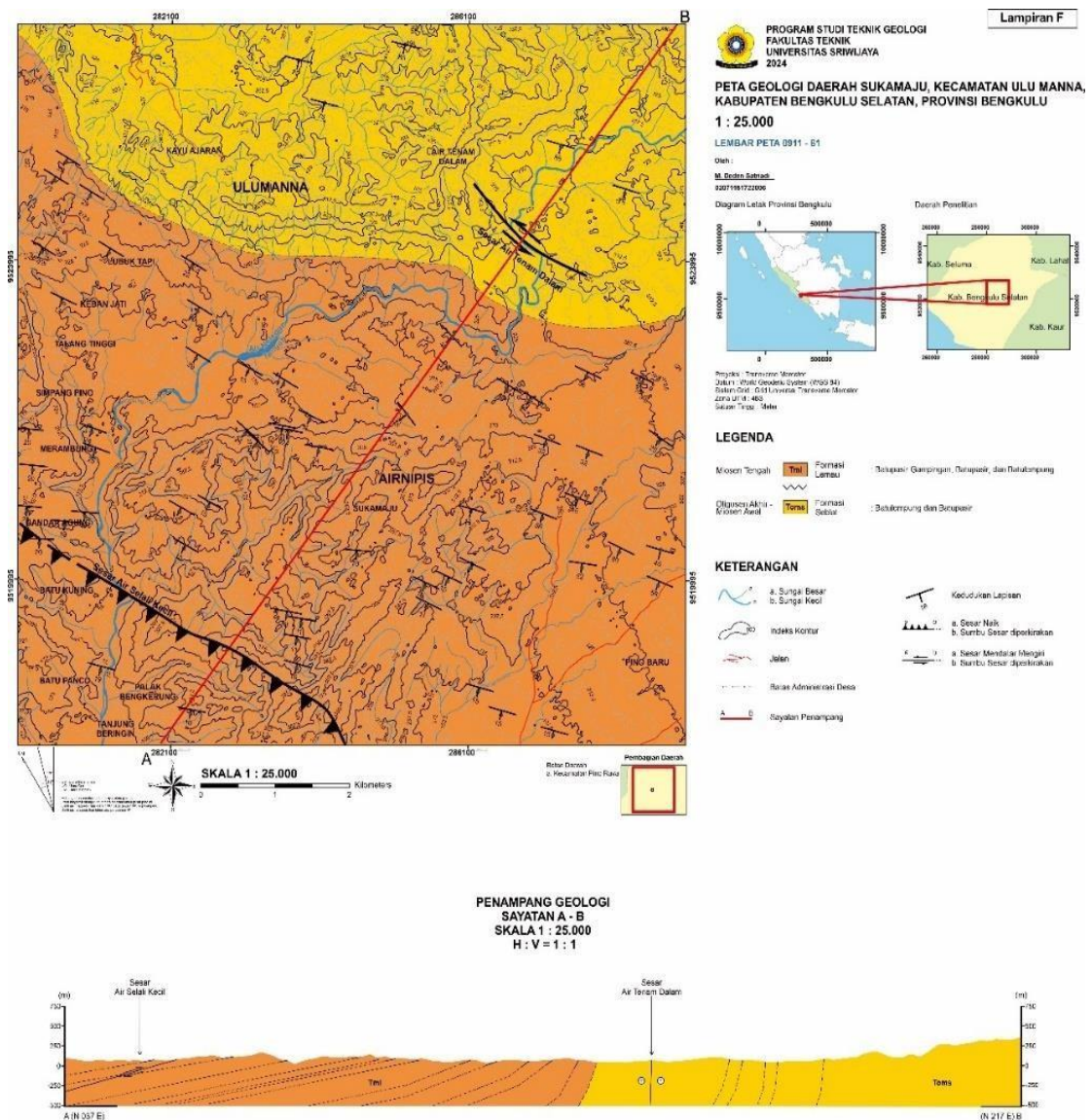
### Geologi Daerah Penelitian

Geologi regional pada daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Manna dan Enggano (Amin dkk, 1993) skala 1 : 250.000 yang mencakup dua formasi, Formasi Seblat (Toms) dan Formasi Lemau (Tml).

Geologi daerah penelitian terbagi menjadi dua bagian utama yaitu stratigrafi dan struktur geologi (Gambar 8). Hasil pemetaan geologi menurut Satriadi (2024), stratigrafi memiliki dua jenis formasi berupa Formasi Seblat dan Formasi Lemau. Struktur geologi pada daerah penelitian

memiliki dua jenis struktur geologi. Sesar Air Selali Kecil merupakan sesar naik yang berarah NW-SE dan Sesar Air Tenam merupakan sesar mendatar kiri yang berarah NE-SW.

Proses geologi yang berkaitan mengenai proses sedimentasi lingkungan laut – transisi terhadap dua formasi tersebut. Formasi Seblat terdiri dari satuan batupasir dan batulempung. Formasi Lemau terdiri dari satuan batupasir gampingan, batupasir dan batulempung (Gambar 9).



Gambar 8. Peta geologi daerah penelitian

Umur		Lithostratigrafi			Ling. Pengendapan
Kala		Simbol	Formasi	Litologi	
Miosen	Akhir	N18	Tml	Formasi Lemau	Batulempung, Breksi Batupasir, Batu gamping kristalin dan Batupasir gampingan.
		N17			
		N16			
		N15			
		N14			
	Tengah	N13			
		N12			
		N11			
		N10			
		N9			
Oligosen	Awal	N8	Toms	Formasi Seblat	Batupasir, Batulempung, Batu gamping, dan Batulanau.
		N7			
		N6			
		N5			
	Akhir	N4			
		N3			
		N2			
		N1			

Gambar 9. Kolom stratigrafi daerah penelitian

**Lineament Density**

Input data *hillshade* dan proses analisis melalui *software PCI Geomatica 2016* dengan parameter yang telah ditentukan, menghasilkan pola kelurusan segmen A (0°, 45°, 90° dan 135°) dan segmen B (180°, 225°, 270° dan 315°).

*Lineament density* pada segmen A (0°, 45°, 90° dan 135°) merepresentasikan sistem jalur positif yang menggambarkan pola relief topografi yang berkaitan langsung dengan bentukan bentang alam, sifat batuan dan tingkat pelapukan (Gambar 10).

*Lineament density* pada segmen B (180°, 225°, 270° dan 315°) merepresentasikan sistem jalur negatif yang menggambarkan kontrol pola aliran air yang berkembang pada daerah penelitian (Gambar 11).

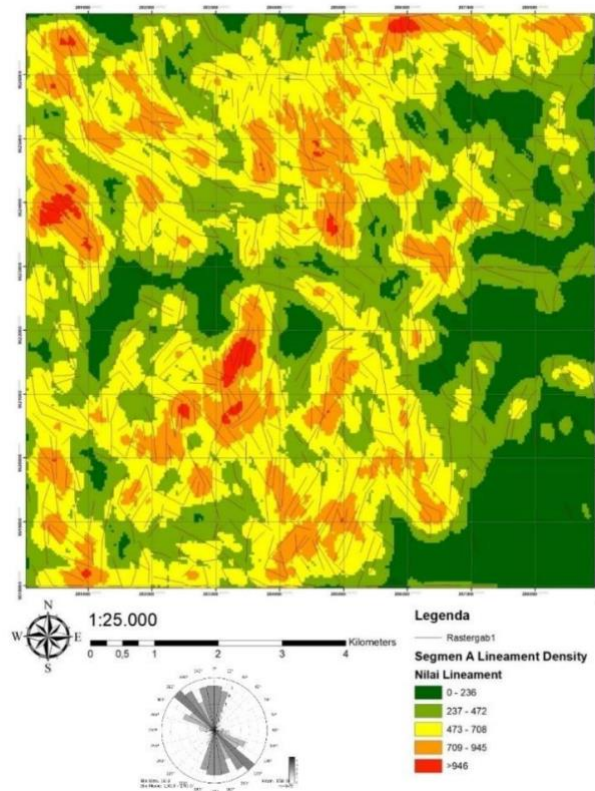
Bentuk morfologi daerah penelitian didominasi oleh perbukitan dengan bentuk relief kasar. Semakin kasar relief maka perkembangan variasi kemiringan lereng meningkat. Densitas kelurusan didominasi

oleh kelas yang relatif sedang – tinggi. Hal ini juga menggambarkan tingkat pelapukan yang relatif tinggi dan sifat batuan yang relatif pejal/keras.

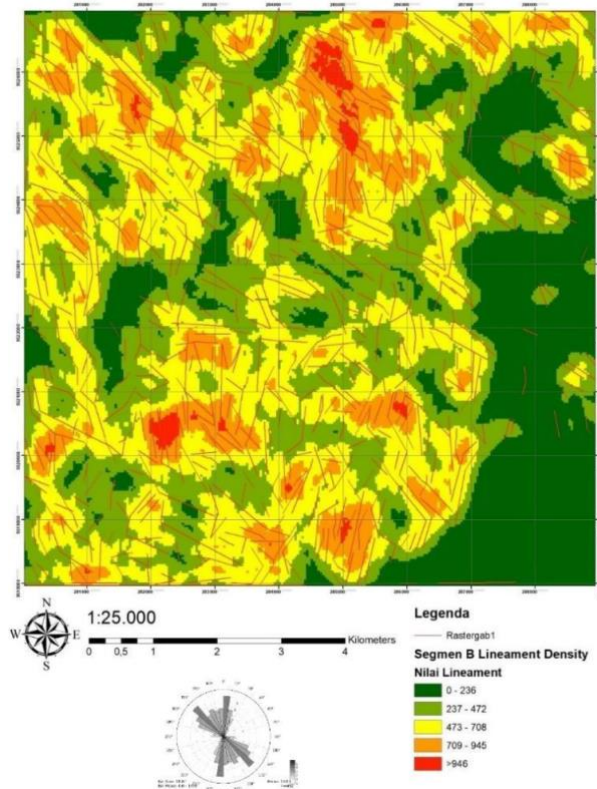
Densitas kelurusan dengan persebaran utama sedang - tinggi pada segmen B, menggambarkan bahwa daerah ini memiliki permeabilitas yang cukup baik. Hal ini disebabkan karena pengaruh struktur geologi yang terjadi.

Data diagram rose memiliki orientasi pola kelurusan berarah NW-SE pada segmen A dan berarah NE-SW pada segmen B. Arah pola kelurusan relatif berarah NW-SE dan dapat menjadi indikasi awal terkait arah tegasan utama pola struktur pada daerah penelitian.

Intensitas kerapatan *lineament* dengan visualisasi warna kuning – merah menginterpretasi batuan yang tersusun cenderung mudah terdeformasi menurut Widagdo dkk (2018). Hal ini mempengaruhi ketahanan tanah dan kestabilan lereng, sehingga akan berdampak pada kemungkinan terjadinya tanah longsor.



Gambar 10. Peta *lineament density* segmen A dengan diagram rose



Gambar 11. Peta *lineament density* segmen B dengan diagram rose



### Overlay Data dengan *tools Weight Sum*

Penggabungan data dengan menggunakan bobot tertentu menggunakan *tools weight sum* dari berbagai parameter.

Penggabungan beberapa data raster dengan cara memberikan bobot yang berbeda pada setiap parameter dan menghitung nilai totalnya menggunakan rumus *weight sum* (Tabel 3).

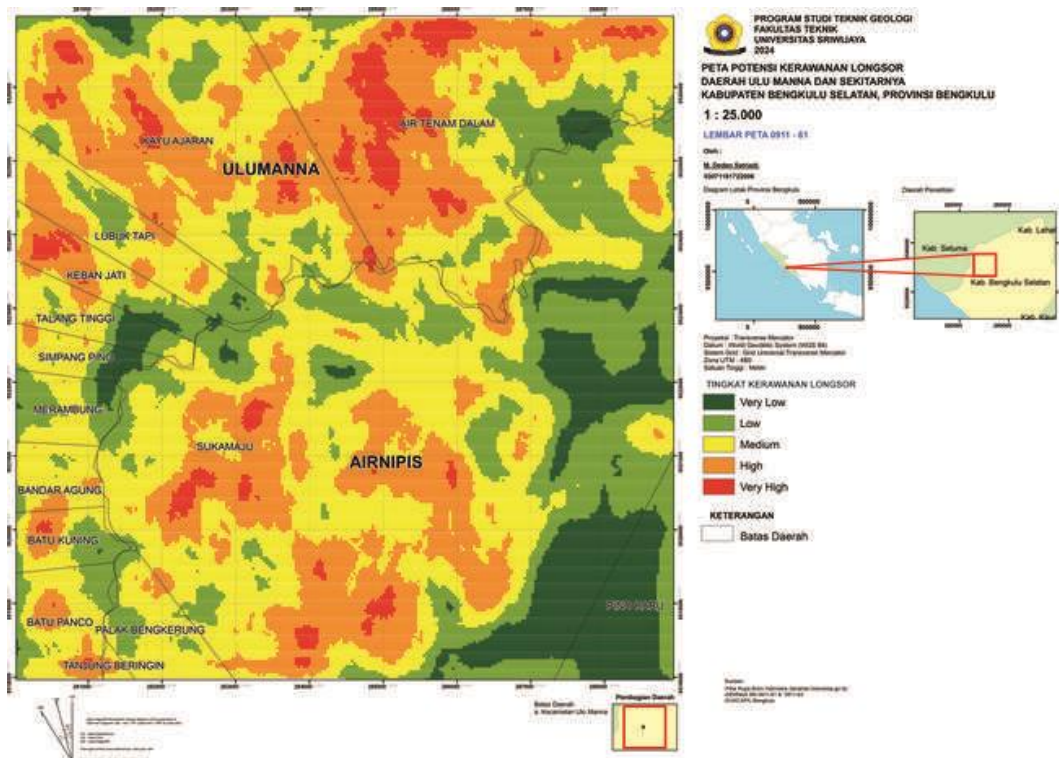
Tabel 3. Parameter dalam *tools weighted sum overlay model* (Modifikasi Shit dkk, 2016)

Parameter	Pengaruh	Kategori	Bobot
Litologi	20 %	Formasi Seblat	4
		Formasi Lemau	3
Geomorfologi	20 %	Perbukitan Rendah Denudasional	4
		Perbukitan Denudasional	3
		0-2 %	1
		3-7 %	2
Kemiringan Lereng	30 %	8-13 %	3
		14-20 %	4
		21-55 %	5
		56-140 %	6
		0 – 236	1
<i>Lineament Density</i>	30 %	237 – 472	2
		473 – 708	3
		709 – 945	4
		> 945	5

### Peta Potensi Rawan Tanah Longsor

Tingkat potensi rawan tanah longsor di daerah penelitian terdiri atas lima kelas pada peta potensi rawan tanah longsor (Gambar 12) menurut klasifikasi Shit dkk (2016). Tingkat kerawanan sangat rendah diidentifikasi dengan warna hijau gelap, tingkat kerawanan rendah diidentifikasi dengan warna hijau muda, tingkat kerawanan sedang diidentifikasi dengan warna jingga dan tingkat kerawanan sangat tinggi diidentifikasi dengan warna merah. Daerah penelitian menunjukkan dominasi tingkat kerawanan tanah longsor sedang - tinggi.

Daerah yang memiliki potensi longsor tersebar pada Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong cukup tinggi terjadi di Desa Keban Jati, Kayu Ajaran, Air Tenam Dalam, Lubuk Tapi dan Desa Sukamaju. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong rendah – sedang terjadi di Desa Pino Baru, Talang Tinggi, Simpang Pino, Merambung dan Bandar Agung. Kawasan yang memiliki potensi tingkat kerawanan tanah longsor yang tergolong sedang – tinggi terjadi di Desa Batu Panco, Palak Bengkerung, Tanjung Beringin dan Batu Kuning.



Gambar 12. Peta potensi titik rawan longsor daerah penelitian

**KESIMPULAN**

Hasil analisis data berdasarkan *lineament density* dan hubungannya dengan kerawanan bencana tanah longsor di Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya, Kabupaten Bengkulu Selatan, Provinsi Bengkulu, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Analisis *shaded relief image* pada daerah penelitian terbagi menjadi pola kelurusan segmen A ( $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  dan  $135^{\circ}$ ) dan segmen B ( $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  dan  $315^{\circ}$ ). *Shaded relief image* memiliki bentukan relief yang kasar. Daerah ini termasuk dalam kelas *lineament density* yang relatif sedang – tinggi.
- 2) Ekstraksi *lineament density* pada daerah penelitian memiliki orientasi pola kelurusan berarah NW-SE pada segmen A dan berarah NE-SW pada segmen B.
- 3) Analisis *lineament density* pada daerah Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya menunjukkan bahwa perkembangan topografi relief yang intens diikuti oleh aktivitas tanah longsor. Hasil analisis

tersebut juga menggambarkan bahwa sifat batuan berhubungan langsung dengan kestabilan lereng.

- 4) Berdasarkan hasil analisis dari berbagai parameter yang dihasilkan dalam bentuk peta, daerah dengan potensi tanah longsor tersebar pada Kecamatan Ulu Manna dan sekitarnya.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada orang tua atas semangat dan doa yang selalu diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam melancarkan penelitian.

**DAFTAR PUSTAKA**

Alhirmizy, S.M., 2015. Automatic Mapping Of Lineaments Using Shaded Relief Images Derived From Digita Elevation Model (Dem) in Kirkuk Northeast Iraq.

- International Journal of Science and Research (IJSR)*, Vol. 4 No. 5.
- Amin, T.C., Kusnama, Rustandi, E. & Gafoer, S., 1993, Peta Geologi Lembar Manna dan Enggano, Sumatera. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Lembar Manna dan Enggano 0911 dan 0910*, Skala 1: 250.000.
- BNPB, 2022, Data Informasi Bencana Indonesia. Jakarta: *Badan Nasional Penanggulangan Bencana*.
- El-Sawy, K., Ibrahim, A.M., El-Bastawesy, M.A. & El-Saud, W.A., 2016 Automated, Manual Lineaments Extraction and Geospatial Analysis for Cairo-Suez District (Northeastern Cairo-Egypt), Using Remote Sensing and GIS, *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology (IJISSET)*, Vol. 3 No. 5.
- Harnani, Rochmana, Y.Z., Ibrahim, M.M., Gusti, U.K. & Prihandayani, A., 2023, Zonasi Kerentanan Tanah Longsor Daerah Kota Karang, Kecamatan Buay Sendang Aji, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan, Seminar Nasional AVoER 15.
- Ibrahim, M.M., Puspita, M., Andarini, D., Marbun, A.G. & Arifianto, D.I., 2020, Identifikasi Dan Interpretasi Geologi Berdasarkan Citra Penginderaan Jauh Pada Daerah Panas Bumi Danau Ranau, Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan, Sumatera Selatan, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-II*, Vol 2, No 1.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W., 1997 *Pengindraan Jauh dan Interpretasi Citra* (Terjemahan), Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- PCI Geomatica, 2001, *PCI Geomatica user's guide version 9.1*, Ontario. Canada: Richmond Hill.
- Shit, P.K., Bhunia, G.S. & Maiti, R., 2016, Potential landslide susceptibility mapping using weighted overlay model (WOM), *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(1).
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S., Harijoko, A. & Setiyanto, A., 2018, Fault lineaments control on disaster potentials in Kulon Progo Mountain Area-Central Java-Indonesia, *International Conference on Disaster Management*, Vol. 229 No. 6.
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I. & Syam, P.D.R., 2016, Identification of Topographic Element Composition Based on Landform Boundaries From Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study on Digital Land form Mapping), *IOP Publishing 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS* (IGRMS 2016), v.37.