

SKRIPSI
ANALISIS KESTABILAN LERENG BERBASIS PENGINDERAAN
JAUH DAERAH MUARO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN
SIJUNJUNG, SUMATERA BARAT



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

Oleh:

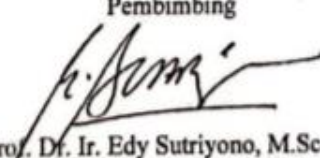
RATNA SAVIRA ADRIANDA
03071281722029

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

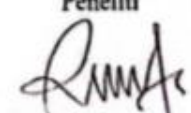
HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Analisis Kestabilan Lereng Berbasis Penginderaan Jauh Daerah Muaro dan Sekitarnya, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat
2. Biodata Peneliti:
 - a. Nama lengkap : Ratna Savira Adrianda
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIM : 03071281722029
 - d. Alamat rumah : Perumahan Tanjung Barangan Asri Blok D8, Ilir Barat I, Palembang, Sumatera Selatan
 - e. Telepon/hp/faks/e-mail : 081267719060/ratnasaviraa@gmail.com
 - f. Nama Orangtua/wali : Adrianus, S.Pd.
 - g. Alamat Orangtua/wali : Jalan Imam Bonjol No. 222, Muaro, Kecamatan Sijunjung, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat.
3. Nama Penguji I : Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D.
4. Nama Penguji II : Ugi Kurnia Gusti, S.T., M.Sc.
5. Nama Penguji III :
6. Jangka Waktu Penelitian : 30 hari
 - a. Persetujuan lapangan : 27 Desember 2020
 - b. Sidang sarjana :
7. Pendanaan :
 - a. Sumber dana : Mandiri
 - b. Besar dana : Rp. 3.500.000

Menyetujui,
Pembimbing


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

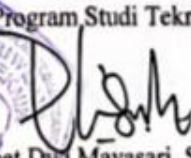
Palembang, 22 November 2022
Peneliti


Ratna Savira Adrianda
NIM 03071281722029

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Geologi




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

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang – orang di sekitar penulis atas segala bantuan, bimbingan, dan dukungannya dalam penyusunan dan penulisan laporan ini yaitu :

1. Elisabet Dwi Mayasari, S.T M.T. sebagai Kepala Koordinator Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc. sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis.
3. Stevanus Nalendra Jati, S.T M.T dan Mochammad Malik Ibrahim, S.Si, M.Eng. sebagai dosen pembimbing akademik dan segenap dosen lainnya yang telah memberikan ilmunya, saran bagi penulis selama menyusun laporan dan dalam perkuliahan sehingga dapat menyelesaikan laporan ini.
4. Kedua orangtua dan adik yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan yang tiada henti kepada penulis sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Masyarakat Daerah Sijunjung yang telah memberikan izin selama kegiatan di lapangan berlangsung.
6. Pizza squad yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir.
7. M. Heru Rahman dan Thania Putri Firdaus sebagai rekan diskusi selama proses pengerjaan skripsi.
8. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi HMTG “SRIWIJAYA”

Penulis menyadari dalam laporan tugas akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan baik dalam penyampaian maupun analisis yang dilakukan. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran yang dapat membantu dalam penyempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih serta mohon maaf atas segala kekurangan dan kesalahan

Palembang, 22 November 2022

Penulis



Ratna Savira Adrianda
03071281722029

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Apabila ternyata dalam naskah laporan skripsi ini dapat dibuktikan adanya unsur-unsur plagiat, saya bersedia laporan ini digugurkan dan tidak diluluskan pada mata kuliah pemetaan geologi, serta diproses sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 27 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Palembang, 22 November 2022

Penulis



Ratna Savira Adrianda

03071281722029

**ANALISIS KESTABILAN LERENG BERBASIS PENGINDERAAN JAUH
DAERAH MUARO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN SIJUNJUNG,
SUMATERA BARAT**

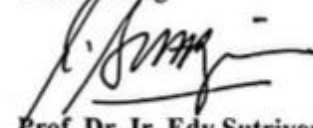
Ratna Savira Adrianda
03071281722029
Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Lokasi penelitian ini berada di Daerah Muaro, Kecamatan Sijunjung, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat. Pada daerah penelitian memiliki morfologi tinggian dengan keadaan lereng yang kurang stabil dan kondisi kemiringan lereng yang curam sehingga keadaan ini menjadi salah satu faktor penyebab terjadi longsor pada daerah penelitian. Penelitian dilakukan menggunakan metode observasi lapangan untuk mendapatkan bukti longsor yang terjadi di daerah penelitian dan kemudian dilakukan analisis kestabilan lereng berdasarkan *remote sensing* menggunakan parameter indeks vegetasi (NDVI) dan *relief diversity*. Proses analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi GIS, data *Landsat 8* yang memiliki kaitan dengan indeks vegetasi, serta data pendukung lainnya. Parameter NDVI dan *relief diversity* menunjukkan hubungan saling keterkaitan satu sama lain, dimana jika nilai parameter *relief diversity* rendah maka nilai NDVI dan begitupun sebaliknya. Peta Rawan Longsor dibuat dengan *overlay* seluruh peta parameter yang kemudian dikalkulasikan. Pada daerah penelitian menunjukkan adanya potensi untuk terjadi longsor sehingga diperlukan *framework* sebagai acuan dalam upaya mitigasi bencana longsor di daerah penelitian.

Kata Kunci : Longsor, *Relief Diversity*, NDVI.

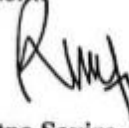
Menyetujui,
Pembimbing



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

Palembang, 25 November 2022

Peneliti



Ratna Savira Adrianda
NIM 03071281722029

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Geologi



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

**ANALYSIS OF SLOPE STABILITY BASED ON REMOTE SENSING IN THE
MUARO AND SURROUNDING AREA, SIJUNJUNG DISTRICT, WEST
SUMATERA**

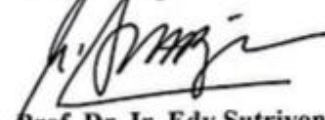
Ratna Savira Adrianda
03071281722029
Sriwijaya University

ABSTRACT

The location of this research is in the Muaro Region, Sijunjung District, Sijunjung Regency, West Sumatra Province. The research area has a high morphology with unstable slope conditions and steep slope conditions so that this situation is one of the factors causing landslides in the study area. The research was conducted using field observation methods to obtain evidence of landslides that occurred in the study area and then slope stability analysis was carried out based on remote sensing using vegetation index (NDVI) and relief diversity parameters. The data analysis process was carried out using a GIS application, Landsat 8 data related to the vegetation index, as well as other supporting data. The NDVI and relief diversity parameters show a mutual relationship with each other, where if the relief diversity parameter value is low then the NDVI value and vice versa. Landslide Prone Map is created by overlaying all the parameter maps which are then calculated. The research area shows the potential for landslides to occur so that a framework is needed as a reference in efforts to mitigate landslides in the research area.

Keywords : Landslide, Relief Diversity, NDVI.

**Menyetujui,
Pembimbing**



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

Palembang, 25 November 2022
Peneliti



Ratna Savira Adrianda
NIM 03071281722029

**Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Geologi**



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

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN JUDUL | 1 |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| UCAPAN TERIMAKASIH | iii |
| PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI | iv |
| ABSTRAK | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Maksud dan Tujuan..... | 1 |
| 1.3 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| 1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian..... | 2 |
| BAB II LONGSOR DAN REMOTE SENSING | 4 |
| 2.1 Longsor | 4 |
| 2.1.1 Faktor Terjadinya Longsor..... | 4 |
| 2.2.2 Klasifikasi Longsor | 5 |
| 2.2 <i>Remote Sensing</i> | 7 |
| 2.3 <i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i> | 8 |
| 2.4 <i>Relief Diversity</i> | 8 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 10 |
| 3.1 Tahap Persiapan | 11 |
| 3.1.1 Kajian Pustaka..... | 11 |
| 3.1.2 Persiapan Alat | 11 |
| 3.1.3 Pembuatan Peta Pendahuluan | 12 |
| 3.1.4 Survei Pendahuluan..... | 12 |
| 3.2 Pengumpulan Data | 12 |
| 3.2.1 Observasi lapangan | 12 |
| 3.2.2 Pengumpulan Data Spasial..... | 13 |
| 3.3 Analisis Data | 16 |
| 3.3.1 Analisis Geomorfologi..... | 16 |

| | |
|--|------------|
| 3.3.2 <i>Remote Sensing</i> | 18 |
| 3.4 Kerja Studio | 19 |
| 3.4 Penyusunan Laporan | 19 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 20 |
| 4.1 Geologi lokal | 20 |
| 4.1.1 Geomorfologi | 20 |
| 4.1.2 Stratigrafi | 21 |
| 4.1.3 Struktur Geologi | 22 |
| 4.2 Hasil | 23 |
| 4.2.1 Analisis Longsor Daerah Penelitian | 23 |
| 4.2.2 Analisis Parameter Longsor Daerah Penelitian | 28 |
| 4.3 Pembahasan | 34 |
| 4.3.1 Peta Rawan Longsor Daerah Penelitian | 34 |
| 4.3.2 Mitigasi Longsor Daerah Penelitian | 37 |
| BAB V KESIMPULAN | 38 |
| DAFTAR PUSTAKA | xiv |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1.1 Koordinat lokasi daerah penelitian | 2 |
| Tabel 2.1. Kombinasi <i>band</i> pada Landsat 8 dan fungsinya | 7 |
| Tabel 2.2 Penilaian parameter <i>relief diversity</i> (Basu & Pal, 2019). | 9 |
| Tabel 3.1 Klasifikasi kelas relief berdasarkan (Widyatmanti et al., 2016)..... | 16 |
| Tabel 3.2 Klasifikasi kelas lereng (Widyatmanti et al., 2016) | 17 |
| Tabel 3.3 Rumus parameter <i>relief diversity</i> | 18 |
| Tabel 4.1 Perbandingan longsor pada daerah penelitian | 27 |
| Tabel 4.2 Hasil analisis kelas parameter NDVI dan <i>relief diversity</i> | 35 |
| Tabel 4.3 Frekuensi terjadi longsor pada daerah penelitian. | 36 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Lokasi administrasi daerah Muaro dan sekitarnya..... | 3 |
| Gambar 2.1 Gaya-gaya yang mengontrol kestabilan suatu lereng (Karnawati, 2005). | 5 |
| Gambar 2.2 Klasifikasi longsor berdasarkan Varnes & Cruden (1978). | 6 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian | 10 |
| Gambar 3.2 Website DEMNas lokasi penelitian | 13 |
| Gambar 3.3 Website geospasial untuk pengunduhan peta RBI daerah penelitian. | 14 |
| Gambar 3.4 Website USGS dalam pengunduhan data landsat daerah penelitian. | 15 |
| Gambar 3.5 Website InaRISK dalam oengunduhan data KRB daerah penelitian..... | 16 |
| Gambar 3.6 Klasifikasi pola aliran sungai berdasarkan Twidale (2004)..... | 17 |
| Gambar 4.1 Peta geomorfologi daerah Muaro dan sekitarnya. | 21 |
| Gambar 4.2 Kolom stratigrafi daerah penelitian. | 22 |
| Gambar 4.3 Peta Geologi daerah Muaro dan sekitarnya. | 23 |
| Gambar 4.4 (a) Lokasi pengamatan longsor 1 dengan <i>azimuth</i> foto N 226 ⁰ E; (b) Sketsa lokasi pengamatan longsor 1..... | 24 |
| Gambar 4.5 (a) Lokasi pengamatan longsor dengan <i>azimuth</i> foto N 037 ⁰ E; (b) Sketsa lokasi pengamatan longsor 2..... | 25 |
| Gambar 4.6 (a) Lokasi pengamatan longsor 3 dengan <i>azimuth</i> foto N 039 ⁰ E; (b) Sketsa lokasi pengamatan longsor 3..... | 25 |
| Gambar 4.7 (a) Lokasi pengamatan longsor 4 dengan <i>azimuth</i> foto N 272 ⁰ E; (b) Sketsa lokasi pengamatan longsor 4..... | 26 |
| Gambar 4.8 (a) Lokasi pengamatan longsor 5 dengan <i>azimuth</i> foto N 032 ⁰ E; (b) Sketsa lokasi pengamatan longsor 5..... | 27 |
| Gambar 4.9 Peta NDVI daerah Muaro dan sekitarnya | 29 |
| Gambar 4.10 Peta <i>bifurcation ratio</i> daerah Muaro dan sekitarnya | 30 |
| Gambar 4.11 Peta <i>ruggedness index</i> daerah Muaro dan sekitarnya. | 30 |
| Gambar 4.12 Peta <i>basin relief</i> daerah Muaro dan sekitarnya. | 31 |
| Gambar 4.13 Peta <i>relief ratio</i> daerah Muaro dan sekitarnya. | 32 |
| Gambar 4.14 Peta <i>relative relief</i> daerah Muaro dan sekitarnya. | 32 |
| Gambar 4.15 Peta <i>dissection index</i> daerah Muaro dan sekitarnya..... | 33 |
| Gambar 4.16 Peta <i>slope in degree</i> daerah Muaro dan sekitarnya..... | 33 |
| Gambar 4.17 Peta <i>lineament density</i> daerah Muaro dan sekitarnya. | 34 |
| Gambar 4.18. Peta rawan longsor daerah Muaro dan sekitarnya. | 36 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Tabulasi Lokasi Pengamatan Longsor

Lampiran B. Peta Sebaran Longsor Daerah Muaro dan Sekitarnya

Lampiran C. Tabulasi Perhitungan Parameter

BAB I

PENDAHULUAN

Penelitian analisis kestabilan lereng berbasis *remote sensing* merupakan kajian lanjutan dari pemetaan geologi pada daerah Muaro dan sekitarnya, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian ini membahas mengenai hubungan hasil dari analisis kestabilan lereng suatu daerah yang kemudian dikorelasikan dengan keadaan di lapangan. Pada bab pendahuluan berisi tentang latar belakang dilakukannya penelitian, maksud dan tujuan dilakukan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, serta lokasi dan ketersediaan daerah penelitian.

1.1 Latar Belakang

Penelitian dilakukan pada daerah Muaro dan sekitarnya, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. Daerah penelitian termasuk kedalam Cekungan Ombilin yang merupakan cekungan *intramontane* berada pada zona pegunungan Bukit Barisan dalam *island arc system* di pulau Sumatera. Secara geologi, daerah penelitian disusun oleh batuan berumur Pra-Tersier hingga Tersier yang terdiri dari litologi batugamping, granit, batupasir, dan batuserpih yang sebagian besar wilayahnya memiliki topografi perbukitan dan beberapa lahan digunakan untuk perkebunan. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang telah dilakukan, pada daerah penelitian dijumpai beberapa titik longsor yang dicirikan dengan adanya pergerakan massa batuan atau tanah. Berdasarkan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) daerah penelitian termasuk dalam zona rawan bencana longsor dengan nilai indeks bahaya 0,3-0,6 dengan kelas bahaya sedang-tinggi yang ditentukan berdasarkan parameter indeks kerentanan dan keterpaparan bencana longsor. Adapun parameter tersebut diantaranya kemiringan lereng, keadaan morfologi, dan keadaan vegetasi yang dihubungkan dengan data kejadian di lapangan. Hal ini menyebabkan pada daerah penelitian menarik untuk dilakukan kajian lebih lanjut mengenai kestabilan lereng.

Penelitian ini difokuskan pada analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode observasi lapangan dan *remote sensing*. *Remote sensing* dilakukan dengan menganalisis berdasarkan parameter berupa *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Relief Diversity* yang dianalisis menggunakan data *Landsat 8* menggunakan aplikasi *ArcGIS*. Data dan parameter yang telah didapatkan dari hasil analisis kemudian dikorelasikan dan dikombinasikan menjadi peta rawan longsor daerah penelitian.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dilakukannya penelitian adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor penyebab terjadinya ketidakstabilan lereng dan tanah longsor yang kemudian dapat dijadikan sebagai parameter dalam pembuatan peta rawan longsor. Secara lebih rinci, maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kestabilan lereng terhadap longsor pada daerah penelitian.
2. Menganalisis sebaran dan jenis longsor pada daerah penelitian

3. Menganalisis hubungan antara indeks vegetasi dan relief diversity terhadap longsor pada daerah penelitian.
4. Mengidentifikasi tingkat rawan longsor pada daerah penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan dalam pertanyaan berikut:

1. Bagaimana kestabilan lereng terhadap longsor pada daerah penelitian?
2. Bagaimana sebaran dan jenis longsor pada daerah penelitian?
3. Bagaimana hubungan antara indeks vegetasi dan relief diversity terhadap longsor pada daerah penelitian?
4. Bagaimana tingkat rawan longsor pada daerah penelitian?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian memiliki luas wilayah sebesar 9 x 9 kilometer dengan skala peta 1 : 25.000.
2. Pengamatan longsor yang tersingkap pada lokasi penelitian dengan memperhatikan kondisi kemiringan lereng yang nantinya mempengaruhi kestabilan lereng dan faktor geologi seperti struktur geologi dan litologi pada daerah penelitian.
3. Keterkaitan pengaruh indeks vegetasi dan relief diversity terhadap longsor pada daerah penelitian.
4. Pembuatan peta rawan longsor daerah penelitian.

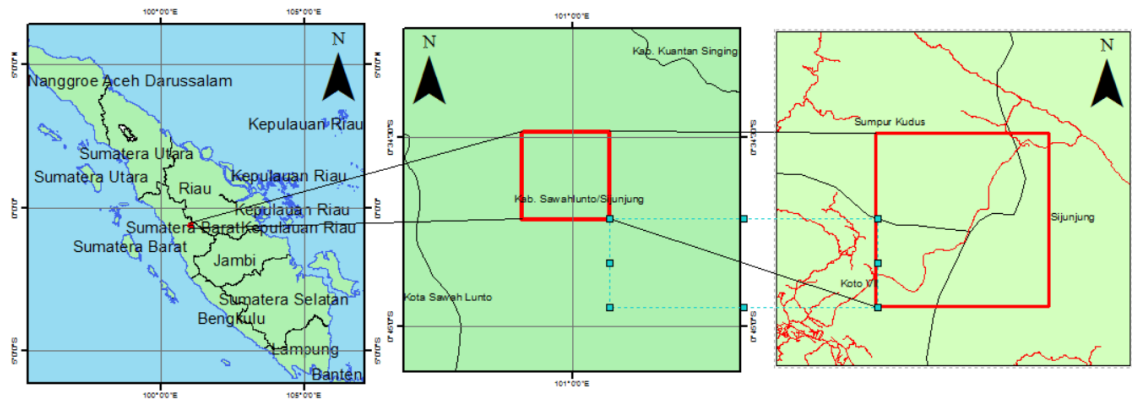
1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian pemetaan geologi berada di daerah Muaro dan sekitarnya, Kabupaten Sijunjung, Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis daerah penelitian berada pada koordinat sebagai berikut (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Koordinat lokasi daerah penelitian

| Zona UTM | Koordinat UTM | Koordinat Geografis |
|----------|----------------------|-----------------------------|
| 49 S | 712000 E – 9934000 S | E 100 54 23.6 - S 0 34 27.0 |
| 49 S | 712000 E – 9925000 S | E 100 54 23.6 - S 0 39 19.1 |
| 49 S | 721000 E – 9934000 S | E 100 59 15.3 - S 0 34 27.0 |
| 49 S | 721000 E - 9925000 S | E 100 59 15.3 - S 0 39 19.1 |

Lokasi penelitian dapat dijangkau dengan transportasi darat maupun udara. Perjalanan transportasi udara berlangsung selama ±1 jam dari Kota Palembang menuju Kota Padang, kemudian dilanjutkan dengan transportasi darat menuju Daerah Muaro sejauh 3 jam ±120 km. Daerah penelitian juga dapat ditempuh dengan menggunakan transportasi darat dari Kota Palembang menuju Daerah Muaro selama ±18 jam dengan jarak tempuh ±673 km. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Lokasi administrasi daerah Muaro dan sekitarnya.

Lokasi pengamatan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan bermotor roda dua dan beberapa tempat yang dijangkau dengan berjalan kaki. Daerah penelitian dengan kemiringan lereng miring sedang - sangat curam didominasi oleh perkebunan karet. Sedangkan untuk daerah dengan kemiringan lereng landai - miring didominasi oleh sawah dan perumahan warga. Perbukitan di daerah penelitian merupakan daerah perkebunan dengan kemiringan lereng yang cukup besar, sehingga akses jalan masih berupa jalan setapak bebatuan dan tanah. Kondisi ini hanya dapat diakses dengan berjalan kaki. Sungai di perbukitan didominasi oleh sungai musiman, dimana sungai ini akan mengalir pada musim hujan dan kering pada musim kemarau. Daerah penelitian dapat diakses melalui jalan aspal, jalan setapak, jalan batu, jalan tanah, dan menyusuri sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianda, Ratna Savira. 2011. Geologi Daerah Muaro dan sekitarnya, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. Palembang : Universitas Sriwijaya
- Basu, T., & Pal, S. (2019). *RS-GIS based morphometrical and geological multi-criteria. Advances in Space Research 63, 1253-1269.*
- Duncan, et al. 2004. Rock Slope Engineering : Civil and Mining 4th Edition. Londong and New York : Spon Press.
- Fossen, H., 2010, *Structural Geology*. New York : Cambridge University Press.
- Hastuti, S., Sukandarrumidi., Pramumijoyo, S. 2001. *Kendali Tektonik Terhadap Perkembangan Cekungan Ekonomi Tersier Ombilin, Sumatera Barat.* Teknosains, Vol. 1, No. 14, hal 1-12.
- Hugget, R.J., 2011, *Fundamentals of Geomorphology Third Edition*: Taylor and Francis.
- Karnawati, D. (2005). Bencana Alam Gerakkan Massa Tanah di Indonesia dan upaya penanggulannya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Karnawati, D. (2007). Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempa Bumi: Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik. *Dinamika Teknik Sipil*, 7(2), 179-190.
- Mahadevaswamy, G., Nagaraju, D., Siddalingamurthy, S., Lakshamma, M. L., Nagesh, P. C., & Rao, K. (2011). Morphometric analysis of Nanjangudtaluk, Mysore District, Karnataka, India, using GIS Techniques. *Int. J. Geomat. Geosci.*, 1, 179– 187.
- Lillesand, T.M., dan kiefer, R.W., 1997, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan)*, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, Universitas.
- Pal, B., Samanta, S., & Pal, D. K. (2012). Morphometric and hydrological analysis and mapping for Watut Watershed using remote sensing and GIS techniques. *Int. J. Adv. Eng. Technol.* 2 (1), 362.
- Pangemanan, Lyndon dan Moniaga, Vicky. “Dampak Pembangunan Waduk Kuwil terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat di sekitar Pembangunan Waduk Kuwil Desa Kawangkoan Kabupaten Minahasa Utara”, *Jurnal AGRIRUD*, Vol. 1 No. 1, April 2019, 20-30.
- Purwadhi F.S.H dan T. B.Sanjoto, 2009. Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh. Pusat Data Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Jurusan Geografi Universitas Semarang. Semarang.

- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage system and slope in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 67, 597–646.
- Sitorus, S.R.P. 2006. Fixed Coverage Land Development as Control of Risk Factors for Erosion and Landslide Disasters. Paper. Spatial Planning Workshop as a Means to Minimize the Potential of Landslide Disasters. Jakarta.
- Strahler, A. N. (1956). Quantitative slope, analysis. *Bull. Geol. Soc. Am*, 67, 571–596.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *American Geophysical Union Vol. 38, No. 6*.
- Twidale, C. R. 2004. *River Patterns and their Meaning*. *Earth-Science Reviews* 67, 159–218.
- Varnes, D. J., & Cruden, D. M. (1996). Landslide Types and Processes. Special Report , Transportation Research Board, National Academy of Sciences, 247:36-75. Special Report - National Research Council, Transportation Research Board. 247. 76.
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I., Syam, P.D.R. 2016. *Identification of Topographic Elements Composition Based on Landform Boundaries From Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study on Digital Landform Mapping)*. IOP Publishing 8th IGRSM International Conference and Exhibition on Remote Sensing & GIS (IGRMS 2016), v.37.
- Yadav., Aaman, Dipendra S. P, Mary A. L., Charles F. B., (2011), Problem-Based Learning: Influence on Students' Learning in an Electrical Engineering Course, *Journal of Engineering Education*, Volume 100, Issue 2, p 253-280.
- Yarmanto., dan Fletcher, G. 1993. *Ombilin Basin Field Guide Book*, Indonesian Petroleum Association Post Conventional Fieldtrip.