

**PENGARUH NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH
TERHADAP KERENTANAN LONGSOR DI SUMATERA BARAT**



**CINDY RARA SILVIA
NIM: 18034046/2018**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**PENGARUH NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH
TERHADAP KERENTANAN LONGSOR DI SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains*



Oleh:

CINDY RARA SILVIA

NIM: 18034046

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2022

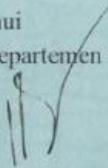
PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH
TERHADAP KERENTANAN LONGSOR DI SUMATERA
BARAT**

Nama : Cindy Rara Silvia
NIM : 18034046
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

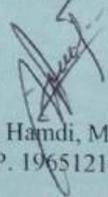
Padang, 06 Juni 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Fisika



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. Handi, M.Si
NIP. 19651217 199203 1 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

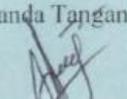
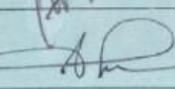
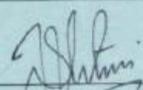
Nama : Cindy Rara Silvia
NIM : 18034046
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH TERHADAP KERENTANAN LONGSOR DI SUMATERA BARAT

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, 06 Juni 2022

Tim Penguji

| | Nama | Tanda Tangan |
|------------|-----------------------------|--|
| 1. Ketua | : Dr. Hamdi, M.Si | 1.  |
| 2. Anggota | : Dr. Akmam, M. Si | 2.  |
| 3. Anggota | : Drs. Letmi Dwiridal, M.Si | 3.  |

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cindy Rara Silvia
NIM/TM : 18034046/2018
Program Studi : Fisika (NK)
Departemen : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "*Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Sumatera Barat*" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Cindy Rara Silvia
NIM. 18034046

PENGARUH NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH TERHADAP KERENTANAN LONGSOR DI SUMATERA BARAT

Cindy Rara Silvia

ABSTRAK

Sumatera Barat memiliki morfologi yang berbukit-bukit dan sering terjadi longsor. Namun, kajian tentang pengaruh sifat mineral magnetik terhadap potensi terjadinya longsor pada dua keadaan lereng yang berbeda belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh nilai suseptibilitas magnetik tanah terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat.

Penelitian ini dilakukan dengan tahap pengambilan sampel, preparasi sampel, pengukuran sampel, pengolahan data, analisis data, dan interpretasi data. Pengambilan sampel dilakukan diberbagai lokasi rawan longsor seperti, Tarusan, Malalak, Bukit Lantiak, Sitinjau Laut, dan Sungai Limau, dengan kriteria kemiringan lereng $>40^{\circ}$. Untuk melihat pengaruh nilai suseptibilitas magnetik terhadap kerentanan longsor, dilakukan pengambilan sampel pada lokasi yang sudah terjadi longsor dan belum terjadi longsor. Sampel di preparasi, dan diukur menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* sensor tipe B (MS2B). Kemudian, pengaruh sifat magnetik terhadap potensi longsor diketahui dengan cara membandingkan nilai suseptibilitas magnetik dari dua lereng yang belum dan sudah terjadi longsor.

Hasil penelitian didapatkan $t_h = -0.247$ sedangkan t_t untuk taraf nyata $\alpha = 0.05$ dan derajat kebebasan $dk = 8$ adalah 7.027, maka $t_h < t_t$ terdapat pengaruh antara nilai suseptibilitas magnetik dengan kerentanan longsor. Selanjutnya, grafik hubungan antara nilai χ_{lf} dengan $\chi_{fd}\%$ menunjukkan lereng yang sudah terjadi longsor memiliki nilai $\chi_{fd}\% > 2\%$, sedangkan lereng yang belum terjadi longsor memiliki nilai $\chi_{fd}\% < 2\%$. Nilai $\chi_{fd}\% > 2\%$ menunjukkan tanah memiliki bulir superparamagnetik yang tinggi. Tanah dengan sifat paramagnetik memiliki tingkat kelekatan mineral antar partikel berkurang. Bulir superparamagnetik berukuran sangat halus dibalut dengan bulir tanah memiliki kelimpahan mineral magnetik yang menunjukkan sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi dan rentan terhadap longsor.

Kata Kunci: Sumatera Barat, Suseptibilitas Magnetik, Bulir Superparamagnetik, Tanah Longsor

THE EFFECT OF SOIL MAGNETIC SUSCEPTIBILITY VALUE ON LANDSLIDE VULNERABILITY IN WEST SUMATERA

Cindy Rara Silvia

ABSTRACT

West Sumatra has a hilly morphology and frequent landslides. However, studies on the effect of magnetic mineral properties on the potential for landslides on two different slope conditions are not yet known. Therefore, this study was conducted to examine the effect of soil magnetic susceptibility values on landslide susceptibility in West Sumatra.

This research was conducted with the stages of sampling, sample preparation, sample measurement, data processing, data analysis, and data interpretation. Sampling was carried out in various landslide-prone locations such as, Tarusan, Malalak, Bukit Lantiak, Silihat Laut, and Sungai Limau, with slope criteria >400 . To see the effect of the magnetic susceptibility value on landslide susceptibility, samples were taken at locations where landslides had occurred and had not yet occurred. Samples were prepared and measured using a Bartington Magnetic Susceptibility Meter sensor type B (MS2B). Then, the effect of magnetic properties on the potential for landslides is known by comparing the magnetic susceptibility values of the two slopes that have not and have occurred.

The results showed that $t_h = -0.247$ while t_t for the real level $\alpha = 0.05$ and the degrees of freedom $dk = 8$ was 7.027 , then $t_h < t_t$ there was an influence between the value of magnetic susceptibility and landslide susceptibility. Furthermore, the graph of the relationship between the values of χ_{lf} and $\chi_{fd}\%$ shows that the slopes where landslides have occurred have a value of $\chi_{fd}\% > 2\%$, while the slopes that have not occurred have a value of $\chi_{fd}\% < 2\%$. The value of $\chi_{fd}\% > 2\%$ indicates the soil has high superparamagnetic grains. Soils with paramagnetic properties have a reduced level of mineral attachment between particles. Superparamagnetic grains of very fine size covered with soil grains have an abundance of magnetic minerals which indicate the sample has a high magnetic susceptibility value and is prone to landslides.

Keywords: West Sumatra, Magnetic Susceptibility, Superparamagnetic Grain, Landslide

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbi 'alamin, puji dan syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Sumatera Barat”** dengan lancar. Penulis menyadari bahwa pembuatan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, motivasi, pikiran, sarana, dana dan semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hamdi, M.Si., selaku Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, tenaga serta kesabarannya dalam membimbing penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si., selaku Pembimbing Akademik dan Dosen Penguji yang telah membantu peneliti dalam memberikan saran dan tanggapannya kepada penyelesaian skripsi.
3. Bapak Dr. Akmam, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, kritikan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Syafriani, S.Si., Ph.D., selaku Kepala Prodi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

6. Staf Pengajar dan Karyawan Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Seluruh MAGNETIC TEAM yang telah banyak memberikan bantuan, saran dan semangat kepada peneliti dalam pembuatan skripsi ini.
8. Kedua orangtua yang selalu mendoakan dan mendukung peneliti agar dapat menyelesaikan studi di jenjang S1 Fisika FMIPA UNP.
9. Seluruh rekan kelas Fisika B 18 yang telah memberikan semangat kepada peneliti.
10. Rekan-rekan seperjuangan Angkatan 2018 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu peneliti dalam penyelesaian skripsi ini.

Padang, 06 Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| ABSTRAK | vi |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 5 |
| C. Batasan Masalah | 6 |
| D. Rumusan Masalah..... | 6 |
| E. Pertanyaan Penelitian | 7 |
| F. Tujuan Penelitian..... | 7 |
| G. Manfaat Penelitian..... | 8 |
| BAB II KAJIAN TEORI..... | 9 |
| A. Tanah | 9 |
| B. Longsor..... | 14 |
| C. Kemagnetan Batuan..... | 17 |
| D. Suseptibilitas Magnetik | 20 |
| E. Perilaku Suatu Bahan Terhadap Medan Magnet Luar..... | 24 |
| F. Mineral Magnetik | 24 |
| G. Mineral Tanah..... | 27 |
| H. <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter</i> Sensor Tipe B (<i>MS2B</i>) | 29 |
| I. Penelitian yang Relevan | 30 |
| J. Kerangka Berpikir | 33 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 34 |
| A. Jenis Penelitian | 34 |
| B. Kerangka Penelitian..... | 34 |
| C. Tempat dan Waktu Penelitian..... | 37 |

| | |
|--|-----|
| D. Instrumen Penelitian | 38 |
| E. Prosedur Penelitian | 38 |
| F. Teknik Pengolahan, Analisis, dan Interpretasi Data..... | 47 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 56 |
| A. Hasil Penelitian..... | 56 |
| B. Pembahasan | 90 |
| BAB V PENUTUP..... | 105 |
| A. Kesimpulan..... | 105 |
| B. Saran | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA | 107 |
| LAMPIRAN..... | 111 |

DAFTAR GAMBAR

| GAMBAR | Halaman |
|---|---------|
| 1. Data Informasi Bencana Longsor di Sumatera Barat (<i>Sumber: BNPB, 2021</i>)..... | 2 |
| 2. <i>Scattergram domain magnetic</i> (<i>Sumber: Dearing, 1999</i>) | 21 |
| 3. Kurva medan magnet suatu bahan (<i>Callister, 2009</i>). | 24 |
| 4. <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter</i> Sensor Tipe B (MS2B) (<i>Sumber: Dearing, 1999</i>)..... | 29 |
| 5. Kerangka Berpikir Analisis Tanah Daerah Rawan Longsor di Sumatera Barat..... | 33 |
| 6. Kerangka Penelitian Analisis Suseptibilitas Tanah Daerah Rawan Longsor di Sumatera Barat. | 36 |
| 7. Posisi Pengambilan Sampel di Sumatera Barat | 37 |
| 8. Alat yang digunakan dalam pengukuran (a) Neraca Digital (Neraca Ohaus SN EO271119030112), (b) <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter</i> sensor tipe B (MS2B) | 38 |
| 9. Pengecekan lokasi pengambilan sampel serta pengukuran kemiringan lereng di a) Tarusan, Kab Pesisir Selatan, b) Malalak, Kab Agam, c) Bukit Lantiak, Padang, d) Sitinjau Laut, Padang, dan e) Sungai Limau, Kab Padang-Pariaman | 39 |
| 10. Menentukan koordinat pengambilan sampel | 40 |
| 11. Pembagian zonasi waktu UTM di Indonesia | 41 |
| 12. Grid Posisi Pengambilan Sampel..... | 41 |
| 13. Alat yang digunakan untuk pembuatan grid a) meteran gulung, b) tali rafia | 42 |
| 14. Pembuatan grid pengambilan sampel di a) Tarusan, Kab Pesisir Selatan, b) Malalak, Kab Agam, c) Bukit Lantiak, Padang, d) Sitinjau Laut, Padang, dan e) Sungai Limau, Pariaman..... | 42 |
| 15. Contoh pengambilan sampel pada permukaan tanah di Malalak, Kab Agam a) lereng yang sudah terjadi longsor, b) lereng yang belum terjadi longsor | 43 |
| 16. Sampel yang telah dimasukkan ke dalam plastik sampel | 43 |
| 17. Sampel yang telah diberi label informasi pengambilan sampel a) PSA (Pesisir Selatan titik A) PSB (Pesisir Selatan titik B), b) MLA (Malalak titik A) MLB (Malalak titik B), c) BLA (Bukit Lantiak titik A) BLB (Bukit Lantiak titik B), d) SLA (Sitinjau Laut titik A) SLB (Sitinjau Laut titik B), dan e) PRA (Pariaman titik A) PRB (Pariaman titik B)..... | 44 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 18. | Proses memasukkan sampel ke holder dan memberi label pada holder a) Proses memasukkan sampel, b) Holder sampel di Pesisir Selatan, c) Holder sampel di Malalak, d) Holder sampel di Bukit Lantiak, e) Holder sampel di Sitinjau Laut, dan f) Holder sampel di Pariaman.... | 45 |
| 19. | Proses pengukuran massa sampel..... | 45 |
| 20. | Pengukuran suseptibilitas magnetik sampel dengan MS2B | 46 |
| 21. | Bagan Analisis Data | 52 |
| 22. | Plot hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) ($10^{-8}m^3kg^{-1}$) dengan <i>Percent Frequency Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$). | 53 |
| 23. | Plot hubungan χ_{lf} ($10^{-8}m^3kg^{-1}$) dengan daerah penelitian | 53 |
| 24. | Peta estimasi nilai hasil pengujian suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Sumatera Barat. | 54 |
| 25. | Hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) dengan <i>Percent Frequency Dependence Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan, a) Terjadi Longsor, b) Tidak Terjadi Longsor | 58 |
| 26. | Hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) dengan <i>Percent Frequency Dependence Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) di Malalak, Kabupaten Agam, a) Terjadi Longsor, b) Tidak Terjadi Longsor..... | 61 |
| 27. | Hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) dengan <i>Percent Frequency Dependence Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) terjadi longsor di Bukit Lantiak, Kota Padang, a) Terjadi Longsor, b) Tidak Terjadi Longsor | 64 |
| 28. | Hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) dengan <i>Percent Frequency Dependence Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) terjadi longsor di Sitinjau Laut, Padang, a) Terjadi Longsor, b) Tidak Terjadi Longsor | 67 |
| 29. | Hubungan <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) dengan <i>Percent Frequency Dependence Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) terjadi longsor di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman, a) Terjadi Longsor, b) Tidak Terjadi Longsor | 70 |
| 30. | Peta hasil pengujian suseptibilitas magnetik pada lereng yang sudah terjadi longsor (A) dan lereng yang belum terjadi longsor (B) di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan..... | 98 |
| 31. | Peta hasil pengujian suseptibilitas magnetik pada lereng yang sudah terjadi longsor (A) dan lereng yang belum terjadi longsor (B) di Malalak, Kabupaten Agam | 99 |
| 32. | Peta hasil pengujian suseptibilitas magnetik pada lereng yang sudah terjadi longsor (A) dan lereng yang belum terjadi longsor (B) di Bukit Lantiak, Padang | 100 |

| | |
|--|-----|
| 33. Peta hasil pengujian suseptibilitas magnetik pada lereng yang sudah terjadi longsor (A) dan lereng yang belum terjadi longsor (B) di Sitinjau Laut, Padang | 101 |
| 34. Peta hasil pengujian suseptibilitas magnetik pada lereng yang sudah terjadi longsor (A) dan lereng yang belum terjadi longsor (B) di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman | 102 |
| 35. Hubungan nilai suseptibilitas magnetik χ_{lf} dengan daerah penelitian. | 104 |

DAFTAR TABEL

| TABEL | Halaman |
|---|---------|
| 1. Interpretasi nilai $\chi_{fd}\%$ (Sumber: Dearing, 1999)..... | 21 |
| 2. Suseptibilitas Magnetik Berbagai Mineral (Sumber: Hunt, 1995)..... | 23 |
| 3. Mineral Primer (Sumber: Baupessor, 2018) | 28 |
| 4. Mineral Sekunder (Sumber: Baupessor, 2018)..... | 29 |
| 5. Titik koordinat lokasi pengambilan sampel di lereng A (terjadi longsor) dan lereng B (belum terjadi longsor) | 37 |
| 6. Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Sampel Tanah | 47 |
| 7. Kandungan Mineral Magnetik Tanah Longsor | 48 |
| 8. Nilai suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan | 57 |
| 9. Nilai suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Malalak, Kabupaten Agam..... | 60 |
| 10. Nilai suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Bukit Lantiak, Kota Padang | 63 |
| 11. Nilai suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Sitinjau Laut, Padang..... | 66 |
| 12. Nilai suseptibilitas magnetik tanah daerah rawan longsor di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman | 69 |
| 13. Hasil uji normalitas data di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan (Sumber: Analisis Data Lampiran 2) | 72 |
| 14. Hasil uji homogenitas data di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan (Sumber: Analisis Data Lampiran 2) | 73 |
| 15. Hasil uji kesamaan dua rata-rata di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan (Sumber: Analisis Data Lampiran 2)..... | 74 |
| 16. Hasil uji normalitas data di Malalak, Kabupaten Agam (Sumber: Analisis Data Lampiran 3) | 75 |
| 17. Hasil uji homogenitas data di Malalak, Kabupaten Pesisir Selatan (Sumber: Analisis Data Lampiran 3) | 75 |
| 18. Hasil uji kesamaan dua rata-rata di Malalak, Kabupaten Agam (Sumber: Analisis Data Lampiran 3) | 76 |
| 19. Hasil uji normalitas data di Bukit Lantiak, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 4) | 77 |
| 20. Hasil uji homogenitas data di Bukit Lantiak, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 4) | 78 |
| 21. Hasil uji kesamaan dua rata-rata data di Bukit Lantiak, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 4) | 78 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 22. | Hasil uji normalitas data di Sitinjau Laut, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 5) | 79 |
| 23. | Hasil uji homogenitas data di Sitinjau Laut, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 5) | 80 |
| 24. | Hasil uji kesamaan dua rata-rata di Sitinjau Laut, Padang (Sumber: Analisis Data Lampiran 5) | 81 |
| 25. | Hasil uji normalitas data di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman (Sumber: Analisis Data Lampiran 6) | 82 |
| 26. | Hasil uji homogenitas data di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman (Sumber: Analisis Data Lampiran 6) | 83 |
| 27. | Hasil uji kesamaan dua rata-rata data di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman (Sumber: Analisis Data Lampiran 6) | 83 |
| 28. | Hasil Uji Normalitas Nilai <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) pada Lima Daerah Penelitian | 85 |
| 29. | Hasil Uji Homogenitas Nilai <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) pada Lima Daerah Penelitian | 85 |
| 30. | Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Nilai <i>Low Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{lf}) pada Lima Daerah Penelitian | 86 |
| 31. | Hasil Uji Normalitas Nilai <i>High Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{hf}) pada Lima Daerah Penelitian | 87 |
| 32. | Hasil Uji Homogenitas Nilai <i>High Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{hf}) pada Lima Daerah Penelitian | 87 |
| 33. | Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Nilai <i>High Field Susceptibility Magnetic</i> (χ_{hf}) pada Lima Daerah Penelitian | 88 |
| 34. | Hasil Uji Normalitas Nilai <i>Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) pada Lima Daerah Penelitian..... | 89 |
| 35. | Hasil Uji Homogenitas Nilai <i>Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) pada Lima Daerah Penelitian..... | 89 |
| 36. | Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Nilai <i>Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic</i> ($\chi_{fd}\%$) pada Lima Daerah Penelitian..... | 90 |
| 37. | Sifat Kemagnetan pada tanah daerah rawan longsor di Sumatera Barat | 103 |

DAFTAR LAMPIRAN

| LAMPIRAN | Halaman |
|---|---------|
| 1. Hasil Pengukuran Suseptibilitas Magnetik Tanah Daerah Rawan Longsor di Sumatera Barat..... | 111 |
| 2. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Tarusan, Kabupaten Pesisir Selatan | 130 |
| 3. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Malalak, Kabupaten Agam..... | 134 |
| 4. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Bukit Lantiak, Padang | 138 |
| 5. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Sitinjau Laut, Padang..... | 142 |
| 6. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Sungai Limau, Kabupaten Padang-Pariaman | 146 |
| 7. Uji Pengaruh Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah terhadap Kerentanan Longsor di Sumatera Barat | 150 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

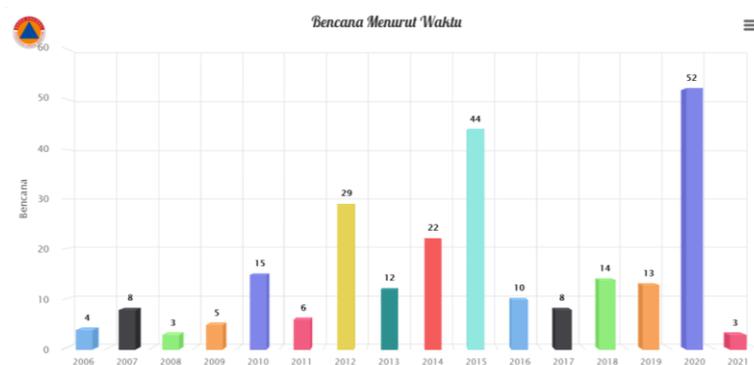
Indonesia negara yang memiliki variasi bencana paling banyak terjadi di dunia. Seperti gempa bumi, tanah longsor, banjir, tsunami, gunung berapi, puting beliung bahkan banjir bandang (Santoso, 2012). Diantara bencana-bencana tersebut, yang sering terjadi di Indonesia yaitu tanah longsor yang dapat mengakibatkan kerugian harta benda bahkan korban jiwa. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki kondisi tektonik yang membentuk morfologi tinggi, patahan, batuan vulkanik yang dapat melapuk dan membentuk tanah. Kondisi ini ditunjang dengan adanya iklim Tropis yang menjadi ciri-ciri di Indonesia.

Tanah longsor merupakan salah satu bencana yang selalu terjadi di daerah yang memiliki kemiringan seperti daerah pegunungan dan perbukitan. Penyebab terjadinya tanah longsor pada umumnya dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol merupakan faktor yang mempengaruhi kondisi material itu sendiri, seperti kondisi geologi yang terdapat di longsor Sumedang pada tahun 2021, kemiringan lereng di Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2018, litologi di Kabupaten Ponorogo tahun 2017, dan geologi pada batuan di Kabupaten Kulon Progo tahun 2017. Faktor pemicu merupakan faktor yang menyebabkan material bergerak seperti curah hujan di Sulawesi Barat tahun 2021, gempa bumi di Bali tahun 2021, erosi kaki lereng di Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2018 dan aktivitas manusia di Bogor tahun 2020 (Naryanto, 2013; Naryanto, 2017). Tanah longsor juga dapat terjadi karena adanya pergerakan

tanah, dimana Bergeraknya massa tanah maupun batuan di sepanjang lereng yang diakibatkan karena adanya gaya gravitasi (Khosiah dan Ariani, 2017). Sumatera Barat memiliki morfologi yang berbukit-bukit, maka daerah di Sumatera Barat memiliki potensi akan terjadi longsor.

Menurut pemantauan Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), beberapa daerah yang ada di Sumatera Barat memiliki kerentanan longsor yang mempunyai potensi gerakan tanah bervariasi. Beberapa daerah yang pernah terjadi longsor diantaranya yaitu Tarusan bagian Kabupaten Pesisir Selatan, Malalak di Kabupaten Agam, Bukit Lantiak dan Sitinjau Laut di Padang, serta Sungai Limau terletak di Kabupaten Padang-Pariaman.

Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), bencana tanah longsor terjadi sebanyak 82 kali pada tahun 2018-2021 yang tersebar di Sumatera Barat (Gambar 1).



Gambar 1. Data Informasi Bencana Longsor di Sumatera Barat (Sumber: BNPB, 2021)

Potensi tanah longsor dapat diketahui menggunakan beberapa metode geofisika seperti metode geolistrik, metode seismik, dan metode mikrotremor.

Metode geolistrik digunakan untuk mengetahui potensi terjadinya longsor dalam memprediksi posisi atau letak dari suatu bidang gelincir lereng, biasanya tanah longsor bergerak dari atas bidang gelincir tersebut (Akmam, 2015). Metode seismik digunakan untuk investigasi tanah longsor, ketepatan serta resolusi yang tinggi di dalam memodelkan struktur geologi di bawah permukaan bumi (Larasati dkk, 2018). Metode mikrotremor digunakan untuk menyelesaikan penyebab terjadinya longsor, dimana data metode mikrotremor berupa 3 sinyal komponen, yakni: komponen vertikal (*Up and Down*), horizontal (*North-South*), dan horizontal (*East-West*). Sedangkan, parameter yang didapatkan berupa frekuensi natural dan nilai amplifikasi daerah setempat (Syahputri, 2020).

Pada penelitian ini akan digunakan metode kemagnetan batuan, dimana Metode Kemagnetan Batuan (*Rock Magnetism Method*) merupakan salah satu metode geofisika yang menyelidiki sifat magnetik dari suatu bahan. Pada saat ini metode kemagnetan batuan digunakan sebagai *finger printing* dari aktivitas gunung api pada masa lampau. Metode kemagnetan batuan, sering digunakan dalam kajian lingkungan, menggunakan perubahan dan variasi sifat mineral magnetik dari berbagai sedimen, guano, dan *peatland* sebagai indikator dari proses yang terjadi di lingkungan. Selanjutnya metode ini akan digunakan sebagai cara untuk melihat pengaruh nilai suseptibilitas magnetik tanah terhadap kerentanan longsor potensi di suatu daerah.

Kemagnetan batuan digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu mineral magnetik seperti halnya konsentrasi, jenis mineral, domain, ukuran butir dan titik *Curie* mineral magnetik (Dearing, 1999). Khusus untuk konsentrasi penelitian ini, mineral magnetik diselidiki melalui nilai suseptibilitas magnetik dari suatu bahan.

Suseptibilitas magnetik adalah kuantitas bahan tersebut untuk dapat termagnetisasi jika dikenakan pada medan magnetik (Tipler, 2001), yang akan memberikan informasi mengenai mineral magnetik yang terkandung di dalam suatu bahan. Nilai suseptibilitas magnetik bergantung pada jumlah mineral magnetik yang terdapat dalam sampel, sehingga dari nilai tersebut dapat diperkirakan informasi mengenai mineral magnetik yang terdapat di dalam material bumi.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik dapat membedakan potensi longsor daerah dengan karakteristik yang berbeda. Menurut Budiman (2020) di Bukit Gado-Gado Padang, pernah terjadi longsor dan memiliki nilai kisaran $120,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dan $458,8 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dengan rata-rata $209,86 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$. Di Bukit Karan Padang, ditunjukkan bahwa keseluruhan sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (χ_{lf}) berkisar antara $120,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dan $458,5 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dengan rata-rata $208,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ (Aulia, 2020). Dari kedua penelitian diketahui bahwa 87,5% sampel memiliki nilai $\chi_{fd}(\%)$ antara 2,00% – 10,0%, dimana nilai tersebut mengindikasikan kandungan bulir superparamagnetik tinggi. Lebih lanjut, Budiman (2020) dan Aulia (2020) mengatakan bahwa sampel yang mengandung superparamagnetik adalah berbutiran halus dan mudah untuk menyerap air, sehingga besar kemungkinan terjadi longsor. Namun, (Budiman (2020) dan Aulia (2020) tidak melakukan uji perbandingan dengan sampel-sampel yang belum atau tidak pernah terjadi longsor. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dikaji sifat magnetik dari sampel tanah yang telah terjadi longsor dan yang belum terjadi longsor.

Keberadaan bulir superparamagnetik pada tanah dapat diketahui dari nilai suseptibilitas bergantung *Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$). $\chi_{fd}\%$ merupakan perbedaan relatif antara suseptibilitas magnetik frekuensi rendah χ_{lf} dengan frekuensi tinggi χ_{hf} . Semakin tinggi nilai $\chi_{fd}\%$ maka semakin banyak keberadaan bulir superparamagnetik pada tanah.

Sampel diambil dari perwakilan daerah-daerah di Sumatera Barat yang pernah dan memiliki potensi terjadinya longsor yaitu Tarusan di Kabupaten Pesisir Selatan, Malalak di Kabupaten Agam, Bukit Lantiak dan Sitinjau Laut di Padang, serta Sungai Limau di Kabupaten Padang-Pariaman. Sampel diambil pada dua titik yang berbeda, titik pertama pada lereng yang pernah terjadi longsor, sedangkan titik kedua pada lereng yang belum terjadi longsor. Sehingga didapatkan nilai suseptibilitas magnetik dari setiap daerah ini. Berdasarkan uraian di atas untuk mengkaji potensi terjadi longsor, selanjutnya akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh nilai suseptibilitas magnetik tanah terhadap kerentanan longsor pada sampel.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang ada pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang sering terjadinya bencana khususnya tanah longsor.
2. Longsor merupakan bencana yang dapat menimbulkan kerugian harta benda, bahkan korban jiwa sehingga harus diketahui potensi terjadinya tanah longsor.

3. Belum diketahui pengaruh nilai suseptibilitas magnetik antara lereng yang diduga belum terjadi tanah longsor dan sudah terjadi tanah longsor pada perwakilan daerah rawan longsor di Sumatera Barat.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan dan adanya keterbatasan peneliti dalam kemampuan, biaya dan waktu, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Uji pengaruh nilai suseptibilitas magnetik *Low Field Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) tanah terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat.
2. Uji pengaruh nilai suseptibilitas magnetik *High Field Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) tanah terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat.
3. Uji pengaruh nilai suseptibilitas magnetik *Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$) tanah terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh nilai *Low Field Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat?
2. Bagaimana pengaruh nilai *High Field Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat?

3. Bagaimana pengaruh nilai *Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat?

E. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan masalah untuk memandu, dan terarahnya penelitian ini, pertanyaan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan nilai *Low Field Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat?
2. Bagaimana perbedaan nilai *High Field Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat?
3. Bagaimana perbedaan nilai *Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$) dengan kerentanan longsor pada lereng yang pernah terjadi longsor dan belum terjadi longsor di Sumatera Barat

F. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh nilai *Low Field Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) terhadap kerentanan longsor.
2. Mengetahui pengaruh nilai *High Field Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) terhadap kerentanan longsor.
3. Mengetahui pengaruh nilai *Percent Frequency Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$) terhadap kerentanan longsor.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Sebagai penerapan ilmu geofisika khususnya metode kemagnetan batuan.
 - b. Manfaat ini juga diharapkan dapat menambah wawasan, informasi, pemikiran dan ilmu yang dapat digunakan untuk pihak yang berkepentingan.
2. Manfaat Praktis
 - a. Sebagai informasi bagi pemerintah dan warga sekitar daerah rawan longsor mengenai kerentanan lereng terhadap potensi terjadinya longsor.
 - b. Memberikan informasi mengenai hasil pengaruh nilai suseptibilitas magnetik tanah terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat.
 - c. Sebagai syarat untuk dapat menyelesaikan studi di jenjang S1 Fisika.
 - d. Bagi penulis, diharapkan dapat menerapkan ilmu yang diperoleh penulis guna untuk perkembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Tanah didefinisikan sebagai partikel-partikel mineral yang tersemen maupun lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara atau air. Tanah mengalami pelapukan biasanya dipengaruhi oleh cuaca dan pengaruh lainnya sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya (Sosrodarsono, 1984).

Tanah merupakan kumpulan mineral, bahan organik dan endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik bahkan oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel yang ada. Ruang diantara partikel dapat terisi air atau udara maupun keduanya. Pembentukan tanah berasal dari induknya yang mana proses fisik dan kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil dari aslinya, terjadi akibat pengaruh erosi, air, angin, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah diakibatkan adanya perubahan suhu ataupun cuaca. Sedangkan pelapukan yang diakibatkan proses kimia dapat terjadi karena pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam dan alkali) dan proses kimia lainnya. Jika pelapukan tanah masih berada di tempat asalnya maka disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila pelapukan tanah berpindah disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Mineral magnetik utama dalam tanah adalah *maghemite*, *goethite* dan *hematite* dan kadang-kadang *magnetite*). Tanah merupakan hasil erosi yang diangkut oleh air atau angin atau dapat terbentuk secara biologis atau dengan pedogenesis organik atau anorganik. Oksidasi dan reduksi mineral magnetik dalam tanah mencerminkan kondisi iklim dan oleh karena itu sangat menarik dalam studi paleoklimat global. Selain perubahan komposisi kimia, evolusi dari batuan melalui lapisan tanah ke tanah melibatkan perubahan ukuran butir, oksidasi besi, yang tercermin dalam sifat magnetik (Smith and David, 2008).

Struktur di atas tanah dapat meningkatkan kerentanan magnetik. Le Borgne (1955, 1960) mengatakan bahwa kerentanan tinggi dihasilkan dari reduksi *goethite* atau *hematite* menjadi *magnetite* diikuti oleh oksidasi menjadi *maghemite*, dan diakibatkan oleh dua mekanisme, kebakaran dan fermentasi organik. Pembakaran bahan organik menghasilkan peningkatan suhu dan pengurangan atmosfer. Fermentasi, pembusukan bahan organik di bawah kondisi anaerobik yang dicapai selama periode basah, juga dapat mengurangi *hematite*. Oksidasi terjadi selama kondisi aerobik kering berikutnya. Siklus oksidasi dan reduksi dengan demikian dapat merekam variasi curah hujan. Hal ini terutama terlihat pada tanah Mediterania yang terbentuk pada substrat batu gamping yang permeabel.

2. **Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah merupakan sistem penggolongan yang sistematis dari jenis tanah yang memiliki sifat sama ke dalam kelompok maupun sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das, 1995). Sistem klasifikasi digunakan untuk memberikan informasi mengenai karakteristik dan sifat fisik tanah serta

mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah. Tanah yang digolongkan dalam urutan berdasarkan perilaku fisik tertentu. Tujuan dari mengklasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta digunakan untuk menginformasikan tentang keadaan tanah melalui suatu wilayah ke wilayah lainnya berupa data kasar. Klasifikasi tanah juga digunakan untuk studi yang lebih khusus mengenai keadaan tanah sesuai kebutuhan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, massa, dan sebagainya (Bowles, 1989). Tanah dapat dikelompokkan secara umum menjadi tanah tidak kohesif dan tanah kohesif atau sebagai tanah yang berbutir kasar maupun butir halus. Istilah yang umum ini memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah yang hampir sama sifatnya.

3. Jenis-jenis Tanah dan Karakteristiknya

Tanah merupakan sumber daya alam yang dikategorikan ke dalam beberapa jenis yang berbeda dengan masing-masing karakteristiknya. Menurut letak geografis dan astronomisnya, ada banyak jenis tanah di Indonesia yang dapat ditemukan khususnya Sumatera Barat.

a. Tanah Alluvial

Tanah alluvial merupakan tanah yang berasal dari endapan lumpur yang terbawa oleh air sungai. Tanah ini terbentuk karena erosi yang kemudian diendapkan bersama dengan lumpur sungai. Tanah alluvial memiliki warna yang kelabu dan memiliki tekstur beragam, salah satunya yaitu remah dan sifatnya subur.

b. Tanah Andosol

Tanah andosol terbentuk dari vulkanik, seperti abu vulkanik, tufa, dan batu apung. Tanah andosol mengandung banyak mineral. Andosol banyak dijumpai pada bahan vulkanik tidak padu pada ketinggian 750 sampai 3.000 meter di atas permukaan laut (mdpl), dengan daerah beriklim tropika basah serta curah hujan antara 2.500-7.000 mm tahun.

c. Tanah Vulkanis

Tanah vulkanis merupakan jenis tanah di Indonesia yang berasal dari gunungapi atau vulkanis dan material gunungapi yang sudah mengalami pelapukan. Jenis tanah ini umumnya mempunyai ciri butiran halus, sifatnya tidak mudah tertiup angin, dan jika terkena hujan maka lapisan tanah bagian atas menutup sehingga tanah ini tidak mudah erosi.

d. Tanah Gambut

Klasifikasi tanah gambut secara umum merupakan tanah organosol atau histosol. Tanah organosol atau histosol adalah tanah yang memiliki lapisan bahan organik dengan berat jenis dalam keadaan lembab. Karakteristik kimia tanah gambut di Indonesia sangat beragam dan ditentukan oleh kandungan mineral, ketebalan, jenis tanaman penyusun gambut, jenis mineral pada substratum (di dasar gambut) dan tingkat komposisi gambut.

e. Tanah Humus

Tanah humus merupakan jenis tanah yang muncul akibat tumbuh-tumbuhan yang membusuk. Tumbuhan yang membusuk membuat tanah humus mengandung unsur hara yang tinggi.

f. Tanah Inseptisol

Tanah inseptisol terbentuk dari batuan sedimen atau metamorf dengan warna agak kecoklatan dan kehitaman serta campuran yang agak keabu-abuan. Tanah ini mengandung horizon kambik dimana horizon ini kurang dari 25% dari horizon selanjutnya.

g. Tanah Pasir

Tanah berpasir memiliki struktur butir tunggal, yaitu campuran butir-butir primer yang besar tanpa adanya bahan pengikat agregat. Ukuran butir-butir pasir adalah 0.002 mm- 2.0 mm. Tekstur tanah pasir adalah kasar, karena tanah pasir mengandung lebih dari 60% pasir dan memiliki kandungan liat kurang dari 2%.

h. Tanah Podsolok Merah Kuning

Tanah Podsolok Merah Kuning adalah tanah yang mempunyai perkembangan profil, konsisten teguh, bereaksi masam, dengan tingkat kejenuhan basa rendah. Podsolok merupakan segolongan tanah yang mengalami perkembangan profil dengan batas horizon yang jelas.

4. Kondisi Tanah Pulau Sumatera

Pantai sebelah timur Sumatra dan daerah hilir dari sungai-sungai besar, terdiri tanah aluvial Hidromorfik dan ke arah hujung jenis tanahnya berupa alluvial maupun tanah Hidromorfik Kelabu. Hal ini menyebabkan daerah hulu sangat strategis untuk daerah perkebunan. Tanah rawa di sebelah timur Riau, Jambi dan selatan umumnya terdiri dari tanah Organosol, yaitu jenis tanah ini juga terdapat di tenggara dan selatan Sumatra Utara, Aceh Barat, serta di barat laut dan selatan Sumatra Barat.

Sebagian besar dari permukaan tanah dataran rendah Pulau Sumatra terdiri dari tanah Podsolik Merah Kuning yang terbentuk dari bahan suduk. Tanah-tanah di daerah pegunungan mempunyai penyebaran yang sangat rumit, tetapi umumnya masih terdiri dari berbagai bentuk tanah Podsolik Merah Kuning yang berasosiasi dengan tanah Latosol ataupun Litosol. Daerah berbatu kapur di tutupi oleh tanah coklat dan tanah Renzina. Tanah Andosol dan tanah Podsolik Coklat dijumpai di atas batuan Vulkanik.

B. Longsor

Tanah longsor adalah bentuk erosi dimana pengangkatan atau gerakan massa tanah terjadi disaat volume berada dalam relatif besar. Tanah longsor juga dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya. Tanah longsor sering terjadi pada lereng alam maupun buatan dan merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Pengurangan kuat geser tanah pada lereng alam yang mengalami longsor disebabkan karena faktor yang berasal dari tanah itu sendiri, yaitu kondisi geologi antara lain jenis tanah, tekstur (komposisi) tanah pembentuk lereng (Priyono, 2006).

Istilah longsor menggambarkan pergerakan tanah atau batuan di lereng bawah karena pengaruh gravitasi. Sementara banyak tanah longsor memang terjadi melalui proses batuan atau tanah yang meluncur pada permukaan yang sebenarnya ada berbagai macam jenis gerakan yaitu, jatuh, meluncur dan mengalir. Jenis gerakan tergantung pada sudut kemiringan, sifat bahan dan berbagai tekanan yang bekerja pada tanah tersebut. Longsor terjadi pada lereng yang tidak stabil.

Ketidakstabilan lereng dapat disebabkan oleh beberapa hal yang berfungsi sebagai bidang gelincir. Bidang gelincir merupakan suatu bidang batas antara masa material yang bergerak dan diam (Zakaria, 2009). Bidang gelincir merupakan bidang yang mana material suatu longsor bergerak di atasnya (Wesley, 2012). Jadi, bidang gelincir merupakan suatu bidang tempat Bergeraknya material yang mengalami longsor. Gerakan material tersebut disebabkan karena adanya gangguan kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng serta pergerakan alami yang disebabkan oleh proses Geologi seperti gempa bumi maupun hujan dengan intensitas yang tinggi.

Peristiwa tanah longsor yang terjadi dimana saja pasti mempunyai alasan atau penyebab. Adanya tanah longsor karena disebabkan oleh beberapa hal tertentu. Hal-hal yang menyebabkan terjadinya tanah longsor bisa dikarenakan peristiwa alami maupun hal-hal yang disebabkan oleh manusia. Adapun lima jenis medan utama terjadinya longsor, yaitu: (Jones, 1995):

1. Daerah dataran tinggi yang mengalami guncangan seismik

Gempa bumi di daerah perbukitan atau pegunungan sering memicu terjadinya longsor dalam jumlah besar. Misalnya, pada gempa Chi-Chi 1999 di Taiwan lebih dari 9.200 tanah longsor besar dipicu dalam 35 detik (Hung, 2000). Dalam beberapa tahun setelah gempa bumi besar, tanah longsor sering terjadi karena material lereng menjadi tidak stabil akibat guncangan.

2. Daerah pegunungan dengan relief relatif tinggi

Daerah pegunungan pada umumnya rentan terhadap longsor batu dan tanah longsor yang tinggi karena medan yang curam, massa batuan yang berubah bentuk, dan terjadinya curah hujan orografis, terutama longsor batu.

Longsoran batu dipicu bebatuan besar, dengan volume lebih besar sekitar $100 \times 106m^3$, mampu menempuh jarak yang sangat jauh.

3. Area dengan bantuan sedang mengalami degradasi lahan yang parah
4. Daerah dengan curah hujan tinggi

Curah hujan yang tinggi atau berkepanjangan adalah pemicu paling umum dari ketidakstabilan lereng dan daerah yang mengalami curah hujan sangat tinggi pasti rentan terhadap tanah longsor. Proses ini aktif di daerah tropis lembab di mana pelapukan batuan dapat menembus puluhan meter di bawah permukaan tanah.

5. Area yang tertutup oleh timbunan material berbutir halus yang tebal

Endapan berbutir halus, seperti *loess* dan *tephra*, lemah dan rentan terhadap efek kejenuhan. Akibatnya, mereka rentan terhadap longsor. Pada gempa bumi tahun 1920, longsor di *loess* yang dipicu oleh guncangan gempa diperkirakan telah menewaskan lebih dari 100.000 orang, bencana tanah longsor terbesar dalam sejarah. Daerah yang diselimuti *tephra* di dan sekitar situs vulkanik juga rentan terhadap tanah longsor.

Menurut Arsyad pada tahun 1989 tanah longsor ditandai dengan adanya pergerakan sejumlah massa tanah secara bersamaan dan terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah di atas suatu lapisan kadap air yang jenuh air.

Longsor biasanya terjadi apabila dipengaruhi tiga keadaan, yaitu:

1. Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah.
2. Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak yang akan menjadi bidang gelincir, dan

3. Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kadap air tersebut menjadi jenuh. Lapisan kedap air biasanya berupa tanah liat atau mengandung kadar tanah liat tinggi, ataupun juga berupa lapisan batuan.

C. Kemagnetan Batuan

Batuan yang merupakan bahan pembentuk kerak bumi memiliki sifat yang dapat diberikan dan digunakan untuk membedakan antara satu dan yang lainnya. Salah satu sifatnya adalah sifat kemagnetan batuan. Sifat kemagnetan batuan dipengaruhi oleh pergerakan elektron dari atom. Setiap atom yang bergerak mempunyai momen magnetik. Momen magnetik pada atom merupakan penjumlahan secara vektor dari momen magnetik semua elektron yang ada pada atom. Momen elektron dalam atom akan berlawanan sehingga momen magnetiknya saling menghapuskan, maka dapat dikatakan bahwa seluruh atom tersebut tidak memiliki momen magnetik. Jika momen magnetiknya hanya menghapuskan sebagian, maka atom tersebut memiliki momen magnetik. Peristiwa tersebut menimbulkan perbedaan sifat magnetik pada suatu bahan.

Kemagnetan batuan (*rock magnetism*) juga disebut sebagai ilmu yang digunakan untuk mengetahui kondisi permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat kemagnetan batuan yang diidentifikasi oleh kerentanan magnet batuan. Sifat kemagnetan batuan pada suatu bahan dipengaruhi oleh kandungan mineral pada bahan tersebut. Sifat kemagnetan batuan dijabarkan secara rinci dalam bidang *paleomagnetisme* atau kemagnetan purba. Stabil atau tidaknya magnetisasi pada suatu bahan akan bergantung kepada jenis mineral dan ukurannya. Sifat magnetik pada batuan juga berperan di dalam metode geomagnetik untuk eksplorasi.

1. Diamagnetik

Diamagnetik adalah bahan yang mempunyai sifat kemagnetan yang sangat lemah, tidak permanen bahkan tetap ada hanya saat diberikan medan magnet dari luar. Atom-atom bahan diamagnetik mempunyai kulit elektron yang terisi penuh. Setiap elektron berpasangan dan mempunyai spin yang berbeda dari setiap pasangan, sehingga tidak mempunyai momen magnet. Jika dipengaruhi oleh medan magnet dari luar maka elektron tersebut akan berputar dan menghasilkan medan magnet lemah yang melawan medan penginduksinya seperti yang disebutkan dalam Hukum Lenz. Oleh sebab itu, bahan diamagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik negatif.

Bahan diamagnetik yang kecil dan bernilai negatif, yaitu sekitar -10^{-5} dalam Satuan Internasional (SI). Menurut Jilles pada tahun 1991 suseptibilitas magnetik pada diamagnetik akan bernilai konstan apabila temperatur konstan dan medan magnet dalam keadaan lemah. Material dapat bersifat negatif jika susunan atom dalam bahan mempunyai spin elektron yang tidak berpasangan. Pada material diamagnetik hampir semua spin elektron berpasangan, sehingga resultan medan magnet atomik dari masing-masing atom atau molekul adalah nol. Permeabilitas bahan ini merupakan $\mu < \mu_0$ dengan suseptibilitas magnetik bahannya $\chi_m < 0$ (orde 10^{-5}) (Halliday *et al*, 2010).

2. Paramagnetik

Bahan paramagnetik adalah bahan yang mempunyai sifat kemagnetan yang sedang serta mempunyai suseptibilitas magnetik (χ) kecil dan positif ($\chi \approx 10^{-3}$ sampai 10^{-5}). Paramagnetik memiliki suseptibilitas magnetik (χ) tergantung pada temperatur (Butler, 1998) dan pada medan induksi yang rendah,

sehingga pada temperatur tertentu dan di dalam medan magnet yang rendah (Jiles, 1991). Jenis bahan paramagnetik adalah Piroksen, Olovin, Garnet, Amfibolit dan Biotit, Aluminium, Platina dan Mangan.

3. Ferromagnetik

Bahan logam tertentu memiliki momen magnet permanen tanpa adanya medan luar, dan mempunyai magnetisasi yang besar dan permanen. Karakteristik dari ferromagnetisme, ditunjukkan pada transisi logam besi (seperti *ferrite*), kobalt, nikel, dan beberapa logam tanah (Callister, 2009).

Bahan ferromagnetik termagnetisasi dengan baik, sehingga bahan ferromagnetik menjadi sangat kuat. Bahan ferromagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik (χ) positif dan besar ($\chi \approx 50$ sampai 10^4) yang mana merupakan kelompok bahan yang termagnetisasi secara spontan meskipun tidak diberikan medan magnetik. Bahan ferromagnetik akan kehilangan sifat menjadi paramagnetik jika dipanaskan di atas suhu *currie* (Butler, 1998). Bahan ferromagnetik masih menyimpan remanent magnetik, meskipun medan magnetnya dihapuskan (Dunlop dan Ozdmir, 1997). Karakteristik inilah yang membuat bahan ferromagnetik mampu merekam medan magnet purba.

4. Antiferromagnetik

Bahan antiferromagnetik merupakan bahan yang memiliki suseptibilitas positif yang kecil pada segala suhu dengan perubahan suseptibilitas bergantung suhu karena keadaan khusus. Pada umumnya keteraturan antiferromagnetik berada pada suhu yang cukup rendah kemudian menghilang di atas suhu tertentu. Suhu *Neel* adalah suhu yang menandai perubahan sifat magnet dari antiferromagnetik ke paramagnetik.

5. Ferrimagnetik

Ferrimagnetik hampir sama dengan ferromagnetik dan sangat sulit membedakan antara kedua sifat tersebut dengan menggunakan teknik pengukuran magnetik. Bahan ferrimagnetik membawa remanen magnetik di bawah suhu kritis, yang disebut suhu *Curie* atau *Neel*, akan bersifat paramagnetik di atas suhu ini (Thompson dan Oldfield, 1986). Bahan ferrimagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi tetapi lebih rendah dari bahan ferromagnetik. Contohnya yaitu *ferriete* dan *magnetite*.

D. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik memiliki parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahannya tersebut dari medan magnet luar.

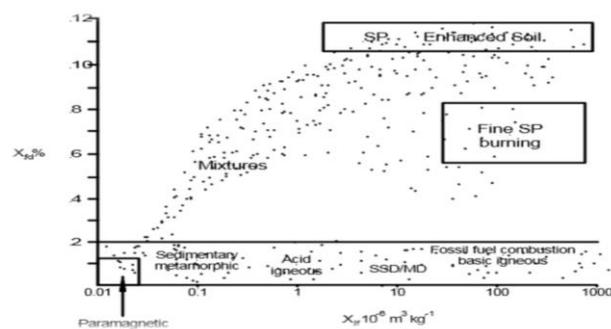
$$\chi_{fd}\% = \frac{\chi_{lf} - \chi_{hf}}{\chi_{lf}} \times 100\% \quad (1)$$

Pada persamaan (1) pengukuran frekuensi bergantung terhadap nilai suseptibilitas magnetik sehingga dilakukan dengan dua frekuensi yang berbeda yaitu pada keadaan *Low Frequency Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) pada 0,47 kHz dan *High Frequency Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) pada 4,7 kHz. Perbedaan yang relatif antara nilai suseptibilitas magnetik yang diukur pada frekuensi rendah dan tinggi disebut dengan suseptibilitas bergantung frekuensi (χ_{fd}) dan ($\chi_{fd}\%$). Nilai $\chi_{fd}\%$ dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan bulir superparamagnetik yang terdapat pada sampel. Interpretasi nilai $\chi_{fd}\%$ terhadap keberadaan bulir superparamagnetik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi nilai $\chi_{fd}\%$ (Sumber: Dearing, 1999)

| Nilai $\chi_{fd}\%$ | Keterangan |
|---------------------|---|
| 0,0-2,0 | Tidak ada atau mengandung kurang dari 10% bulir superparamagnetik |
| 2,0-10,0 | Mengandung bulir superparamagnetik antara 10% sampai dengan 75% yang merupakan campuran antara bulir superparamagnetik yang berukuran halus dan kasar |
| 10,0-14,0 | Keseluruhan atau mengandung lebih dari 75% bulir superparamagnetik |

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai $\chi_{fd}\%$ maka akan semakin tinggi pula kandungan bulir superparamagnetiknya, namun nilai yang lebih besar dari 14% sangat jarang dan sering dianggap kesalahan dalam pengukuran (Dearing, 1999), sedangkan hubungan antara nilai $\chi_{fd}\%$ terhadap bulir magnetik dapat terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Scattergram domain magnetic (Sumber: Dearing, 1999)

Gambar 2 menunjukkan beberapa pola umum nilai yang diplot pada scattergram domain magnetic bervariasi $\chi_{lf} - \chi_{fd}\%$. Sampel yang didominasi oleh ferrimagnetik non-SP berbutir relatif kasar dari batuan beku atau bahan pembakaran menunjukkan χ_{lf} yang relatif tinggi, tetapi hampir nol χ_{fd} . Nilai $\chi_{fd}\% < 5\%$ adalah tipikal untuk sampel dimana butir non-SP mendominasi

kumpulan atau di mana butir sangat halus ($< 0,005\mu m$) mendominasi fraksi SP. Untuk sampel dengan χ_{fd} % 10 – 14%, butir SP biasanya dari tanah mendominasi kumpulan dan χ_{fd} dapat digunakan secara semi kuantitatif untuk memperkirakan konsentrasi totalnya. Sampel didominasi oleh paramagnetik atau plot mineral antiferromagnetik miring dekat dengan asalnya.

Suseptibilitas magnetik dapat diukur pada suatu rentang medan magnetik tertentu yang akan memberikan hubungan ini linear atau tidak linear tergantung besar medan magnet yang digunakan. Suseptibilitas magnetik yang diukur menggunakan *susceptibility meter* merupakan suseptibilitas magnetik ekstrinsik atau suseptibilitas magnetik semu (*Apparent Magnetic Susceptibility*), bukan suseptibilitas intrinsik. Perbedaan yang ada antara suseptibilitas magnetik ekstrinsik dengan intrinsik dipengaruhi oleh *self-demagnetization* pada bahan. Kandungan mineral magnetik pada suatu bahan dipengaruhi oleh nilai suseptibilitas magnetiknya.

Nilai suseptibilitas magnetik pada batuan semakin besar, jika batuan tersebut ditemukan banyak mineral magnetik. Karakteristik dan kandungan mineral magnetik batuan merupakan faktor yang mempengaruhi harga suseptibilitas magnetik suatu bahan (Telford *et al*, 1990). Suseptibilitas magnetik pada dasarnya bergantung pada konsentrasi mineral magnetik, komposisi mineral magnetik, ukuran dan bentuk bulir (*grain*), serta domain (Dearing, 1999). Nilai suseptibilitas magnetik dapat menentukan sifat kemagnetan dan jenis mineral magnetik yang terkandung dalam bahan. Hubungan nilai suseptibilitas magnetik dengan sifat kemagnetan dan jenis mineral magnetik dapat dilihat pada Tabel 2.

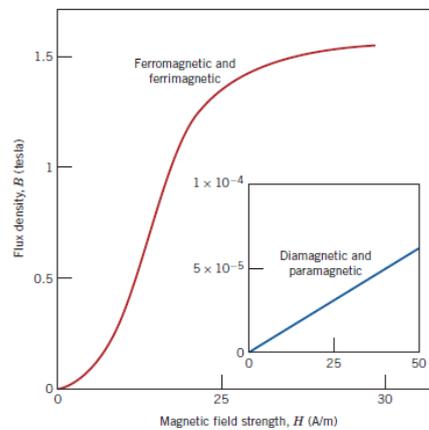
Tabel 2. Suseptibilitas Magnetik Berbagai Mineral (*Sumber: Hunt, 1995*)

| Tipe Mineral | Suseptibilitas Magnetik | |
|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | Volume ($\times 10^{-6}$ SI) | Massa ($\times 10^{-8} m^3/kg$) |
| Mineral Magnetik | | |
| Magnetite | 1.000.000-5.700.000 | 20.000-110.000 |
| Hematite | 500-40.000 | 10-760 |
| Maghemite | 2.000.000-2.500.000 | 40.000-50.000 |
| Ilmenite | 2.200-3.800.000 | 46-80.000 |
| Pyrite | 35-5.000 | 1-100 |
| Pyrrhotite | 3.200.000 | 69.000 |
| Geothite | 1.100-12.000 | 26-280 |
| Mineral Non Magnetik | | |
| Kuarsa | -(13-17) | -(0,5-0,6) |
| Kalsit | -(7,5-39) | -(0,3-1,4) |
| Halite | -(10-16) | -(0,48-0,75) |
| Galena | -33 | -0,44 |

Pengukuran suseptibilitas magnetik dapat dilakukan hampir pada setiap bahan. Suseptibilitas magnetik yang diukur pada rentang medan magnetik tertentu akan menghasilkan hubungan magnetisasi dengan medan. Hubungan ini dapat memberikan hubungan yang linear atau tidak linear bergantung pada besar medan magnet yang digunakan. Suseptibilitas magnetik diukur memakai *susceptibility meter* yang mana merupakan suseptibilitas magnetik ekstrinsik dan suseptibilitas magnetik semu (*apparent magnetic susceptibility*) dan bukan suseptibilitas intrinsik (Dearing, 1996).

E. Perilaku Suatu Bahan Terhadap Medan Magnet Luar

Sifat magnetik suatu bahan memiliki sifat atau perilaku yang berbeda-beda terhadap pengaruh luar yang diberikan suatu bahan (Gambar 3).



Gambar 3. Kurva medan magnet suatu bahan (Callister, 2009).

Bahan paramagnetik, diamagnetik, dan ferromagnetik atau ferrimagnetik, medan magnet bahan paramagnetik dan diamagnetik menunjukkan linearitas, yang dapat dilihat plot kecil, sedangkan perilaku ferromagnetik atau ferrimagnetik adalah linear.

F. Mineral Magnetik

Mineral merupakan senyawa alam yang terbentuk melalui berbagai proses geologis, bahan padatan organik yang terbentuk dari reaksi-reaksi kimia secara alamiah. Sifat kamagnetan suatu mineral magnetik ada yang mempunyai sifat kemagnetan yang lemah (Diamagnetik), sedang (Paramagnetik), dan kuat (Ferromagnetik). Berdasarkan ketiga sifat bahan magnetik hanya untuk mineral tergolong ferromagnetik yang disebut sebagai mineral magnetik (Bijaksana, 2002).

Mineral magnetik seperti *Magnetite* (Fe_3O_4), *Hematite* (αFe_2O_3), dan *Maghemite* (γFe_2O_3) tergolong kedalam mineral oksida besi. *Greigite* (Fe_3S_4) dan

Phyrhotite (Fe_7S_8) merupakan kelompok mineral magnetik dari keluarga sulfida besi, sedangkan *Geohite* ($\alpha FeOOH$) tergolong kedalam mineral hidroksida besi. Keluarga oksida titanium merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral magnetik yang paling dominan.

1. Kelompok Oksida Besi

Ada beberapa mineral magnetik yang merupakan kelompok oksida besi, yaitu:

a. *Magnetite* (Fe_3O_4)

Magnetite merupakan salah satu mineral yang bisa ditemukan pada batuan beku, sedimen dan metamorf. *Magnetite* dapat merekam magnetisasi remanent alami yang stabil dan merupakan mineral magnetik yang kuat (Buttler, 1998). *Magnetite* memiliki bentuk kubus, berwarna hitam gelap dengan permukaan kebiru-biruan. Batuannya sangat berat dan keras, tidak terbelah, tidak tembus cahaya dan menunjukkan kilauan logam. *Magnetite* bersifat ferrimagnetik dengan temperature *Curie* $575-585^\circ C$ dan memiliki magnetisasi $90 Am^2/kg$ hingga $92 Am^2/kg$ (Hunt, 1995)

b. *Hematite* (αFe_2O_3)

Hematite tersebar luas di sekitar alam terutama pada tanah dan sedimen. *Hematite* memiliki sifat tidak tembus cahaya, lapisannya berwarna gelap dan akan meleleh apabila dipanaskan dalam larutan asam hidrolis. Pada umumnya *hematite* bersifat masif, massanya berisi butiran, permukaannya berwarna-warni dan warna batuan merah kecoklatan (Evan dan Heller, 2003). Mineral *hematite* bersifat ferromagnetik dengan magnetisasi sebesar $0.4 Am^2/kg$ dan temperatur *Curie* $675^\circ C$ (Hunt, 1995).

c. *Maghemite* ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$)

Mineral *maghemite* diidentikan memiliki rumus kimia yang sama dengan *hematite* karena kedua jenis mineral ini sama dan terletak di posisi yang sama pada diagram *ternary*, tidak memiliki bentuk magnetik atau susunan kristal yang sama. *Maghemite* teroksidasi penuh dari *magnetite*, mempunyai struktur kristal kubus dan banyak ditemukan pada tanah (Evan dan Heller, 2003). Temperatur *Curie* sekitar $\sim 600^\circ\text{C}$ dan magnetisasi saturasi sekitar $70\text{-}80 \text{ Am}^2/\text{kg}$ (Hunt, 1995).

d. *Ilmenite* (FeTiO_3)

Ilmenite merupakan mineral yang mempunyai rumus kimia FeTiO_3 . Mineral ini biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk membuat pigmen TiO_2 banyak digunakan sebagai pigmen dalam cat, bahan aditif pada proses pembuatan kertas, bahan baku keramik, bahan baku industri farmasi dan akhir-akhir ini TiO_2 juga banyak digunakan untuk bahan fotokatalis yaitu sebagai katalis yang dapat menguraikan bahan pewarna organik dengan bantuan sinar ultra violet (Subagja, 2016)

Mineral ini bersifat antiferromagnetik dengan suhu *curie* sekitar 233°C (Hunt, 1995). *Ilmenite* merupakan mineral magnetik yang bersifat anistropi memiliki sifat fisik yang berbeda-beda jika dilihat dari semua keadaan. *Ilmenite* pada umumnya tersebar pada batuan dan pasir serta memiliki bentuk kristal yang berbentuk heksagonal.

2. Kelompok Sulfida Besi

a. Greigite

Salah satu mineral yang termasuk kedalam sulfida besi adalah *greigite* (Fe_3S_4). *Greigite* merupakan mineral sulfida besi yang ekuivalen dengan *magnetite*, mineral ini memiliki struktur mineral kubus dan bersifat ferrimagnetik. *Greigite* umumnya ditemukan dalam sedimen *lacustrine* dan *marine* (Evan dan Heller, 2003). *Greigite* mempunyai magnetisasi saturasi sebesar $\sim 25 \text{ Am}^2/\text{kg}$ dan suhu *curie* 333°C (Hunt, 1995).

b. Pyrrhotite

Pyrrhotite (Fe_7S_8) adalah mineral bersifat ferrimagnetik yang memiliki temperature *curie* sebesar 320°C dan memiliki magnetisasi saturasi sebesar 20°C (Hunt, 1995). Mineral ini merupakan perubahan komposisi dari *greigite*.

3. Kelompok Hidroksida Besi

Salah satu mineral yang termasuk kedalam kelompok hidroksida besi adalah mineral *goethite* (αFeOOH). Mineral *goethite* mempunyai struktur mineral heksagonal dan bersifat antiferromagnetik. Mineral *goethite* pada umumnya banyak ditemukan pada tanah dan sedimen (Evan dan Heller, 2003). *Goethite* atau Iron Oxyhydroxide mempunyai magnetisasi saturasi sebesar $< 1 \text{ Am}^2/\text{kg}$ dan temperatur *curie* $\sim 120^\circ\text{C}$ (Hunt, 1995).

G. Mineral Tanah

Mineral tanah adalah mineral yang terkandung di dalam tanah dan merupakan salah satu bahan utama penyusun tanah. Mineral dalam tanah berasal dari pelapukan fisik dan kimia dari batuan yang merupakan bahan induk tanah, rekristalisasi dari senyawa-senyawa hasil pelapukan lainnya atau pelapukan (alterasi) dari mineral

primer dan sekunder yang ada. Mineral mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu tanah, antara lain sebagai indikator cadangan sumber hara dalam tanah dan indikator muatan tanah beserta lingkungan pembentukannya. Jenis mineral tanah secara garis besar dapat dibedakan atas mineral primer dan mineral sekunder.

1. Mineral Primer

Mineral primer adalah mineral tanah yang umumnya mempunyai ukuran butir fraksi pasir (2 – 0,05 mm). Contoh dari mineral primer yang banyak terdapat di Indonesia beserta sumbernya disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Mineral Primer (*Sumber: Baupessor, 2018*)

| Mineral | Sumber Utama |
|------------|---|
| Olivin | Batuan volkan basis dan ultrabasis |
| Biotit | Batuan granit dan metamorf |
| Piroksen | Batuan volkan basis dan ultrabasis |
| Amfibol | Batuan volkan intermedier hingga ultrabasis |
| Plagioklas | Batuan intermedier hingga basis |
| Orthoklas | Batuan masam |
| Muskovit | Batuan granit dan metamorf |
| Kuarsa | Batuan masam |

2. Mineral Sekunder

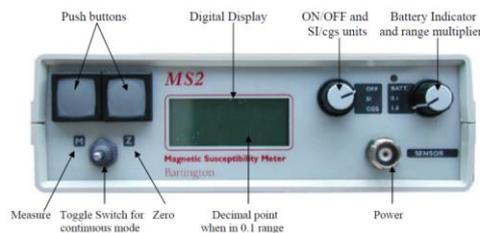
Mineral sekunder atau mineral liat adalah mineral-mineral hasil pembentukan baru atau hasil pelapukan mineral primer yang terjadi selama proses pembentukan tanah yang komposisi maupun strukturnya sudah berbeda dengan mineral terlapuk. Contoh dari mineral sekunder banyak terdapat di Indonesia (Tabel 4).

Tabel 4. Mineral Sekunder (Sumber: Baupessor, 2018)

| Mineral | Keterangan |
|----------------|---|
| Kaolinit | Mineral utama pada tanah Oxisol dan Ultisol |
| Haloisit | Mineral utama pada tanah volkan Inceptisol dan Entisol |
| Vermikulit | Mineral utama pada tanah yang berkembang dari bahan kaya mika |
| Smektit | Mineral utama pada tanah Vertisol |
| Alofan | Mineral utama pada tanah Andisol |
| Geotit/Hematit | Mineral oksida besi pada tanah merah Oxisol dan Ultisol |

H. *Bartington Magnetic Susceptibility Meter Sensor Tipe B (MS2B)*

Prinsip kerja alat ini adalah sirkuit elektromagnetik yang berfungsi mendeteksi perubahan induktansi ketika sampel ditempatkan di dalam kumparan tersebut. Alat ini terdiri dari sensor *MS2B* dengan diameter internal 35 mm dan terhubung dengan *MS2* meter yang bekerja berdasarkan perubahan induktansi *coil* akibat adanya sampel yang dimasukkan. Instrumen atau alat ini menggunakan medan magnet lemah sekitar 80 A/m rms dan dapat mengukur pada frekuensi rendah 470 Hz dan frekuensi tinggi 47000 Hz (Dearing, 1999).



Gambar 4. *Bartington Magnetic Susceptibility Meter Sensor Tipe B (MS2B)*
(Sumber: Dearing, 1999)

Gambar di atas merupakan bentuk alat dari *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* Sensor Tipe B (*MS2B*). Peralatan ini bekerja karena adanya sensor tegangan yang diberikan pada rangkaian osilator sehingga menimbulkan medan magnetik bolak balik yang berintensitas rendah pada ruang sampel. Selanjutnya pada ruang diletakkan sampel yang mengakibatkan perubahan frekuensi osilator. Nilai suseptibilitas magnetik sampel diperoleh dengan membandingkan frekuensi osilator sebelum dan sesudah sampel diletakkan. Alat ini bisa mengukur harga suseptibilitas dari 1×10^{-6} hingga 9999×10^{-6} dalam satuan *cgs* atau $1,26 \times 10^{-5}$ hingga $1,26 \times 10^{-1}$ dalam satuan SI. Nilai suseptibilitas magnetik dapat dihitung persatuan volume atau persatuan massa.

I. Penelitian yang Relevan

Budiman (2020), melakukan penelitian tentang analisis nilai suseptibilitas magnetik tanah permukaan daerah potensi longsor di Bukit Gado-Gado Padang. Pengambilan sampel dilakukan pada lokasi perbukitan yang pernah terjadi longsor dengan jarak 15 m dari permukiman penduduk, sampel diambil pada empat lintasan dengan jarak 10 m dan luas 100 m², sehingga diperoleh 40 titik sampel. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan *Bartington Susceptibility Meter* Sensor Tipe B (*MS2B*) dengan dua frekuensi yaitu 0,47 kHz *low frequency* (LF) dan 4,7 kHz *high frequency* (HF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kisaran $120,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dan $458,8 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dengan rata-rata $209,86 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$. Dari range nilai χ_{lf} tersebut diperkirakan bahwa mineral magnetik yang terkandung dalam sampel bersifat Paramagnetik dan Ferimagnetik dan jenis mineral diperkirakan adalah Hematit. Grafik hubungan antara nilai suseptibilitas magnetik terhadap $\chi_{fd}\%$ menunjukkan bahwa hampir keseluruhan sampel

memiliki nilai χ_{fd} % di atas 2% yang mana menyatakan bahwa lokasi penelitian memiliki kandungan bulir superparamagnetik yang tinggi sehingga sampel tersebut bersifat halus dan mudah untuk menyerap air sehingga lebih besar kemungkinan terjadinya longsor.

Aulia (2020), melakukan penelitian tentang analisis suseptibilitas magnetik tanah permukaan sebagai indikator longsor di Bukit Karan Padang. Pengambilan sampel dilakukan pada sisi Bukit Karan yang berada di Kelurahan Rawang Kecamatan Padang Selatan dengan berjarak 10 m dari pemukiman penduduk. Sampel diambil pada empat lintasan yaitu lintasan A, B, C, dan D dengan jarak antar lintasan 20 m. Setiap lintasan terdiri dari 10 titik dengan jarak antar titik yaitu 10 m, sehingga membentuk grid yang terdiri dari 40 titik. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan *Bartington Susceptibility Meter* Sensor Tipe B (MS2B) dengan dua frekuensi, yaitu frekuensi rendah (0,47 kHz) dan frekuensi tinggi (4,7 kHz). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keseluruhan sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (χ_{lf}) berkisar antara $120,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dan $458,8 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$ dengan rata-rata $208,2 \times 10^{-8} m^3 kg^{-1}$. Dari hasil tersebut diperkirakan bahwa mineral magnetik yang terkandung dalam sampel bersifat Paramagnetik dan Ferimagnetik dan jenis mineralnya diperkirakan mineral Hematit (Fe₂O₃). Hasil menunjukkan bahwa 87,5% sampel memiliki nilai χ_{fd} % antara 2,00% – 10,0%. Hal ini menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki kandungan bulir superparamagnetik yang tinggi sehingga sampel-sampel tersebut bersifat halus dan mudah untuk menyerap air sehingga potensi longsor pada daerah tersebut cukup tinggi.

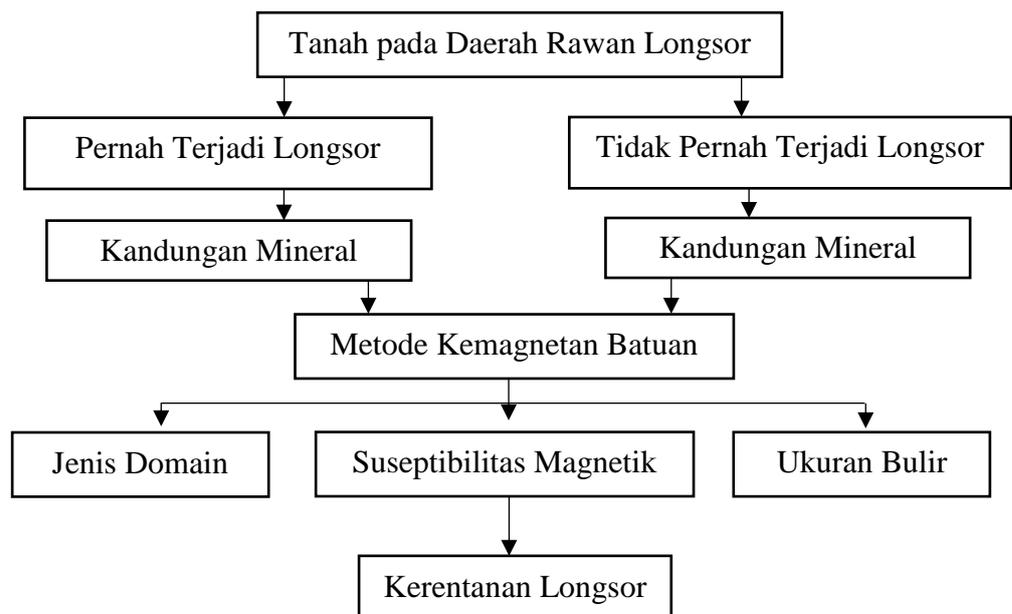
K, Kosaka (1999), melakukan penelitian tentang mengevaluasi longsor deposito sepanjang zona patahan Tsurukawa, Jepang menggunakan suseptibilitas. Penelitian ini menjelaskan hasil pengukuran suseptibilitas magnetik pada tanah longsor deposit di sepanjang zona patahan Tsurukawa di pusat Jepang memiliki nilai berkisar dari $0,4 - 9,6 \cdot 10^{-3}$ (SI) dan sesuai dengan proporsi dari dua bahan komponen yaitu, pelapukan abu vulkanik dan fragmen batuan yang patah. Penelitian menunjukkan bahwa endapan longsor di sepanjang Zona patahan Tsurukawa terdiri dari berbagai proporsi abu vulkanik yang lapuk. Hasilnya kontras dengan beberapa asumsi tentang tanah longsor di sepanjang zona patahan di Jepang.

Dhani (2021), melakukan penelitian tentang suseptibilitas magnetik tanah sebagai indikator bencana longsor daerah Sitinjau Lauik. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik tanah untuk memprediksi longsor pada daerah Sitinjau Lauik telah dilakukan menggunakan metode kemagnetan batuan. Sampel diambil dengan variasi kemiringan (atas, tengah, bawah) dan kedalaman 25, 50, dan 75 cm sebanyak 36 titik sampel. Pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan alat *Bartington Susceptibility Meter Sensor Tipe B (MS2B)*. Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan bahwa tanah yang terkandung di daerah Sitinjau Lauik mengandung lempung, dengan ditemukannya mineral magnetik seperti illite, montmorillonite, dan hematit yang merupakan mineral penyusun dari lempung. Daerah yang memiliki kemiringan curam lebih rentan terjadi longsor karena memiliki nilai berkisar $\chi_{fd}\%$ (1,79 – 7,65)% dengan rata-rata 4,08 %, yang menunjukkan tanah telah dipengaruhi oleh perubahan suhu dan cuaca yang akan menyebabkan sifat magnetik dari tanah

tersebut melemah dan terjadilah pelapukan pada tanah sehingga memicu pergerakan tanah.

J. Kerangka Berpikir

Tanah memiliki mineral magnetik, namun tanah dari beberapa daerah yang rawan longsor di Sumatera Barat masih banyak yang belum dilakukan penelitian mengenai mineral magnetiknya. Mineral magnetik dapat dilihat menggunakan metode kemagnetan batuan. Metode kemagnetan batuan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu jenis domain, suseptibilitas magnetik, dan penentuan ukuran bulir. Pada penelitian ini menggunakan data suseptibilitas magnetik. Nilai suseptibilitas magnetik yang terukur dilihat pengaruhnya terhadap kerentanan longsor di Sumatera Barat. Sehingga didapatkan kerangka berfikir untuk mengetahui nilai suseptibilitas dari sampel (Gambar 5).



Gambar 5. Kerangka Berpikir Analisis Tanah Daerah Rawan Longsor di Sumatera Barat

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Hubungan nilai *Low Frequency Susceptibility Magnetic* (χ_{lf}) Hasil penelitian didapatkan $t_h = -0.247$ sedangkan t_t untuk taraf nyata $\alpha = 0.05$ dan derajat kebebasan $dk = 8$ adalah 7.027 . Hal ini menunjukkan $t_h < t_t$ pada taraf nyata $\alpha = 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh terhadap kerentanan longsor antara nilai suseptibilitas magnetik χ_{lf} dengan kerentanan longsor.

Hubungan antara nilai *High Frequency Susceptibility Magnetic* (χ_{hf}) terhadap kerentanan longsor di lima daerah didapatkan $t_h = 0.767$ sedangkan t_t untuk taraf nyata $\alpha = 0.05$ dan derajat kebebasan $dk = 8$ adalah 6.778 . Hal ini menunjukkan $t_h < t_t$ pada taraf nyata $\alpha = 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh terhadap kerentanan longsor antara nilai suseptibilitas magnetik χ_{hf} dengan kerentanan longsor.

Hubungan antara nilai *Percent Dependent Susceptibility Magnetic* ($\chi_{fd}\%$) terhadap kerentanan longsor di lima daerah didapatkan $t_h = 0.374$ sedangkan t_t untuk taraf nyata $\alpha = 0.05$ dan derajat kebebasan $dk = 8$ adalah 7.740 . Hal ini menunjukkan $t_h < t_t$ pada taraf nyata $\alpha = 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh terhadap kerentanan longsor antara nilai suseptibilitas magnetik $\chi_{fd}\%$ dengan kerentanan longsor. Tanah dengan sifat paramagnetik memiliki tingkat kelekatan mineral antar partikel berkurang. Oleh sebab itu bulir superparamagnetik berukuran sangat halus yang dibalut dengan bulir tanah

memiliki kelimpahan mineral magnetik yang menunjukkan sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi dan rentan terhadap longsor.

B. Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dilakukan pengukuran anisotropi magnetik, pengukuran pada setiap arah referensi dari sampel. Selain tanah, sampel yang diambil juga meliputi batuan dan sedimen di sekitar daerah rawan longsor. Pengukuran sampel hendaknya juga dilakukan dengan berbagai metode seperti analisa XRF, XRD, SEM serta metode untuk menentukan mineral tanah agar nilai suseptibilitas magnetik dapat dikorelasikan sehingga intrepetasi data lebih akurat dan dapat dijadikan sebagai bahasan kajian kemagnetan purba (*paleomagnetic*).

DAFTAR PUSTAKA

- Akmam, Nofi, Y.S., dan Irepia, R.D., 2015. *Identifikasi Bidang Gelincir Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Schlumberger di Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan. Pillar Of Physics*. Vol 5 hal. 01-08. <http://dx.doi.org/10.24036/1822171074>
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB (IPB Press)
- Aulia, Putri. 2020. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Permukaan sebagai Indikator Longsor di Bukit Karan Padang*. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. Vol 9 No 4 hal. 472-478. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.4.472-478.2020>.
- Baupessor, Andibesse. 2018. *Mineral dalam Tanah*. Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik Dalam Masalah Lingkungan*. *Jurnal Geofisika*, 1: 19-27.
- BNPB, 2021. *Data Bencana Longsor*, diakses 30 November 2021, <<https://dibi.bnpb.go.id/>>.
- Borradaile, Graham. 2003. *Statistic of Earth Science Data*. Canada: Lakehead University.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Budiman, Arif. 2020. *Analisis Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Permukaan Daerah Potensi Longsor di Bukit Gado-Gado Padang*. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. Vol 9 No 2 hal. 209-216. <https://doi.org/10/25077/jfu.9.2.209-216.2020>.
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Boston: Blackwell Scientific Publication.
- Callister, W. D and D.G. Rethwisch. 2009. *Material Science and Engineering*. An Introduction Eighth Edition. New York: Oxford University Press Inc.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah I*. Erlangga. Jakarta.
- Dearing, J. 1996. *Frequency-dependent Susceptibility Measurements of Environmental Materials*. *Geophys. J. Int.*, 124:228–240.
- Dearing, K., 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*, Chi Publishing, Englan.

- Dhani, Alvan. 2021. *Suseptibilitas Magnetik Tanah Sebagai Indikator Bencana Longsor Daerah Sitinjau Lauik*. Jurnal Fisika Unand (JFU). Vol 10 No 2 hal. 191-197. <https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.191-197.2021>.
- Dunlop, D.J and Ozdemir, O. 1997. *Rock Magnetism: Fundamental and Frontiers*. Cambridge University Press.
- Evans, M and Heller, F. 2003. *Environmental Magnetism Principle and Application of Ennvirionmagnetiks*. California: Academic Press.
- Fitriawan, M. 2017. *Sintesis Pigmen Jarosit Berbahan Dasar Pasir Besi Dengan Metode Sol-Gel*. Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Halliday, D., dan Resnick, R., 2010. *Fundamentals of Physics*, Ninth Edition, John Wiley and Sons, Inc., United States of America Hei, S., Jin, Y., and Zhang, F. 2014. *Fabrication of γ -Fe₂O₃ nanoparticles by solid-state thermolysis of a metal-organic framework, MIL-100 (Fe), for heavy metal ions removal*. Journal of Chemistry.
- Hung, J. J. (2000) Chi-Chi earthquake-induced landslides in Taiwan. *Earthquake Engineering and Engineering Seismology* 2: 25–33.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmental Magnetism Workshop*. Minneaspolis: University of Minnesota.
- Hunt, C.P., Moskowitz, B.M. Banerjee, S.K., 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. American Geophysical Union.
- Jiles, 1991. *Introduction to Magnetism and Magnetite Material*, New York, USA: Springer.
- Jones, D. K. C. 1995. *The relevance of landslide hazard to the International Decade for Natural Disaster Reduction*. In *Landslide Hazard Mitigation with Particular Reference to Developing Countries*, pp. 19–33. Proceedings of a Conference. London: Royal Academy of Engineering.
- Jordanova, Neli. 2017. *Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture*. Elsevier: United Kingdom.
- Khosiah, K. dan Ariani, A. 2017. *Tingkat Kerawanan Tanah Longsor di Dusun Landungan Desa Guntur Macan Kecamatan Gunungsari Kabupaten Lombok Barat*. Jurnal Ilmiah Mandala Education, 3(1), 195-200.
- Kosaka, K. 1999. *Evaluating landslide deposits along the Tsurukawa fault zone, Japan, using magnetic susceptibility*. Department of Geosystem Sciences, Nihon University, Tokyo. Bull Eng Geol Env (2000) 58: 179–182.

- Larasati, Sava Sintya, dkk. 2018. *Analisis Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Seismik Refraksi Critical Distance Method dan Delay Time Plus Minus pada Daerah Kebun Karet, Kecamatan Imogiri, Bantul, D. I. Yogyakarta*. Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-11 Perspektif Ilmu Kebumihan dalam Kajian Bencana Geologi di Indonesia.
- Le Borgne, E., 1955. *Susceptibilite magnktique anormale du sol superficiel*, *Ann. Giophys.*, 11, 399-419.
- Monlika, Junita., P, Nanik Suryo H. 2012. *Perbandingan Teknik Interpolasi DEM STRM ddengan Metode Inverse DIStance Weighted (IDW)*. *Jurnal Penginderaan Jauh*. Vol 9 No 2 hal 126-139.
- Mullins, C., 1997. Magnetic Susceptibility of The Soil and Its Significant in Soil Science a Review, *Sil Science*, *British Society of Soil Science*, Vol 28, hal 223-246.
- Nandi. 2007. *Longsor*. Bandung: FPIP S-UPI.
- Naryanto, H.S. 2013. *Analisis dan Evaluasi Kejadian Bencana Tanah Longsor di Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat Tanggal 25 Maret 2013*, *JSTMB*, Vol. 8, No. 1, Tahun 2013: pp. 39-49.
- Naryanto, H.S., Kristijono, A., Suwandita, H., Ganessa, D., Prawiradisastra, F. dan Udrek. 2017. *Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor (Gerakan Tanah) di Dusun Tangkil, Desa Banaran, Kecamatan Pulung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017*. Laporan Kajian Cepat, PTRRB, BPPT.
- Priyono, K, D. Priyana, Y. & Priyono. 2006. *Analisis Tingkat Bahaya Longsor Tanah di Kecamatan Banjarnangu kabupaten*. Banjarnegara. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2021. *Prakiraan Wilayah Terjadinya Gerakan Tanah pada Bulan November 2021 di Sumatera Barat*, ESDM, Kementrian, Bandung.
- Rifai, Hamdi dan Sylvina Tebrina. 2018. *Analisis Pengaruh Ukuran Bulir Serta Jenis Domain Magnetik Terhadap Kesuburan Tanah Perkebunan Sawit*. *Natural Science Journal*, Vol (4), No (2): 616-627. ISSN: 2477-6181.
- Santoso H. 2012. *Aplikasi “Sop Bantal” Berbasis Das Untuk Penanggulangan Banjir Dan Tanah Longsor*. *Jurnal Penanggulangan Bencana* Vol 3 No 1 hal. 43-54.
- Smith, Keith and David N Patley. 2008. *Environmental Hazard*. Taylor & Francis e-Library: New York.

- Sosrodarsono, Suyono & Kensaku Takeda, 1984. *Bendungan Type Urugan*. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Subagja, Rudi. 2016. *Ekstraksi Titanium Dari Ilmenit Bangka Melalui Tahap Dekomposisi Dengan Koh Dan Pelarutan Dengan Asam Sulfat*. Jurnal UMJ. Jakarta.
- Sudjana. 2004. *Metoda statistika*. Bandung: Tarsito.
- Syahputri, Ayu. 2020. *Identifikasi Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Mikrotremor Di Dusun Tegalsari Desa Ngargosari Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo*. DOI: 10.22146/jfi.v24i2.53636.
- Telford, W.M. Geldart, L.P, Sheriff R.E and Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysics*. USA: Cambridge University Press.
- Thompson, R and Oldfield, F. 1986. *Environmental Magnetism*. London: Allen dan Unwin Ltd.
- Tipler, (2001). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Erlangga, Jakarta.
- Wesley, L., D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Yogyakarta: ANDI.
- Zakaria, Zulfialdi. 2009. *Analisis Kestabilan Lereng*. Bandung: Universitas Padjajaran