

**ANALISIS NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK
TANAH LIAT SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN
MENGUNAKAN METODE KEMAGNETAN BATUAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



**Oleh:
Fiska Arianti
NIM: 17034041/2017**

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

**ANALISIS NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK
TANAH LIAT SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN
MENGUNAKAN METODE KEMAGNETAN BATUAN**

SKRIPSI



**Oleh:
Fiska Arianti
NIM: 17034041/2017**

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

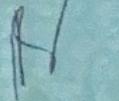
PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LIAT SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN MENGGUNAKAN METODE KEMAGNETAN BATUAN

Nama : Fiska Arianti
NIM : 17034041
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

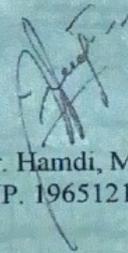
Padang, 18 Februari 2022

Mengetahui :
Ketua Departemen Fisika



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

Disetujui Oleh :
Pembimbing



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

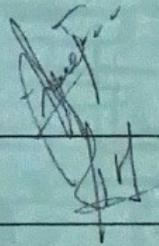
Nama : Fiska Arianti
NIM : 17034041
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LIAT SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN MENGGUNAKAN METODE KEMAGNETAN BATUAN

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

Padang, 18 Februari 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Hamdi, M.Si.	
Anggota	: Syafriani, M.Si., Ph.D.	
Anggota	: Dr. Fatni Mufit, S.Pd., M.Si.	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya Tulis yang berjudul “Analisis Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Liat Sebelum dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan Metode Kemagnetan Batuan” adalah karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing;
3. Karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dituliskan atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan pengarang pada kepustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan dalam penelitian ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh, serta sanksi lain sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 18 Februari 2022



Fiska Arianti
NIM. 17034041

HALAMAN PERSEMBAHAN

Paling utama sekali, puji syukur kepada Alloh SWT. atas rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini, serta yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta keberanian dalam diri ini untuk melalui semua halangan dan rintangan dalam proses pembuatan skripsi sampai akhirnya terselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Dipersembahkan kepada kedua orang tua; papa, mama dan adik-adik serta keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta mendoakan agar selesainya skripsi ini. Terimakasih telah memberikan jalan dan arah yang baik untuk apapun yang saya lakukan, serta telah memberi nasehat terbaik selagi menyelesaikan skripsi ini.

ANALISIS NILAI SUSEPTIBILITAS MAGNETIK TANAH LIAT SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN MENGUNAKAN METODE KEMAGNETAN BATUAN

Fiska Arianti

ABSTRAK

Sumatra Barat memiliki tanah liat yang digunakan sebagai bahan pewarna batik, dimana batiknya dikenal dengan Batik Tanah Liek. Pemilihan tanah liat masih ditentukan dengan cara tidak terstruktur atau secara *trial and error* bukan berdasarkan parameter fisis tertentu seperti nilai suseptibilitas magnetik sehingga warna batik tidak konsisten. Selain itu juga, belum diketahui perubahan nilai suseptibilitas magnetik dari tanah liat setelah digunakan sebagai pewarna kain. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai suseptibilitas magnetik sebelum dan sesudah proses pewarnaan dengan tanah liat.

Sampel tanah liat berjumlah 11 diambil di beberapa tempat di Sumatra Barat diantaranya Padang Pariaman, Solok, Sijunjung, Lima Puluh Kota, dan Pesisir Selatan. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sebelum dan sesudah proses pewarnaan pada kain menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* dengan sensor tipe B (MS2B). Nilai suseptibilitas magnetik tersebut dilakukan analisis χ_{lf} , χ_{hf} dan $\chi_{fd}\%$, sehingga didapatkan perubahan nilai suseptibilitas magnetik tanah liat setelah digunakan sebagai pewarna kain.

Hasil analisis menunjukkan perubahan nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pewarnaan yang tertinggi pada sampel CL-GR-210422 yaitu $887,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ menjadi $769,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pewarnaan yang terendah pada sampel CL-SPPS-210314-2 yaitu $7,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ menjadi $7,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas yang mengalami kenaikan yaitu pada sampel CL-SPPS-210314-1, CL-STG-210326, CL-PYKLN-210421-1, CL-PYKLN-210421-2A, CL-PYKLN-210421-2B, CL-PSBSJJ-210421, CL-TJGGDG-210422, CL-GBP-210422, dan CL-PLDG-210422 sedangkan yang mengalami penurunan pada sampel CL-SPPS-210314-2 dan CL-PSBSJJ-210421. Nilai suseptibilitas magnetik yang mengalami perubahan disebabkan oleh perbedaan jumlah mineral magnetik yang berada pada sampel.

Kata Kunci: Proses pewarnaan, Batik Tanah Liek, Tanah liat, Suseptibilitas magnetik, *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* MS2B.

Analysis Of Magnetic Susceptibility Value Of Clay Before And After Fabric Dyeing Process Using Rock Magnetism Method

Fiska Arianti

ABSTRACT

West Sumatra has clay which is used as a dye for batik, where the batik is known as Batik Tanah Liek. The selection of clay is still determined in an unstructured way or by trial and error, not based on certain physical parameters such as the value of magnetic susceptibility so that the color of batik is inconsistent. In addition, there is no known change in the magnetic susceptibility value of clay after being used as a fabric dye. Therefore, this study aims to determine the value of magnetic susceptibility before and after the staining process with clay.

A total of 11 clay samples were taken in several places in West Sumatra including Padang Pariaman, Solok, Sijunjung, Fifty Cities, and Pesisir Selatan. Measurement of the magnetic susceptibility value before and after the dyeing process on the fabric using a Bartington Magnetic Susceptibility Meter with a type B sensor (MS2B). The magnetic susceptibility value was analyzed χ_{lf} , χ_{hf} and $\chi_{fd}\%$, so that the change in the magnetic susceptibility value of clay was obtained after being used as a fabric dye.

The results of the analysis showed that the highest change in susceptibility values before and after the staining process was in the CL-GR-210422 sample, namely $887,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ to $769,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. The lowest susceptibility values before and after the staining process in the sample CL-SPPS-210314-2 were $7,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ to $7,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. The increased susceptibility values were in samples CL-SPPS-210314-1, CL-STG-210326, CL-PYKLN-210421-1, CL-PYKLN-210421-2A, CL-PYKLN-210421-2B, CL-PSBSJJ- 210421, CL-TJGGDG-210422, CL-GBP-210422, and CL-PLDG-210422, while the decreased in samples CL-SPPS-210314-2 and CL-PSBSJJ-210421. The magnetic susceptibility value that changed was caused by the difference in the amount of magnetic minerals present in the sample.

Keywords: Coloring process, Batik Tanah Liek, Clay, Magnetic Susceptibility, Bartington Magnetic Susceptibility Meter MS2B.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur dipanjatkan kehadiran Alloh SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Liat Sebelum Dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan Metode Kemagnetan Batuan”**. Skripsi ini merupakan bagian dari Penelitian Terapan (Dr. Hamdi, M.Si.) dengan judul **Estimasi Potensi Mineral Magnetik Pasir Besi Pantai Pasia Nan Tigo Padang Menggunakan Metode Kemagnetan Batuan dan *surfer*** dengan nomor kontrak 1617/ UN35.13/ LT/ 2020 dan 1940/ UN35.13/ LT/ 2021. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan pendidikan sarjana Fisika.

Selama menyelesaikan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu, ucapan terimakasih diberikan kepada:

1. Bapak Dr. Hamdi, M.Si., selaku Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam penulisan proposal ini.
2. Ibu Syafriani, M.Si., Ph.D., selaku Penguji, Pembimbing Akademik dan sekaligus Ketua Prodi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

3. Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si., sebagai penguji, sekaligus memberikan masukan yang sangat berharga.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh *Magnetic Team* Riza Rahmayuni, Dwi Anisa Visgun, Ardilla Nofri Yuwanda, Fajar Akmal, Ihsan Junira Prasetyo, Ronal Febriansah, Shandiyano Putra, Ella Destari Ningsih, Helmita, Muhammad Riyan Fadilla, Annisa Rahmi, Nadifa Salsabila Rifiana, Nadya Fitra Kurnia, Azmi Renaldi, Ririn Febrianti, Nurmala Dewi Siregar, Karin Yulfiarti, Reni Fitria, dan Reza Sri Mardayani, yang telah melakukan penelitian bersama.
7. Rekan-rekan seperjuangan pangeran, taul, adya kecil, dan dedek risa yang telah memberikan bantuan serta semangat dalam penulisan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Pertanyaan Penelitian.....	4
F. Tujuan Penelitian	5
G. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	6
A. Tanah.....	6
B. Tanah Liat	7
C. Suseptibilitas Magnetik.....	16
D. Penelitian Relevan	27
E. Kerangka Berpikir.....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Jenis Penelitian.....	31
B. Variabel Penelitian.....	31
C. Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
D. Instrumen Penelitian	32
E. Prosedur Penelitian	34

F. Teknik Pengolahan dan Interpretasi Data	37
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	40
A. Hasil Penelitian	40
B. Pembahasan.....	43
BAB V PENUTUP.....	50
A. Kesimpulan	50
B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanah liat primer	10
Gambar 2. Tanah liat sekunder	11
Gambar 3. Grafik hubungan $\chi_{lf} - \chi_{fd}$	22
Gambar 4. Momen magnetik bahan paramagnetik tanpa medan.....	23
Gambar 5. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan $\chi < 0.$, b) Suseptibilitas (χ) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik	23
Gambar 6. Momen magnetik bahan diamagnetik tanpamedan eksternal	24
Gambar 7. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap Medan Magnet (H) yang diberikan dan $\chi > 0.$ b) Suseptibilitas (χ) Tergantung pada Temperatur (T) untuk Bahan Paramagnetik	25
Gambar 8. Momen magnetik bahan feromagnetik tanpa.....	26
Gambar 9. Kurva histerisis untuk bahan feromagnetik	26
Gambar 10. Kerangka Berpikir.....	30
Gambar 11. Peta Lokasi Pengambilan Sampel	32
Gambar 12. Neraca Digital (<i>Neraca Ohaus</i> SN EO271119030112) di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.....	33
Gambar 13. <i>Bartington Magnetic Susceptibility Meter</i> tipe MS2B di Laboratorium Geofisika FMIPA UNP.....	34
Gambar 14. (a) Pengikisan tanah di bagian permukaan, (b) Pengambilan titik koordinat.....	35
Gambar 15. Bagan analisis data.....	38
Gambar 16. Grafik perbandingan nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah.....	38
Gambar 17. Grafik hubungan χ_{lf} dengan χ_{fd} sebelum proses pewarnaan	42
Gambar 18. Grafik hubungan χ_{lf} dengan χ_{fd} sesudah proses pewarnaan.....	43
Gambar 19. Grafik nilai <i>low field susceptibility</i> magnetik ternormalisasi sebelum dan sesudah proses pewarnaan.....	45
Gambar 20. Grafik nilai <i>high field susceptibility</i> magnetik ternormalisasi sebelum dan sesudah proses pewarnaan	46
Gambar 21. Nilai <i>frequency dependence susceptibility</i> (χ_{fd}) % ternormalisasi....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tekstur tanah berdasarkan diameter fraksi	6
Tabel 2. Klasifikasi tekstur tanah	7
Tabel 3. Parameter dan rasio magnetik utama yang digunakan dalam studi magnetik tanah	18
Tabel 4. Suseptibilitas Magnetik dari berbagai mineral	19
Tabel 5. Interpretasi nilai χ_{fd}	21
Tabel 6. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik.....	37
Tabel 7. Kandungan air dan massa jenis tanah liat	40
Tabel 8. Rata-rata nilai suseptibilitas magnetik tanah liat di Sumatera Barat	41

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sumatra Barat merupakan daerah yang memiliki variasi tanah dan dipengaruhi oleh beberapa bahan induk, organik, iklim, dan topografi. Tanah yang ditemukan itu seperti tanah organik dan tanah mineral. Tanah memiliki karakteristik secara kimia dan fisika yang berguna sebagai bahan industri. Salah satu jenis tanah yang sering digunakan di Sumatra Barat adalah tanah liat.

Tanah liat adalah jenis tanah yang memiliki butiran-butiran halus, berupa lempeng yang bersifat lentur, mudah dibentuk dan tidak tembus air, jika terkena air, tanah liat menjadi sangat lekat namun setelah kering tanah menjadi keras dan pecah-pecah (Edi, 2015; Ramanto, 2007). Tanah liat sendiri memiliki partikel mineral berkerangka dasar silikat dengan diameter kurang dari 4 mikrometer yang mengandung unsur dan mineral seperti leburan silika atau aluminium halus sehingga tanah liat banyak digunakan sebagai bahan industri seperti kerajinan salah satunya sebagai pewarna batik (Kanasius, 2005; Kartasapoetra, 2010).

Menurut Fatmawati dan Hidayat (2014) Zat pewarna alam untuk pembuatan batik biasanya diperoleh dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, akar, biji, batang, ranting dan getah. Pembuatan batik juga ada yang menggunakan bahan sintesis. Zat pewarna sintesis dapat menghasilkan warna konsistendan mudah diserap oleh tekstil dengan serat alami maupun tekstil dengan serat sintesis (Suprihatiningsih, 2016). Pewarna sintetis lebih stabil, lebih tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, daya mewarnainya lebih

kuat dan memiliki rentang warna yang lebih luas (Kant, 2012), namun pada pembuatan batik tanah liat mempunyai warna tersendiri dan menggunakan kain dengan daya serap yang tinggi sehingga kualitas warna yang didapatkan unik dan bagus (Poerwowidodo, 1991). Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pengrajin batik yang bernama Yusrizal pada tanggal 21 April 2021, diperoleh informasi bahwa tidak semua tanah liat yang memiliki kualitas warna yang sama, karena di beberapa tempat didapatkan kualitas tanah yang baik untuk pewarnaan pada batik. Kualitas tanah liat yang dijadikan sebagai warna batik dapat dilihat dari nilai suseptibilitas magnetiknya.

Suseptibilitas magnetik salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah atau tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi apabila bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Jika diberikan intensitas medan magnet luar pada suatu bahan, maka bahan tersebut akan memberikan respon yang disebut dengan magnetisasi. Nilai χ merupakan parameter dasar yang digunakan pada metode kemagnetan batuan. Nilai suseptibilitas magnetik pada batuan semakin besar, jika batuan tersebut ditemukan banyak mineral magnetik. Karakteristik dan kandungan mineral pada batuan adalah faktor yang mempengaruhi harga suseptibilitas suatu bahan (Telford, 1990). Harga Suseptibilitas dari suatu material dapat diselidiki menggunakan metode kemagnetan dengan alat *Magnetic Suseptibility Meter*.

Pengukuran metode kemagnetan Dwiatmoko (2018) mengidentifikasi Karakteristik dan Jenis Mineral Lempung dalam Pemanfaatan Bidang Industri di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Lempung Mataraman terdapat dalam kondisi geologi dengan morfologi

dataran bergelombang, sebagai endapan alluvial di *Quarter Alluvium (Qa)* dengan struktur geologi monoklin. Lempung dengan karakteristik fisik berwarna putih, liat elastis mudah dibentuk dan bercampur dengan pasir serta krikil. berupa kuarsit. Berdasarkan hasil analisis, jenis mineral lempung yang dijumpai adalah Kaolint, Mika dan Kuarsa. Lempung tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan gerabah. Lempung tersebut tidak dapat digunakan dalam industri lain seperti farmasi, kosmetik dan kertas karena tidak memenuhi persyaratan kadar kimia. Pemanfaatan tanah liat sebagai pewarnaan pada kain terlebih dahulu diketahui mineral apa saja yang terkandung sehingga menghasilkan warna pada kain, salah satunya mineral magnetik yang diukur berdasarkan nilai suseptibilitas magnetiknya. Sekarang ini belum nilai suseptibilitas magnetik tanah liat di Sumatra Barat yang dijadikan sebagai pewarnaan pada kain yang bertujuan untuk mengetahui tanah liat yang bagus sebagai pewarnaan pada kain.

Agar diketahui potensi dari tanah liat dan jumlah mineral yang dikandung dalam tanah liat tersebut perlu dikaji lebih mendalam tentang analisis nilai suseptibilitas magnetiknya. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian tentang analisis nilai suseptibilitas magnetik pada proses pewarnaan kain. Nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pewarnaan batik diukur menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter tipe MS2B*.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan beberapa identifikasi masalah yaitu :

1. Belum ada yang menganalisis nilai suseptibilitas magnetik tanah liat di Sumatra Barat.
2. Belum ada yang menganalisis nilai suseptibilitas magnetik tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di Sumatra Barat.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Data tanah liat di Sumatra barat yang digunakan yaitu di daerah Padang Pariaman, Solok, Sijunjung, Lima Puluh Kota, dan Pesisir Selatan.
2. Penelitian ini akan menganalisis nilai susaptibilitas magnetik tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di wilayah Sumatra Barat.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, dapat dirumuskan permasalahan penelitian yaitu Bagaimana hasil analisis nilai suseptibilitas tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di Sumatra Barat?

E. Pertanyaan Penelitian

Berikut beberapa pertanyaan penelitian yaitu:

1. Adakah perubahan nilai χ_{lf} tanah liat sebelum dan sesudah digunakan sebagai pewarna kain

2. Adakah perubahan nilai χ_{hf} tanah liat sebelum dan sesudah digunakan sebagai pewarna kain
3. Adakah perubahan nilai χ_{fd} tanah liat sebelum dan sesudah digunakan sebagai pewarna kain

F. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai suseptibilitas tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di Sumatra Barat.

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi mengenai nilai suseptibilitas pada tanah liat di wilayah Sumatra Barat.
2. Dapat dikembangkan sebagai salah satu sumber pemasukan daerah.
3. Merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata 1 Progam Studi Fisika di Universitas Negeri Padang (UNP).
4. Sebagai ide dan referensi dalam pengembangan penelitian pada bidang kemagnetan batuan bagi peneliti lainnya.

BAB II KAJIAN TEORI

A. Tanah

Kanisius (2005:13) menjelaskan tanah adalah suatu benda alam yang menempati lapisan kulit bumi yang teratas yang berdiri atas butir tanah, air, udara, sisa tumbuhan dan hewan yang merupakan tempat tumbuh tanaman. Menurut Hanafiah (2005:60) tanah mempunyai beberapa sifat yaitu sifat fisika, biologi dan kimia. Namun dalam penelitian ini yang sangat berpengaruh adalah sifat fisika tanah, didalamnya terdapat tekstur tanah, struktur tanah, bobot isi tanah, warna tanah, konsistensi tanah dan kadar air tanah.

Tekstur tanah juga disebut sebagai susunan tanah, dimana didalamnya terdapat bahan mineral seperti pasir, debu dan liat. Menurut Edi (2015:8) Tekstur tanah merupakan tingkat kehalusan tanah yang terjadi akibat perbedaan komposisi antara kandungan fraksi pasir, debu dan liat didalamnya, seperti pada Tabel 1 dan proporsi fraksi menurut tekstur tanah pada Tabel 2.

Tabel 1. Tekstur tanah berdasarkan diameter fraksi (Edi, 2015)

Tekstur tanah	Diameter Fraksi menurut klasifikasi USDA(mm)
Liat (<i>Clay</i>)	Kurang dari 0,002
Debu (<i>Silt</i>)	0,05-0,002
Pasir sangat halus (<i>very fine sand</i>)	0,10-0,05
Pasir halus (<i>fine sand</i>)	0,25-0,10
Pasir sedang (<i>Medium sand</i>)	0,50-0,25
Pasir kasar(<i>Coarse sand</i>)	1,00-0,50
Pasir sangat kasar(<i>Very coarse sand</i>)	2,00-1,00

Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah. Gumpalan struktur tanah ini terjadi karena butir-butir pasir, debu, dan liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti bahan organik, oksida-oksida besi, dan lain-lain. Gumpalan-gumpalan kecil (struktur tanah) ini mempunyai

bentuk, ukuran, dan kemantapan (ketahanan) yang berbeda-beda. Menurut Hanafiah (2005:69) Warna tanah alami terjadi karena adanya unsur oksida besi dan unsur organis, yang biasanya akan berwarna bakar kuning kecoklatan, coklat, merah, warna karat, atau coklat tua, tergantung dari jumlah oksida besi dan kotoran-kotoran yang terkandung. Biasanya kandungan oksida besi berkisar antara 2 % - 5 % dan akan mengakibatkan tanah cenderung berwarna lebih gelap (merah atau coklat).

Didalam survey dilapangan penentuan klasifikasi tekstur tanah diperkirakan dengan memijat dan meraba-raba dan dipilin sambil dirasakan diantara telunjuk dan ibu jari, maka dapat dibedakan dari hasil rabaan dan pengamatan tersebut secara garis besar menjadi empat golongan pokok adalah sebagai berikut dalam Tabel 2 :

Tabel 2. Klasifikasi tekstur tanah (Suprpto, 2016)

Pasir	: Jika dipilin kasar, lepas-lepas, tanpa daya kohesi (tidak membentuk bola), baik basah maupun kering.
Geluh	: Jika dipilin tidak begitu kasar dan tidak licin, membentuk bola tetapi tidak teguh dengan permukaan agak mengkilat dan tidak begitu melekat di kedua jari.
Debu	: Jika dipilin terasa licin, bentuk bola sedikit teguh dengan dilapisi permukaan mengkilat dan agak melekat di kedua jari. Bila dalam keadaan kering diraba seperti badak atau tepung
Lempung	: Jika dipilin terasa berat, membentuk bola begitu baik dan melekat di kedua jari.

B. Tanah Liat

Menurut Ramanto (2007) tanah liat adalah salah satu dari jenis tanah hasil dari pelapukan kulit bumi. Yumatra dkk (1986:32) mengemukakan tanah liat berasal dari kerak bumi, yang terjadi karena pelapukan dan erosi angin air dan gletser hingga berbentuk halus. Jenis tanah ini termasuk klasifikasi Alfisol

atau tanah Besi Aluminium. Tanah ini adalah batuan *feldspar* yang mengandung material Alumina (Al_2O_3) dan *Silica* (SiO_2) bercampur *Potash* (K_2O) dan soda (Na_2O). Setelah melalui proses pelapukan yang panjang dan berabad-abad maka bahan *potash* dan soda memisahkan diri dari *feldspar*. Setelah itu tinggalah bahan Alumina dan *Silica* bercampur air dan bahan mineral yang kotor (*impurities*). Bahan inilah yang dinamakan tanah liat (*clay*). Tanah liat terbentuk dari proses pelapukan kulit bumi yang sangat lama dimana mengakibatkan terjadinya reaksi kimia sehingga menghasilkan bahan alumina dan *Silica* serta mineral kotor yang disebut sebagai tanah liat. Secara spesifik Ramanto (2007:7) menjelaskan bahwa tanah liat terdiri dari butiran-butiran halus dengan ukuran 1 mikron ($1/1000$ mm), sehingga tanah liat dapat berpindah-pindah serta mudah larut di dalam air.

Tanah liat tersusun dari beberapa komposisi unsur kimia yang berbeda. Salah satu contoh unsur kimia yang terdapat dalam tanah liat yaitu besi (*Fe*). Unsur besi terdapat di alam dalam bentuk senyawa, misalnya pada mineral *Hematite*, *Magnetite*, *Pyrite*, *Siderite*, dan *Limonite*. Kandungan besi (*Fe*) dalam bentuk *Hematite*, *Magnetite* atau *Limonite* memberikan warna merah, coklat, atau kuning (Sartohadi, Junun dkk, 2014: 57). Penelitian Imam, dkk juga memberikan keterangan bahwa limbah lempung dari kerajinan gerabah dapat digunakan sebagai pewarna alami batik.

1. Jenis-Jenis Tanah Liat

a. Tanah Liat Primer

Wahyu, dkk (2009), menyebutkan tanah liat primer (residu) adalah jenis tanah liat yang dihasilkan dari pelapukan batuan feldspatik oleh tenaga endogen yang tidak berpindah dari batuan induk (batuan asalnya), karena tanah liat tidak berpindah tempat sehingga sifatnya lebih murni dibandingkan dengan tanah liat sekunder. Selain tenaga air, tenaga uap panas yang keluar dari dalam bumi mempunyai peran dalam pembentukan tanah liat primer. Tanah liat yang tidak terbawa arus air dan tidak tercampur dengan bahan organik seperti humus, ranting, atau daun busuk, maka tanah liat berwarna putih atau putih kusam. Suhu matang berkisar antara 1300°C–1400°C, bahkan ada yang mencapai 1750°C yang termasuk tanah liat primer antara lain seperti *Kaolin*, *Bentonite*, Feldspatik, Kwarsa, dan *Dolomite* yang terdapat di tempat yang lebih tinggi dari tanah sekunder. Pada umumnya batuan keras seperti *Basalt* dan *Andesit* akan memberikan warna merah alami pada lempung sedangkan granit akan memberikan warna putih alami pada lempung. Mineral Kwarsa dan Alumina dapat digolongkan sebagai jenis dari tanah liat primer karena merupakan hasil tanah liat kaolinit yang terbentuk dari pelapukan batuan feldspatik. Adapun ciri-ciri tanah liat primer yaitu sebagai berikut:

- 1) Berwarna putih cerah sampai putih kusam
- 2) Cenderung memiliki butiran-butiran yang kasar

- 3) Tidak plastis
- 4) Daya lebur tinggi
- 5) Daya susut kecil
- 6) Bersifat tahan api.

Dalam keadaan kering, tanah liat primer sangat rapuh sehingga mudah ditumbuk menjadi butiran halus. Hal ini disebabkan karena ukuran partikelnya yang terbentuk tidak simetris dan bersudut-sudut tidak seperti partikel tanah liat sekunder yang berupa lempengan sejajar. Secara sederhana dapat dijelaskan melalui penampang irisan partikel Kwarsa yang telah dibesarkan beberapa ribu kali. Dalam Gambar 1 tampak kedua partikel dilapisi lapisan air (*waterfilm*), tetapi karena bentuknya tidak datar atau asimetris, lapisan air tidak saling bersambungan, akibatnya partikel-partikel tidak saling menggelincir.

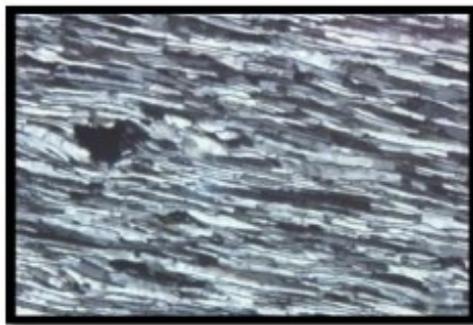


Gambar 1. Tanah liat primer (Norton, 1996)

b. Tanah Liat Sekunder

Wahyu, dkk (2009), tanah liat sekunder atau tanah sedimen (endapan) adalah jenis tanah liat hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya karena adanya tenaga eksogen yang menyebabkan butiran-butiran tanah liat lepas dan mengendap pada daerah rendah seperti lembah sungai, tanah rawa,

tanah *marine*, dan tanah danau. Akibat dari perpindahan tanah liat oleh air dan angin menyebabkan tanah liat bercampur dengan bahan-bahan organik maupun anorganik sehingga terjadi perubahan sifat kimia maupun fisika tanah liat seperti ukuran partikel yang lebih halus dan lebih plastis dari pada tanah liat primer. Pergerakan air memiliki pengaruh yang besar terhadap tanah liat, salah satunya gerakan arus air cenderung menggerus mineral tanah liat sehingga partikel-partikelnya semakin menipis dan berkurang. Pada saat kecepatan arus melambat, partikel yang lebih berat akan mengendap dan menyisakan partikel yang halus dalam larutan. Pada saat arus tenang seperti di danau atau di laut, partikel-partikel yang halus akan mengendap di dasarnya. Tanah liat sekunder biasanya terbentuk dari beberapa macam jenis tanah liat dan berasal dari beberapa sumber. Tanah liat sekunder dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tanah liat sekunder (Norton, 1996)

Tanah liat sekunder memiliki warna krem, abu-abu, coklat, merah jambu, kuning dengan suhu matang antara 900°C-1400°C. Pada umumnya tanah liat sekunder lebih plastis dan mempunyai daya susut yang lebih besar dari pada tanah liat primer. Semakin

tinggi suhu bakarnya maka semakin keras dan semakin kecil porositasnya. Tanah liat sekunder memiliki ciri-ciri:

- 1) Kurang murni.
- 2) Cenderung berbutir halus.
- 3) Plastis.
- 4) Berwarna krem, abu-abu, coklat, merah jambu, kuning, kuning muda, kuning kecoklatan, kemerahan, dan kehitaman.
- 5) Daya susut tinggi.
- 6) Suhu bakar 1200°C–1300°C, ada yang sampai 1400°C (*fireclay, stoneware, ballclay*).
- 7) Suhu bakar rendah 900°C–1180°C, ada yang sampai 1200°C (*earthenware*).

2. Karakteristik Fisik Tanah Lempung

a. Kandungan Air

Air mengendalikan hampir seluruh proses fisik, kimia, dan biologi yang terjadi di dalam tanah. Air dalam tanah berperan sebagai pelarut dan agen pengikat antar partikel-partikel tanah, yang selanjutnya berpengaruh terhadap stabilitas struktur dan kekuatan tanah serta bahan geologi. Secara kimia, air berperan sebagai agen pengangkut zat terlarut dan suspensi yang terlibat dalam perkembangan tanah dan degradasi. Segala aktivitas kehidupan yang ada di bumi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, yang tergantung pada sifat-sifat tanah dan kandungan air di dalam tanah.

Teknik pengukuran kadar air tanah terbagi dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung berupa pemisahan air dari matrik tanah dan pengukuran langsung dari jumlah air yang dipisahkan tersebut. Pemisahan air dari matriks tanah dapat dilakukan dengan pemanasan, ekstraksi dan penggantian oleh larutan atau reaksi kimia. Jumlah air yang dipisahkan ditentukan dengan mengukur perubahan massa/berat setelah pemanasan dan pengukuran kuantitatif dari hasil reaksi. Pemisahan air dengan pemanasan biasa disebut dengan metode gravimetrik, yang merupakan metode pengukuran secara langsung (Topp dan Ferre, 2002). Metode tidak langsung yaitu dengan mengukur beberapa sifat fisik atau kimia tanah yang berhubungan dengan kadar air tanah. Sifat ini meliputi konstanta dielektrik (*permittivity* relatif), konduktivitas elektrik, kapasitas panas, kandungan ion H, dan kepekaan magnetik. Berlawanan dengan metode langsung, metode tidak langsung bersifat lebih tidak merusak atau nondestruktif, sehingga kandungan air tidak berubah selama pengukuran.

b. Massa Jenis

Tanah dengan ruang pori total tinggi, seperti tanah liat, cenderung mempunyai massa jenis lebih rendah. Sebaliknya, tanah dengan tekstur kasar, walaupun ukuran porinya lebih besar, namun total ruang porinya lebih kecil, mempunyai massa jenis yang lebih tinggi. Komposisi mineral tanah, seperti dominannya mineral dengan berat

jenis partikel tinggi di dalam tanah, menyebabkan massa volume tanah menjadi lebih tinggi pula (Grossman dan Reinsch, 2002). Massa jenis tanah mineral berkisar antara $0,6 - 1,4 \text{ g/cm}^{-3}$. Tanah Andisols mempunyai massa jenis yang rendah ($0,6 - 0,9 \text{ g/cm}^{-3}$), sedangkan tanah mineral lainnya mempunyai massa jenis antara $0,8 - 1,4 \text{ g/cm}^{-3}$. Tanah gambut mempunyai massa jenis yang rendah ($0,4 - 0,6 \text{ g/cm}^{-3}$). Nilai massa jenis untuk tanah pasir adalah sekitar $1,4 - 1,7 \text{ g/cm}^{-3}$ sedangkan untuk tanah liat adalah antara $0,95 - 1,2 \text{ g/cm}^{-3}$ (BBPSPSLP, 2006).

Massa Jenis adalah perbandingan antara massa benda dengan volume benda. Secara matematis dapat dirumuskan :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dimana :

ρ = massa jenis zat (kg/m^3)

m = massa zat (kg)

V = Volume zat (m^3)

Massa jenis atau kerapatan merupakan karakteristik mendasar yang dimiliki zat. Rapatan (densitas) adalah sifat fisik dari materi. Rapatan digunakan untuk membandingkan dua zat yang memiliki volume yang sama (menempati besaran ruang yang sama, tetapi memiliki massa yang berbeda). Sebuah objek dengan massa per volume yang lebih besar dan rapat daripada objek dengan massa per volume yang lebih kecil. Zat yang kurang rapat mengapung di atas zat yang lebih rapat. Zat atau materi adalah sesuatu yang memiliki

massa dan menempati ruang. Ada beragam jenis zat, salah satu yang membedakannya adalah massa jenisnya. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (Mariana, 2012).

3. Manfaat Tanah Liat

Amijaya (2013), lempung digunakan terutama untuk pembuatan tembikar, ubin lantai, keramik. Lempung juga digunakan untuk membuat *sanitary ware*, bahan bangunan seperti batu bata, semen, dan agregat ringan. Pada bidang industri lempung digunakan dalam pengeboran bijih besi "*pelletizing*", selain itu digunakan pula untuk membuat berbagai jenis barang tahan terhadap panas ekstrim (*refraktori*). Pada umumnya tanah liat digunakan sebagai bahan utama pembuatan keramik atau pun porselen hiasan rumah. Penggunaan tanah liat untuk kesehatan telah dilakukan oleh Bangsa Indian di pegunungan Andes, Suku asli Meksiko, Suku Aborigin di Australia, dan Suku di Afrika Tengah. Perlu diketahui juga kalau sejak 4.000 tahun yang lalu, orang-orang Indonesia telah memakan tanah liat untuk menghilangkan sakit perut, *Buruli Ulcer* (mirip seperti Lepra) dan *Tuberculosis Mycobacterium* (penyakit yang memakan daging). Kegunaan tanah liat yang lainnya sebagai berikut:

- a. Sebagai obat untuk sakit perut, karena tanah liat memiliki zat seperti *sponge* yang berfungsi menyerap racun di tubuh.
- b. Sebagai pengurang rasa sakit di luka, hal ini dikarena oleh sifat tanah liat yang adem dan memiliki kandungan Zink dan Zat Besi yang membantu penyembuhan luka.
- c. Sebagai *detox* tubuh. Tanah liat yang bersifat seperti *sponge* ini dapat digunakan untuk menyerap racun-racun ditubuh kita seperti bakteri, zat logam berbahaya, dll.
- d. Untuk kecantikan, tanah liat sebagai pengencang kulit dan memuluskan kulit jika digunakan sebagai masker atau lulur tubuh.

C. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik adalah perbandingan kuat medan magnet induksi dalam sampel dengan medan magnet luar yang diberikan (Gunawan, 2014). Suseptibilitas magnetik salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah atau tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Jika intensitas medan magnet luar diberikan pada suatu bahan, maka bahan tersebut akan memberikan respon yang disebut dengan magnetisasi. Jika magnetisasi (\vec{M}) yang diperoleh suatu bahan sejajar dan sebanding dengan medan magnet luar (\vec{H}), konstanta kesebandingannya merupakan suseptibilitas magnetik persatuan massa (χ) dan dihubungkan melalui persamaan 3.

$$\vec{M} = \chi \cdot \vec{H} \quad (3)$$

Nilai χ merupakan parameter dasar yang digunakan pada metode kemagnetan batuan. Nilai suseptibilitas magnetik pada batuan semakin besar, jika pada batuan tersebut ditemukan banyak mineral magnetik. Karakteristik dan kandungan mineral batuan adalah faktor yang mempengaruhi harga suseptibilitas suatu bahan (Telford et al, 1990). Suseptibilitas magnetik pada dasarnya bergantung dari 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 di dalam bahan, dalam satuan internasional (SI), \bar{M} dan \bar{H} mempunyai satuan A/m sehingga χ merupakan besaran yang tidak berdimensi. Persamaan (1) menunjukkan bahwa untuk \bar{M} dan \bar{H} yang sejajar dan sebanding, suseptibilitas magnetik merupakan suatu besaran skalar (Dearing,1999).

Bahan magnetik berdasarkan nilai suseptibilitas magnetiknya terbagi menjadi tiga golongan, yaitu bahan diamagnetik, paramagnetik dan feromagnetik. Suseptibilitas magnetik yaitu besarnya kontribusi yang diberikan suatu bahan yang berada dalam pengaruh medan magnet terhadap seluruh rapat fluks yang ada (Omar, 1975). Medan magnet merupakan daerah di sekitar yang masih merasakan adanya gaya magnet. Jika sebatang magnet diletakkan dalam suatu ruang, maka terjadi perubahan dalam ruang ini yaitu dalam setiap titik dalam ruang akan terdapat medan magnetik (Subekti, 2010). Berikut Tabel 3 mencantumkan parameter dan rasio magnetik utama yang digunakan dalam studi magnetik tanah:

Tabel 3. Parameter dan rasio magnetik utama yang digunakan dalam studi magnetik tanah (Jordanova, 2017)

Parameter	Devinisi	Satuan (SI)	Proksi
Suseptibilitas medan magnet rendah (χ atau χ_{lf}) frekuensi dependen suseptibilitas magnet χ_{fd}	$\chi = k/\rho$, dimana k adalah volume suseptibilitas dan ρ adalah densitas $\chi_{fd} = \chi_{lf} - \chi_{hf}$, dimana χ_{lf} dan χ_{hf} adalah suseptibilitas, diukur pada medan frekuensi rendah dan tinggi (biasanya 0,47 dan 4,7 kHz)	m^3/kg	konsentrasi dari superparamagnetik kuat partikel magnetik (magnetit, maghemite) di dalam biji-bijian kisaran ukuran (10-25 nm)
Persen frekuensi dependen suseptibilitas magnetik $\chi_{fd} \%$	$\chi_{fd} \% = 100 * (\chi_{lf} - \chi_{hf}) / \chi_{lf}$	%	Proporsi relatif dari fraksi superparamagnetik dalam magnet total kerentanan

Nilai suseptibilitas magnetik dipengaruhi oleh kandungan sifat magnetik bahan, yang dapat bernilai positif dan negatif. Nilai positif menunjukkan intensitas magnetisasi M yang searah dengan medan H, yang terdapat pada bahan paramagnetik dan feromagnetik. Sedangkan nilai negatif menunjukkan bahwa magnetisasi M berlawanan arah dengan medan H, yang merupakan sifat bahan diamagnetik. Nilai Suseptibilitas Magnetik dapat menentukan sifat kemagnetan dan jenis mineral magnetik yang terkandung di dalam bahan. Hubungan nilai suseptibilitas magnetik dengan sifat kemagnetan dan jenis mineral magnetik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Suseptibilitas Magnetik dari berbagai mineral(Hunt, 1995)

Mineral Magnetik			
Tipe Mineral	Sifat Kemagnetan	Suseptibilitas Magnetik	
		Volume (x 10 ⁻⁶ SI)	Massa (x 10 ⁻⁸ m ³ /kg)
<i>Magnetite (Fe₃O₄)</i>	Ferrimagnetik	1.000.000- 5.700.000	20.000 - 110.000
<i>Hematite (αFe₂O₃)</i>	Antiferromagnetik	500 - 40.000	0 – 760
<i>Maghemite (γFe₂O₃)</i>	Ferrimagnetik	2.000.000- 2.500.000	40.000 – 50 .000
<i>Ilmenite (FeTiO₃)</i>	Antiferromagnetik	2.200 - 3.800.000	46 - 80.000
<i>Pyrite (FeS₂)</i>	Ferrimagnetik	35 - 5.000	1 – 100
<i>Pyrrhotite (Fe₇S₈)</i>	Ferrimagnetik	3.200.000	69.000
<i>Goethite (αFeOOH)</i>	Antiferromagnetik	1.100 - 12.000	26 – 280
Mineral Non Magnetik			
<i>Kuarsa (SiO₂)</i>	Diamagnetik	13 – 17	0,5 - 0,6
<i>Kalsit (CaCO₃)</i>	Diamagnetik	7,5 – 39	0,3 - 1,4
<i>Halite (NaCl)</i>	Diamagnetik	10 – 16	0,48 - 0,75
<i>Galena (PbS)</i>	Diamagnetik	33	0,44

Tabel 4 menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik untuk setiap bahan berbeda-beda, hal ini bergantung dengan jenis bahan. Suseptibilitas magnetik ini akan menentukan sifat magnetik pada setiap bahan. Harga suseptibilitas pada batuan semakin besar apabila dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik.

Suseptibilitas magnetik secara umum mencerminkan karakteristik dan intensitas dari respon bahan saat dikenakan medan magnetik dari luar. Ditinjau dari medan magnetik luar yang dikenakan pada bahan, suseptibilitas magnetik dapat diukur dengan menggunakan medan searah ataupun medan bolak-balik. Pada pengukuran dengan medan searah, magnetisasi yang dihasilkan konstan selama waktu pengukuran. Sementara

itu, medan bolak-balik yang lemah, magnetisasi yang ditimbulkan bergantung pada waktu. Suseptibilitas magnetik pada dasarnya tergantung dari konsentrasi mineral magnetik, komposisi mineral magnetik, ukuran dan bentuk bulir (*grain*), serta domain (Dearing, 1999).

Berdasarkan ukuran bulirnya, sifat magnetik suatu bahan dibagi dalam empat kategori, yaitu domain jamak atau *multidomain* (MD), *single domain* (SD), *pseudo single domain* (PSD) dan *superparamagnetik* (SP). Bulir MD cenderung mudah untuk termagnetisasi dibandingkan dengan bulir SD, hal ini disebabkan karena adanya pergeseran posisi dinding domain dalam bulir MD. Oleh karena itu, bulir MD merupakan pembawa remanen magnetisasi yang kurang stabil dibandingkan dengan bulir SD. Bulir SD memerlukan medan magnetik yang cukup tinggi untuk mengubah arah momen magnetiknya. PSD merupakan bulir berdomain jamak namun memiliki sifat seperti bulir SD. Bulir SP mempunyai ukuran sangat halus yaitu kurang dari $0,03 \mu\text{m}$ (Dearing, 1999) serta tidak dapat merekam magnetisasi remanen jika medan magnetik dikenakan sebelum mangannya kemudian dihilangkan, seperti halnya bahan paramagnetik. namun demikian, jika dikenakan pada medan magnetik luar, bulir SP menunjukkan magnetisasi yang sangat tinggi, yang terkait dengan suseptibilitas magnetik yang tinggi pula. Perubahan perbandingan bulir SP diantara bulir yang lain pada batuan, tanah, ataupun sedimen diduga merupakan gambaran dari perubahan yang terjadi pada lingkungan.

Informasi mengenai keberadaan bulir SP ini dapat diperoleh melalui pengukuran suseptibilitas magnetik pada dua frekuensi yang berbeda yaitu

pada keadaan *low field Susceptibility* (χ_{lf}) pada 0,47 kHz dan *high field susceptibility* (χ_{hf}) pada 4,7 kHz. Hal ini disebabkan sifat bulir SP yang peka terhadap perubahan frekuensi. Penurunan nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi tinggi diduga bahwa ukuran kristal yang terdapat didalamnya $<0,03\mu\text{m}$ (superparamagnetik). Perbedaan relatif antara nilai suseptibilitas yang diukur pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi disebut suseptibilitas bergantung frekuensi atau dikenal sebagai parameter *frequency dependent susceptibility* (χ_{fd}). χ_{fd} dapat dipresentasikan sebagai suseptibilitas magnetik per satuan massa (χ_{fd}).

$$\chi_{fd} \% = \frac{\chi_{lf} - \chi_{hf}}{\chi_{lf}} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan χ_{lf} adalah suseptibilitas persatuan massa pada frekuensi rendah. χ_{hf} adalah suseptibilitas persatuan massa frekuensi tinggi (Dearing, 1996). Persentase χ_{fd} menunjukkan ada tidaknya butir SP pada suatu bahan dapat dilihat pada Tabel 5.

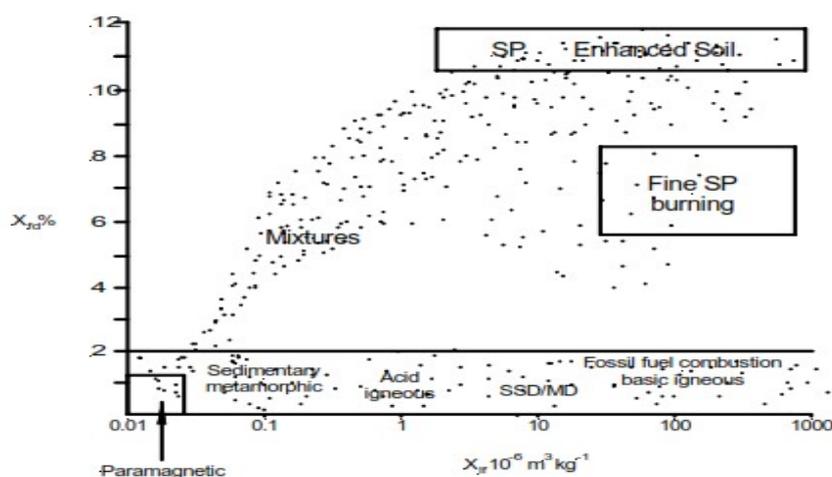
Tabel 5. Interpretasi nilai χ_{fd} (J. Dearing, 1999)

χ_{fd}	Persentase	Keterangan
<i>Low</i> χ_{fd} %	< 2 %	Hampir tidak ada butiran SP
<i>Medium</i> χ_{fd} %	2 – 10 %	Campuran SP dan butiran kasar, atau butiran SP $<0,05 \mu\text{m}$
<i>High</i> χ_{fd} %	10 – 14 %	Hampir semua butir SP
<i>Very high</i> χ_{fd} %	> 14 %	Pengukuran yang salah, anisotropi, sampel lemah atau kontaminasi

Pada tabel 5 terlihat empat pembagian yang masing-masing dikategorikan kedalam rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Nilai suseptibilitas frekuensi dependen dengan persentase dibawah dua persen

dengan tidak terdapat butiran superparamagnetik. Butiran *superparamagnetik* merupakan nanopartikel magnetik yang terdapat didalam ferrimagnetik atau ferromagnetik. Nilai suseptibilitas frekuensi dependen yang paling tinggi dengan persentase lebih dari 14%.

Untuk memperlihatkan hubungan *low field susceptibility* (χ_{lf}) dengan *frequency-dependent susceptibility* (χ_{fd}) dapat dilihat Gambar 3.

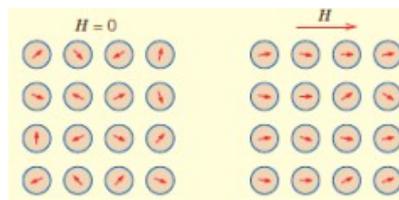


Gambar 3. Grafik hubungan χ_{lf} – χ_{fd} (Dearing, 1999).

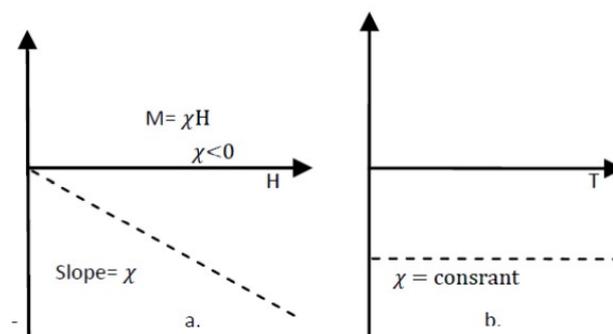
Gambar 3 memperlihatkan hubungan *low frequency susceptibility* (χ_{lf}) dengan *frequency-dependent susceptibility* (χ_{fd}). Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa setiap variasi domain dan sumber sampel yang berbeda dan memiliki nilai (χ_{fd}) yang berbeda pula. Sampel yang mengandung mineral *superparamagnetik* menunjukkan nilai yang sedikit lebih rendah ketika diukur pada frekuensi tinggi, karena butiran *superparamagnetik* bergantung pada frekuensi, sampel tanpa mineral *superparamagnetik* menunjukkan nilai suseptibilitas yang identik pada kedua frekuensi (Dearing, 1999).

1. Paramagnetik

Bahan paramagnetik merupakan bahan yang sedikit dapat ditarik oleh medan magnet dan mempunyai nilai suseptibilitas magnetik positif yang sangat kecil. Suseptibilitas magnetik pada bahan paramagnetik akan mengalami penurunan jika suhu yang diterima oleh bahan semakin tinggi. Bahan ini mempunyai dipol magnet permanen, sehingga momen magnetnya acak bila tidak dipengaruhi medan luar. Akan tetapi, jika dikenai medan eksternal, sebagian momen magnet akan menjadi searah dengan medan magnet eksternal tersebut dilihat pada Gambar 4. Contoh bahan ini adalah Oksigen, Sodium, Aluminium, Tungsten, Gadolinium, Platinum dan Titanium (Smith, 1993).



Gambar 4. Momen magnetik bahan paramagnetik tanpa medan eksternal ($H = 0$) dan dengan medan eksternal (H) (Callister dan Rethwisch, 2009)



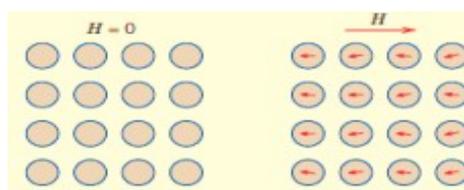
Gambar 5. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan $\chi < 0$., b) Suseptibilitas (χ) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik (Hunt, 1991).

Gambar 5 menunjukkan nilai suseptibilitas pada bahan diamagnetik kecil dan bernilai negatif, yaitu sekitar -1×10^{-5} dalam satuan internasional

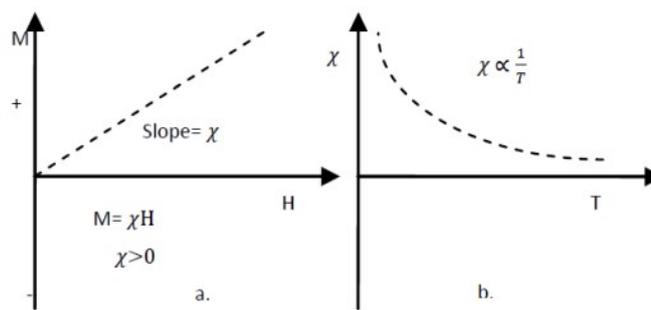
(SI) (Jiles, 1991). Temperatur konstan dan medan magnet yang lemah, nilai suseptibilitas akan bernilai konstan. Kondisi ini disebut keadaan linear, dimana H berbanding lurus terhadap M .

2. Diamagnetik

Bahan diamagnetik adalah bahan yang terdiri dari atom yang memiliki total momen magnetik permanen sama dengan nol. Bahan diamagnetik mempunyai kepekaan yang negatif dan lemah terhadap medan magnet. Setiap atom mempunyai elektron orbital dan hampir semua spin elektron berpasangan, sehingga bahan tidak menarik garis gaya dan memiliki bahan diamagnetik permeabilitas (Puryanti, 2013). Bahan diamagnetik memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang negatif sangat kecil. Apabila dikenai medan magnet luar akan mengalami induksi magnetik yang lemah dan arahnya berlawanan dengan medan magnet luar. Bahan yang termasuk dalam diamagnetik diantaranya: *Bismuth*, *Gold*, *Silver*, *Water*, *Hydrogen*, *Copper*, dan *Carbon dioxide* (Griffith, 1989).



Gambar 6. Momen magnetik bahan diamagnetik tanpamedan eksternal ($H = 0$) dan dengan medan eksternal(H) (Callister dan Rethwisch, 2009)

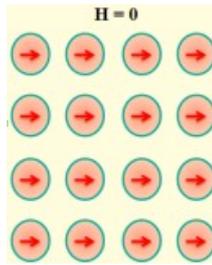


Gambar 7. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap Medan Magnet (H) yang diberikan dan $\chi > 0$. b) Suseptibilitas (χ) Tergantung pada Temperatur (T) untuk Bahan Paramagnetik (Hunt, 1991).

Gambar 7 menunjukkan nilai suseptibilitas pada bahan paramagnetik bernilai positif dan sangat kecil yaitu berkisar antara 1×10^{-5} dan 1×10^{-3} (SI). Seperti halnya mineral diamagnetik, suseptibilitas magnetik pada mineral paramagnetik konstan pada temperatur konstan dan pada medan induksi yang rendah, sehingga pada temperatur tertentu dan di dalam medan magnet yang rendah, M berbanding lurus terhadap H .

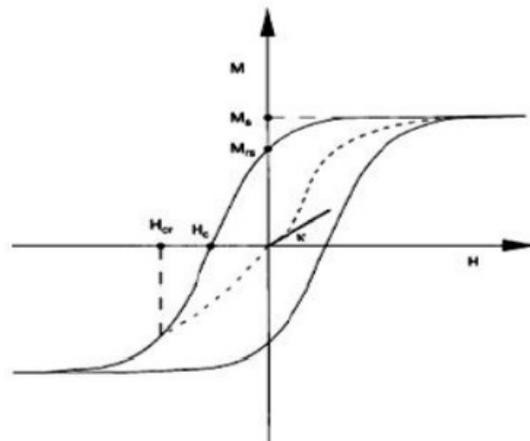
3. Feromagnetik

Bahan feromagnetik merupakan bahan yang mengalami gejala magnetisasi spontan tanpa pengaruh medan magnet eksternal. Bahan ini memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang positif dan besar terhadap medan magnet eksternal. Selain itu, bahan feromagnetik memiliki momen dipol yang relatif kuat. Gaya antar atom menyebabkan momen ini memiliki arah yang sejajar dalam suatu daerah yang terdiri dari banyak atom, daerah ini disebut sebagai *domain*.



Gambar 8. Momen magnetik bahan feromagnetik tanpa medan eksternal (H) (Callister dan Rethwisch, 2009)

Bahan yang termasuk dalam golongan feromagnetik adalah logam transisi seperti Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni) dan paduan dari beberapa logam. Gejala magnetisasi terjadi hanya di bawah temperatur tertentu yaitu temperatur transisi Feromagnetik, yang biasa disebut dengan temperatur *Curie*. Temperatur tersebut tergantung pada bahan, tetapi nilainya berorde sekitar 1000 K (Kittel, 1996). Saat di atas temperatur *Curie*, gerak termal acak sudah cukup besar untuk merusak keteraturan penyearahan bahan ini dan akan mengubahnya menjadi bahan paramagnetik (Tipler, 2001).



Gambar 9. Kurva histerisis untuk bahan feromagnetik (Jiles, 1991).

Gambar 9 memperlihatkan apabila sebuah bahan diberikan medan magnet, maka akan di peroleh magnetisasi saturasi (M_s) yaitu magnetisasi

konstan walaupun medan magnet ditambahkan terus menerus, sedangkan jika medan magnet dikurangi hingga mencapai nol, didapatkan bahwa magnetisasinya berada pada saturasi remanen (M) dan tidak kembali ke nol. Jika diberikan medan magnet pada arah yang berlawanan, maka pada titik tertentu diperoleh induksi magnetiknya menjadi nol. Medan pada titik ini disebut koersivitas (H_c) yaitu gaya yang dimiliki oleh bulir-bulir mineral yang terdapat di dalam bahan untuk mempertahankan momen-momen magnetiknya dari pengaruh medan luar. Karakteristik yang lain adalah koersivitas remanen 18 (H_oR) yang terjadi jika medan diberikan dan kemudian dihilangkan sehingga saturasi remanen akan berkurang menjadi nol.

D. Penelitian Relevan

Rifai (2010) mengekstraksi mineral magnetik pada *Methanol-Soap Bathed Muds* di desa Porong Sidoarjo Jawa Timur. Ekstraksi ini dilakukan dalam rangka memisahkan mineral magnetik dari lumpur dan mineral lainnya, sehingga didapatkan mineral magnetik murni tanpa merusak bulir yang ada. Pada paper ini akan dibahas suatu metode ekstraksi yang disebut dengan metode *methanol-soap bath*. Pada metoda ini sebagai pengganti penggerusan, lumpur yang diekstrak dicuci dengan campuran sabun dan methanol. Pencucian dengan campuran sabun-methanol bertujuan untuk menghilangkan ikatan antara mineral magnetik dengan mineral non-magnetik. Keuntungan menggunakan metode ini adalah bahwa bulir magnetik yang didapatkan tidak mengalami kerusakan serta waktu yang dibutuhkan lebih cepat. Untuk membuktikan keberadaan mineral magnetik

dalam conto yang sudah diobservasi dengan metode kemagnetan batuan sama dengan hasil ekstraksi maka mineral magnetik hasil ekstraksi tersebut diukur dengan metode lain yaitu metode XRD dan SEM-EDAX. Ternyata dari hasil pengukuran dengan XRD dan SEM juga didapatkan mineral magnetik dari jenis oksida besi dan sulfide besi. Dengan demikian metode methanol-soap bath ini secara efektif dapat digunakan untuk mengekstrak atau memisahkan mineral magnetik dari mineral non-magnetik.

Carmargo (2014) mengkaji Mineralogi Lempung dan Suseptibilitas Magnetik Oksisol. Daerah yang diteliti terletak di timur laut Negara Bagian Sao Paulo, Brasil, di kotamadya Guariba. Penelitian ini mengambil sampel tanah setiap 25 m di sepanjang transek yang terletak di dalam area di mana permukaan geomorfik diidentifikasi dan dipetakan. Transek menempati bagian tengah dari 500 ha, di mana transek juga diambil sampelnya untuk tujuan kepadatan dengan satu sampel per enam hektar. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,0-0,2 m. Hasil analisis kerentanan fisik, kimia, mineralogi, dan magnetik dilakukan analisis statistik dan geostatistik. Sifat mineral lempung dan suseptibilitas magnet tergantung pada variasi bahan induk tanah. Nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi dikaitkan dengan keberadaan maghemite dan magnetit berukuran kasar. Variabilitas spasial kristalinitas dan kandungan Oksida *Fe*, serta kerentanan magnetik, tergantung pada usia permukaan geomorfik. Permukaan termuda memiliki variabilitas spasial yang lebih besar dari atribut ini. Oksida besi (Hematit) dan Aluminium (Gibbsit) pada

permukaan geomorfik termuda mempengaruhi nilai kerapatan tanah yang rendah dan nilai volume pori total, mikropori dan adsorpsi P yang tinggi. Karakterisasi variabilitas spasial Oksida *Fe* dan kerentanan memungkinkan untuk penggambaran daerah homogen.

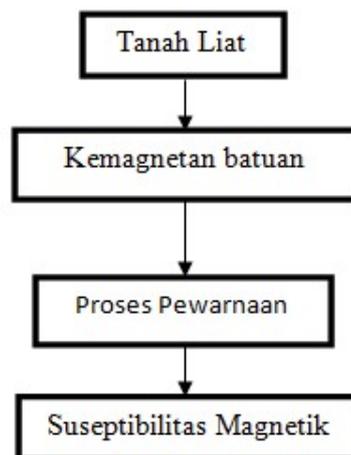
Dwiatmoko (2018) mengidentifikasi Karakteristik dan Jenis Mineral Lempung dalam Pemanfaatan Bidang Industri di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Lempung Mataraman terdapat dalam kondisi geologi dengan morfologi dataran bergelombang, sebagai endapan alluvial di *Quarter Alluvium (Qa)* dengan struktur geologi monoklin. Lempung dengan karakteristik fisik berwarna putih, liat elastis mudah dibentuk dan bercampur dengan pasir serta krikil. berupa kuarsit. Berdasarkan hasil analisis, jenis mineral lempung yang dijumpai adalah Kaolint, Mika dan Kuarsa. Lempung tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan gerabah. Lempung tersebut tidak dapat digunakan dalam industri lain seperti farmasi, kosmetik dan kertas karena tidak memenuhi persyaratan kadar kimia.

Aulia(2020) menganalisis Nilai Suseptibilitas Tanah Permukaan Sebagai Indikator Longsor Di Bukit Karan Padang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah (χ_{LF}) berkisar antara $120,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ dan $458,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ dengan rata-rata $208,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Dari range nilai χ_{LF} tersebut diperkirakan bahwa mineral magnetik yang terkandung dalam sampel bersifat Paramagnetik dan Ferimagnetik dengan jenis mineralnya adalah Hematit (Fe_2O_3). Grafik hubungan antara nilai suseptibilitas magnetik

terhadap χ_{FD} (%) menunjukkan bahwa hampir keseluruhan sampel memiliki nilai χ_{FD} (%) antara 2,00% - 10,0%.

E. Kerangka Berpikir

Tanah liat diukur nilai suseptibilitas magnetiknya menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* tipe MS2B untuk mengetahui nilai mineral magnetik serta menghitung nilai massa jenis pada tanah liat. Pengukuran ini dilakukan sebelum dan sesudah proses pewarnaan pada batik agar didapatkan pengaruh suseptibilitas terhadap kualitas warna, dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kerangka Berpikir

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa menunjukkan perubahan nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pewarnaan yang tertinggi pada sampel CL-GR-210422 yaitu $887,0 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ menjadi $769,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pewarnaan yang terendah pada sampel CL-SPPS-210314-2 yaitu $7,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ menjadi $7,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas yang mengalami kenaikan yaitu pada sampel CL-SPPS-210314-1, CL-STG-210326, CL-PYKLN-210421-1, CL-PYKLN-210421-2A, CL-PYKLN-210421-2B , CL-PSBSJJ-210421, CL-TJGGDG-210422, CL-GBP-210422, dan CL-PLDG-210422 sedangkan yang mengalami penurunan pada sampel CL-SPPS-210314-2 dan CL-PSBSJJ-210421. Perubahan nilai suseptibilitas sebelum dan sesudah proses pawarnaan kain disebabkan oleh perbedaan jumlah distribusi mineral magnetik yang berada di dalam sampel.

B. Saran

Berdasarkan penelitian disarankan tanah liat yang memiliki warna yang bagus sebagai pewarnaan pada kain tanah liat pada daerah Kabupaten Solok, Sijunjung, dan Lima Puluh Kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Amijaya, Muhammad Dody, dan Andri Prastiwi. 2013. *Pengaruh kualitas audit terhadap manajemen laba*. Diponegoro Journal Of Accounting, 2 (3): 1-13.
- Aulia, Putri, dan Afdal. 2020. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Permukaan sebagai Indikator Longsor Di Bukit Karan Padang*. Jurnal Fisika Unand: UNAND
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006. *Sifat Fisika Tanah dan Metode Analisisnya*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. 283 halaman.
- Borradaile, Graham. 2003. *Statistic of Earth Science Data*. Canada: Lakehead University.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. 2009. *Materials Science and Engineering An Introduction*. Eighth Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Carmargo. 2014. *Clay mineralogy and magnetic susceptibility of Oxysols*. Brasil: State University of So Paulo/FCAV.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk hidup*. Universitas Indonesia Press: Jakarta.
- Daryanti, N.Y, dkk. 2018. *Suseptibilitas Magnetik dan Kelimpahan Mineral Magnetik pada Tanah Sawah di Lawang dan Soekarno-Hatta, Malang*. Malang: JPSE.
- Dearing, J.1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Dewi, Bella Fortunella. 2018. *Karakterisasi Jenis Tanah Dan Kandungan Air Menggunakan Metode Induksi Medan Magnet*. Bandung: Universitas Telkom.
- Dhani. 2021. *Suseptibilitas Magnetik Tanah Sebagai Indikator Bencana Longsor Daerah Sitinjau Lauik*. Padang: Unand.
- Dwiatmoko, Marselinus Untung. 2018. *Identifikasi Karakteristik dan Jenis Mineral Lempung dalam Pemanfaatan Bidang Industri Di Kecamatan Mataram Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan*. Kalimantan Selatan: Universitas Lambung Mangkurat.
- Edi, Tri. 2015. *Mengenal Tanah dan Mencegah Kerusakan Tanah*. Surabaya: Tim Paramitra Puji Utama.

- Effendi, F. 2018. *Identifikasi Bulir Superparamagnetik Sebagai Prekursor Longsor Di Daerah Bukit Lantiak Kecamatan Padang Selatan Kota Padang*. Padang: Unand.
- Fatmawaty dan Hidayat, J. 2014. *The art and sustainable aspects of natural dyeing in KANAWIDA Hand Drawn Batik (Green Batik)*. Iptek, Journal of Proceeding Series, Vol.1.
- Griffith, David J. 1989. *Introduction to Electrodynamics*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliff's.
- Gunawan, H., dan Budiman, A. 2014. *Penentuan Persentase dan Nilai Suseptibilitas Mineral Magnetik Bijih Besi yang Berasal dari Tiga Lokasi Tambang Bijih Besi di Sumatera Barat*. Jurnal Fisika Unand, 3(4), 249- 254.
- Hanafiah, K. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook from the Environmental Magnetism Workshop*. Minneapolis: University of Minnesota.
- Hunt, C. P. 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. Minneapolis: University of Minnesota.
- Holtz, R. D. dan Kovacs, W. D. 1981. *An Introduction to Geotechnical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall. ISBN: 0134843940.
- Isra, Nur. 2019. *Karakteristik Ukuran Butir Dan Mineral Liat Tanah Pada Kejadian Longsor (Studi Kasus: Sub Das Jeneberang)*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Jiles, D. 1991. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Jordanova, Neli. 2017. *Soil Magnetism Applications in Pedology, Environmental Science and Agriculture*. Bulgarian Academy of Sciences: Sofia Bulgaria.
- Kanisius, Rachman Sutanto. 2005. *Ilmu Tanah, Konsep dan Kenyataan*. Yogyakarta.
- Kant, R. 2012. *Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard*, Open Access journal Natural Science, 4(1), Article ID :17027, 5 pages, DOI: 10.4236/ns.2012.41004.
- Kartasapoetra, A. G, dan Sutedjo, M. 2010. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kittel, Charles. 1996. *Introduction To Solid State Physics Seventh Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

- Kristie, H.J dan Budiman A. 2021. *Karakteristik Sifat Fisis Tanah Daerah Potensi Longsor di Jalan Raya Sumbar Riau Nagari Koto Alam, Sumatera Barat*. Padang: Unand.
- Mariana, Z.T. 2012. *Penuntun Praktikum Fisika Pertanian*. Madura: Universitas Trujoyono.
- Naldi, F dan Budiman, A. 2018. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas sebagai Indikator Bencana Longsor di Bukit Sula Kecamatan Talawi Kota Sawahlunto*. Padang: UNAND.
- Norton.1956. *Ceramic For The Artist Potter*. Boston: Addison Wesley Publishing Company, Inc.
- Omar, M.A. 1975. *Elementary Solid State Physics*. Boston: Addison Wesley Publishing Company.
- Poerwowidodo. 1991. *Genesa Tanah Proses Genesa dan Morfologi Jilid II*. Jakarta: CV Rajawali.
- Puryanti, Dwi. 2013. *Identifikasi Pencemaran Air Permukaan Sungai By Pass Kota Padang Dengan Metode Suseptibilitas Magnet*. Jurnal Ilmu Fisika. 5 (2): 65-71.
- Ramanto, Muzni. 2007. *Pengetahuan Bahan Seni Rupa dan Kriya*. Padang: UNP Press.
- Rangkuti, B.I dan Budiman A. 2019. *Analisis Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas sebagai Parameter Kesuburan Tanah pada Lahan Pertanian*. Padang: UNAND.
- Rifai, Hamdi., Erni, Irvan. 2010. *Ekstraksi Magnetik pada Methanol-Soap Bathed Mud*. FMIPA. Universitas Sriwijaya.
- Santoso, D., Purnomo. 2000. *Management of Phosphorus and Organic Matter on an acid soil in Jambi, Indonesia*. J. Tanah dan Iklim 18: 64-72.
- Santoso, U. 2006. *Antioksidan*. Yogyakarta: Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Sartohadi, Junun. 2014. *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Schon, J. H., 1996. *Physical properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics dalam Helbig, K dan Treitel, S., Eds, Handbook of geophysical exploration, Seismic exploration, 18, Pergamon, The Netherlands*.
- Skempton, A.W. 1953. *The Colloidal "activity" of clays*. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering 3, Zurich Preceedings Vol.1.

- Smith, William F. 1993. *Foundations of Material Science and Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Subekti. 2010. *Pengukuran Anisotropi Suseptibilitas Magnetik. Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Suprihatiningsih. 2016. *Ketrampilan Tata Busana di Madrasah Aliyah*. Yogyakarta: Deepublish.
- Telford, W.M., L.P. Geldart, R.E. Sheriff & D.A. Keys. 1990. *Applied Geophysics*. London : Cambridge University Press.
- Tipler, Paul A. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Tehnik Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Topp, G. C., dan P. A. (T.Y) Ferre. 2002. *The Soil Phase. Methods of Soil Analysis*. Part 4. Physical Methodes. SSSA Book Series. No 5. Soil Science Society of America, Madison, WI 53711, USA. 1.692 p.
- Wahyu Sejati. 2009. *Laju Infiltrasi Tanah Pada Tegakan Jati (Tectona Grandis Linn F) Di BKPH Subah KPH Kendal Unit I Jawa Tengah*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yumatra, Yardini. 1986. *Keramik (Pendidikan Keterampilan SMTA)*. Bandung: Angkasa Bandung.