

**IDENTIFIKASI JENIS MINERAL MAGNETIK TANAH LIAT
SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN
MENGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



OLEH:

**REZA SRI MARDAYANI
NIM:17034053**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

**IDENTIFIKASI JENIS MINERAL MAGNETIK TANAH LIAT
SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN
MENGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION**

Nama : Reza Sri Mardayani
NIM : 17034053
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

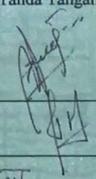
Nama : Reza Sri Mardayani
NIM : 17034053
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**IDENTIFIKASI JENIS MINERAL MAGNETIK TANAH LIAT
SEBELUM DAN SESUDAH PROSES PEWARNAAN KAIN
MENGUNAKAN X-RAY DIFFRACTION**

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 "Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Tanah Liat Sebelum dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan *X-Ray Diffraction*" 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



Reza Sri Mardayani
NIM. 17034053

HALAMAN PERSEMBAHAN

Paling utama sekali, puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia yang telah diberikan sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini dan 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.

Saya persembahkan kepada kedua orangtua, kakak dan adik serta keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta mendoakan agar selesainya skripsi ini dan telah memberikan jalan dan arah yang terbaik untuk apapun yang saya lakukan.

Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Tanah Liat Sebelum dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan *X-Ray Diffraction*

Reza Sri Mardayani

ABSTRAK

Tanah liat berasal dari proses pelapukan kulit bumi. Di Sumatra Barat tanah liat sudah dikembangkan sebagai bahan industri salah satunya sebagai pewarna alami batik, sehingga batiknya disebut dengan batik tanah liat. Tanah liat memiliki jenis mineral yang berbeda-beda dan efek warna yang berbeda pula, namun belum ada yang menggunakan tanah liat berdasarkan kepada mineral magnetiknya dan melihat perubahan mineral magnetik akibat proses pewarnaan kain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis mineral magnetik pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain.

Sampel tanah liat diambil dari lima daerah di Sumatra Barat yaitu Padang Pariaman, Lima Puluh Kota, Sijunjung, Solok, dan Pesisir Selatan dengan jumlah 9 sampel. Sampel dari hasil ekstraksi tanah liat diselidiki menggunakan *X-Ray Diffraction*, dimana pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah proses pewarnaan pada kain.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa jenis mineral magnetik dan sistem kristal yang terdapat pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di Sumatra Barat pada daerah Padang Pariaman, Lima Puluh Kota dan Sijunjung yaitu *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dengan sistem kristal *Tetragonal*, daerah Solok yaitu *Magnetite* (Fe_3O_4) dengan sistem kristal *Cubic*, *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan *Ilmenite* (FeTiO_3) dengan sistem kristal *Hexagonal*, dan Pesisir Selatan yaitu *Magnetite* (Fe_3O_4) dan *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Berdasarkan data tersebut didapatkan bahwa jenis mineral magnetik sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain tidak mengalami perubahan atau tetap.

Kata Kunci: Tanah liat, Jenis Mineral, XRD, Batik Tanah Liat dan Pewarnaan Kain.

Identification of Clay Magnetic Mineral Types Before and After Fabric Dyeing Process Using X-Ray Diffraction

Reza Sri Mardayani

Abstract

Clay comes from the weathering process of the earth's crust. In West Sumatra, clay has been developed as an industrial material, one of which is a natural dye for batik, so the batik is called clay batik. Clay has different types of minerals and different color effects, but no one has used clay based on its magnetic minerals and has seen changes in magnetic minerals due to the dyeing process. This study aims to determine the types of magnetic minerals in clay before and after the fabric dyeing process.

Clay samples were taken from five areas in West Sumatra, namely Padang Pariaman, Lima Puluh Kota, Sijunjung, Solok, and Pesisir Selatan with a total of 9 samples. Samples from clay extraction were investigated using X-Ray Diffraction, where measurements were taken before and after the dyeing process on the fabric.

The identification results show that the types of magnetic minerals and crystal systems found in clay before and after the staining process in West Sumatra in the Padang Pariaman, Lima Puluh Kota and Sijunjung areas are Maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) with a Tetragonal crystal system, the Solok area is Magnetite (Fe_3O_4) with Cubic crystal system, Maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) and Ilmenite (FeTiO_3) with Hexagonal crystal system, and the Pesisir Selatan areas are Magnetite (Fe_3O_4) and Maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Based on these data, it was found that the types of magnetic minerals before and after the dyeing process did not change or remain.

Keywords: Clay, Mineral Type, XRD, Clay Batik and Fabric Coloring

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur diucapkan kehadirat Alloh SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul **“Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Tanah Liat sebelum dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan X-Ray Diffraction”**. Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Terapan (Dr. Hamdi, M.Si) dengan judul **Estimasi Potensi Mineral Magnetik Pasir Besi Sumatra Barat Menggunakan Kemagnetan Batuan** dengan nomor kontrak 1617/UN35.13/LT/2020 dan 940/UN35.13/LT/2021. Penulisan proposal penelitian ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga sangat diharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun dan membantu.

Penyelesaian skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu, diucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hamdi, M.Si., selaku Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Ibu Syafriani, M.Si, P.hD., selaku Ketua Prodi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan sebagai penguji, sekaligus memberikan masukan yang sangat berharga.

3. Ibu Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si., sebagai penguji, sekaligus memberikan masukan yang sangat berharga.
4. Ibu Fadhila Ulfa Jhora, S.Pd, M.Si selaku Pembimbing Akademik
5. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Seluruh *Magnetic Team*; Riza Rahmayuni, Dwi Anisa Visgun, Annisa Rahmi, Ardilla Nofri Yuwanda, Fajar Akmal, Ihsan Junira Prasetyo, Ronal Febariansah, Shandiyano Putra, Ella Destari Ningsih, Helmita, Muhammad Ryan Fadila, Nadifa Salsabila Rifiana, Nadya Fitra Kurnia, Azmi Renaldi, Ririn Febrianti, Nurmala Dewi Siregar, Karin Yulfiarti, Reni Fitria, dan Fiska Arianti yang telah banyak memberikan bantuan dan semangat. Semoga kita sama-sama sukses untuk kedepannya.
8. Rekan-rekan seperjuangan Dendy, Risa, Adya dan Risqa yang telah memberikan bantuan serta semangat dalam penulisan skripsi ini
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini

Padang,

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	6
KERANGKA TEORITIS	6
A. Tanah Liat	6
B. Pewarnaan kain	10
C. Kemagnetan Bahan	12
D. Mineral Magnetik.....	16
E. Kristalografi	20
F. Sinar X	22
G. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	24
H. Penelitian-Penelitian Relevan	26
I. Kerangka Berpikir.....	27
BAB III	29
METODOLOGI PENELITIAN.....	29
A. Jenis Penelitian.....	29
B. Tempat dan Waktu Penelitian	29
C. Instrumen Penelitian.....	30
D. Prosedur Penelitian.....	33
E. Teknik Pengolahan dan Interpretasi Data	40
BAB IV	42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42

A. Hasil Penelitian	42
B. Pembahasan.....	58
BAB V.....	70
PENUTUP.....	70
A. Kesimpulan	70
B. Saran.....	70
DAFTAR PUSTKA	71
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk Magnetisasi Bahan Diamagnetik	13
Gambar 2. Arah domain magnetik pada material Diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal.	13
Gambar 3. Bentuk magnetisasi pada bahan Paramagnetik	14
Gambar 4. Bentuk magnetisasi pada bahan Ferromagnetik.....	15
Gambar 5. Diagram fase ternary $TiO_2-FeO-Fe_2O_3$	17
Gambar 6. Bentuk-bentuk sistem kristal; sistem kubik, sistem tetragonal, sistem ortorombik, sistem rombohedral, sistem heksagonal, sistem monoklin dan sistem triklin.	21
Gambar 7. Difraksi <i>bragg</i>	23
Gambar 8. Prinsip kerja <i>X-Ray Diffraction</i>	25
Gambar 9. Kerangka berpikir.....	28
Gambar 10. Peta lokasi pengambilan sampel	29
Gambar 11. Neraca Digital (Neraca <i>Ohaus</i> SN EO271119030112).....	31
Gambar 12. <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD)	32
Gambar 13. Pengukuran koordinat	34
Gambar 14. Pengambilan sampel.....	34
Gambar 15. Ekstraksi sampel.....	35
Gambar 16. Pemasakan tanah	38
Gambar 17. Perendaman kain putih	39
Gambar 18. Pendiapan kain pada tanah liat.....	39
Gambar 19. Hasil pengukuran	41
Gambar 20. Difraktogram sebelum dan sesudah proses pewarnaan.....	41
Gambar 21. Hasil pengukuran <i>X-ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Pesisir Selatan sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain....	59
Gambar 22. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Pesisir Selatan sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain....	60
Gambar 23. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Sintoga sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain	61
Gambar 24. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Solok sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain.....	62
Gambar 25. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Solok sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain.....	63
Gambar 26. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Solok sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain.....	64
Gambar 27. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Sijunjung sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain.....	65
Gambar 28. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Lima Puluh Kota sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain	66
Gambar 29. Hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i> sampel tanah liat Kabupaten Lima Puluh Kota sebelum (a) dan sesudah (b) pewarnaan pada kain	67
Gambar 30. Difraksi <i>bragg</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi tanah liat	7
Tabel 2. Pengambilan sampel	30
Tabel 3. Data hasil pengukuran <i>X-Ray Diffraction</i>	40
Tabel 4. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	42
Tabel 5. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	43
Tabel 6. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	44
Tabel 7. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	44
Tabel 8. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	46
Tabel 9. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	46
Tabel 10. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	48
Tabel 11. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	48
Tabel 12. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	49
Tabel 13. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	50
Tabel 14. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	51
Tabel 15. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	51
Tabel 16. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	53
Tabel 17. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	53
Tabel 18. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	55
Tabel 19. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	55
Tabel 20. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral sebelum pewarnaan pada kain	56
Tabel 21. Perbandingan data hasil pengukuran dengan database mineral setelah pewarnaan pada kain	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah liat merupakan salah satu jenis tanah yang berasal dari proses pelapukan kulit bumi, berupa batuan granit dan batuan beku yang sangat lama mengakibatkan terjadi reaksi kimia sehingga menghasilkan bahan alumina dan silika serta mineral. Tanah liat tersusun dari salah satu unsur kimia yang yaitu besi (*Fe*). Kandungan besi (*Fe*) dalam tanah liat membentuk mineral magnetik yaitu *Hematite*, *Magnetite* atau *Ilmenite*. Nayak dan Sing (2007) telah mendapatkan kandungan mineral yang lebih tinggi dan kandungan karbon lebih rendah pada tanah liat daerah tambang Distrik Katni di Madhya Pradesh, India mineral magnetik yang didapatkan yaitu *Hematite*. Bambali dan Rumbino (2021) telah mendapatkan mineral magnetik *Hematite* pada tanah liat di Desa Ampera Kecamatan Alor Barat Laut, Nusa Tenggara Timur.

Mineral magnetik adalah mineral yang memiliki sifat kemagnetan yang tinggi serta dapat dimanfaatkan secara optimal dan bernilai ekonomi tinggi. Kandungan besi (*Fe*) dalam mineral *Hematite* memberikan warna merah, *Magnetite* memberikan warna coklat dan *Ilmenite* memberikan kuning (Sartohadi, 2014 : 57). Warna alami pada tanah liat, terjadi karena adanya unsur besi oksida dan unsur organik, yang biasanya akan berwarna kuning kecoklatan, coklat merah, warna karat atau coklat tua, tergantung dari besi oksida dan kotoran-kotoran yang terkandung (Hastutiningrum, 2013). Tanah liat dapat dikembangkan sebagai bahan industri yang bernilai ekonomis tinggi (Nurkhusna, 2020).

Menurut Octaviana (2019) tanah liat mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai pewarna alami pada batik. Batik tanah liat merupakan ciri khas dari Minangkabau yang berasal dari Sumatra Barat (Arssad, dkk., 2015). Proses pembuatan batik tanah liat sama dengan batik pada umumnya hanya saja proses pewarnaannya menggunakan pewarna alami dari tanah liat (Oktara dan Adriani, 2019). Warna cokelat dari batik di Kecamatan Sitiung Kabupaten Dharmasraya Provinsi Sumatra Barat berwarna berasal dari warna tanah liat. (Fajri, dkk., 2015). Warna yang dihasilkan tergantung dengan mineral yang ada pada tanah liat (Holilullah dkk, 2015). Sejauh ini, belum ada yang mengidentifikasi jenis mineral magnetik pada tanah liat sebelum dan sesudah pewarnaan kain serta melihat perubahan mineral magnetik akibat proses pewarnaan kain. Jenis mineral magnetik sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain dapat diselidiki menggunakan *X-Ray Diffraction*.

Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk mendapatkan jenis mineral magnetik. Metode XRD (*X-Ray Diffraction*) menghasilkan pola-pola difraksi yang kemudian dimanfaatkan untuk menentukan struktur kristal, komposisi kimia, ukuran kristal berdasarkan pola difraksinya, dan mengidentifikasi jenis mineral magnetik pada tanah liat.

Metode *X-Ray Diffraction* (XRD) sudah banyak digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral magnetik dari berbagai sampel, seperti : mengetahui mineral magnetik pada tanah gambut Danau Diatas Alahan Panjang Kabupaten Solok Provinsi Sumatra Barat (Afreyeni, 2020), sedimen gua di Gua Liang Luar Kabupaten Manggarai Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur (Maradelta, 2016), guano dari Gua Bau-Bau Kalimantan Timur

(Pertama, 2014), mineral magnetik pada lindi (*leachate*) (Huliselan dan Bijaksana, 2007), sedimen das brantas (Erawati dan Astuti, 2005) dan batuan granit di Geopark Merangin Provinsi Jambi (Oktamuliani, dkk. 2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa tanah liat memiliki jenis mineral magnetik, tetapi di Sumatra Barat belum diketahui jenis mineral magnetik tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain. Dengan menggunakan metode XRD ini diharapkan bisa diperoleh jenis mineral magnetik yang terkandung di dalam tanah liat pada proses pewarnaan kain yaitu sebelum dan sesudah pewarnaan kain. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai “Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Tanah Liat Sebelum dan Sesudah Proses Pewarnaan Kain Menggunakan *X-Ray Diffraction*”

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka identifikasi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah liat memiliki jenis mineral yang berbeda sehingga memberikan efek warna yang berbeda pula namun, di Sumatera Barat belum ada yang menggunakan tanah liat berdasarkan mineral magnetiknya.
2. Belum adanya dilakukan kajian mengenai jenis mineral magnetik tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain.

C. Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini akan mengidentifikasi jenis mineral magnetik yang terkandung pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain.
2. Sampel penelitian tanah liat yang berasal dari Sumatra Barat yaitu Padang Pariaman, Lima Puluh Kota, Sijunjung, Solok, dan Pesisir Selatan.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apa sajakah jenis mineral magnetik dan sistem kristal yang teridentifikasi pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain menggunakan *X-Ray Diffraction*?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengidentifikasi jenis mineral magnetik dan sistem kristal pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain menggunakan *X-Ray Diffraction*?

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai jenis mineral magnetik dan sistem kristal pada tanah liat di Sumatra Barat yang nantinya dapat digunakan untuk penelitian lanjutan sebagai informasi bagi peneliti selanjutnya.
2. Bagi penulis merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Sastra-1 (S1) Geofisika Program Studi Fisika di FMIPA,

Universitas Negeri Padang serta menambah pemahaman dan wawasan penulis mengenai penggunaan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

3. Bagi pemerintah, dapat dikembangkan sebagai salah satu sumber pemasukan daerah.
4. Bagi peneliti lain, sebagai ide dan referensi dalam pengembangan penelitian pada bidang kemagnetan batuan.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Tanah Liat

Tanah liat merupakan salah satu jenis tanah yang berasal dari proses pelapukan kulit bumi terdiri dari batuan feldspatik, berupa batuan granit dan batuan beku yang sangat lama mengakibatkan terjadinya reaksi kimia sehingga menghasilkan bahan alumina dan silika serta mineral (Ramanto, 2007 : 6; Arssad, dkk., 2015; Khoiriyah, 2015). Tanah liat termasuk ke dalam klasifikasi Alfisol atau Tanah Besi Aluminium dan mengandung material *Alumina* (Al_2O_3) dan *Silica* (SiO_2), bercampur *Potash* (K_2O) dan *Soda* (Na_2O) (Adyatami, 2020). Tanah liat bersifat lentur dan tidak tembus air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral tanah yang mendominasinya. Jika terkena air, tanah liat menjadi sangat lekat namun setelah kering, tanah menjadi keras dan pecah-pecah (Edi, 2015 : 15).

Tanah liat memiliki mineral yang mengandung leburan silika dan aluminium dengan ukuran partikel yang halus. Mineral tanah liat digolongkan berdasarkan susunan lapisan Oksida Silikon dan Oksida Aluminium yang membentuk kristalnya. Kandungan liatnya $> 35\%$, $< 40\%$ dan $\pm 65\%$ (Kartasapoetra dan Sutedjo, 2010 : 12). Ramanto (2007 : 7) juga menjelaskan bahwa tanah liat terdiri dari butiran-butiran halus, demikian halusnya mencapai ukuran dari 1 mikron (1/ 1000 mm).

Tanah liat tersusun atas berbagai macam susunan dan komposisi unsur kimia yang berbeda dari satuan tanah dengan satuan tanah yang lain. Salah satu contoh unsur kimia yang terdapat dalam tanah liat yaitu besi (*Fe*). 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, 2014 : 57).

Prameswari (2008), komposisi kimia tanah liat yang di analisa dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi tanah liat

Elemen	Nama Elemen	Konsentrasi (%)
C	Karbon	0,33
O	Oksigen	46,91
Al	Aluminium	22,05
Si	Silika	13,42
S	Sulfur	0,23
Ca	Kalium	0,21
Fe	Besi	14,78

(Sumber : Prameswari,2008)

Tabel 1 merupakan komposisi unsur dan konsentrasi yang terdapat di tanah liat, dimana unsur *O* yang terbesar dengan konsentrasi sebesar 46,91% dan yang terkecil unsur *Ca* dengan konsentrasi sebesar 0,21%.

Budie (2010) jenis utama mineral lempung ialah:

- 1) Kaolinit $Al_2 (Si_2O_5 (H_2O))$
- 2) Illit $KAl_2 (AlSi_3O_{10} (OH)_2)$
- 3) Smektit $(AlMg)_4 Si_8 O_{20} (OH)_{10}$
- 4) Klorit $(MgFe)_{6-x} (AlFe)_x Si_{4-x} Al_x (OH)_{10}$

a. Jenis-jenis tanah liat:

1) Tanah Liat Primer

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. 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*, *Quartz*, dan *Dolomite* yang biasanya terdapat di tempat-tempat yang lebih tinggi dari pada letak tanah sekunder. Pada umumnya batuan keras seperti *Basalt* dan *Andesite* akan memberikan warna merah alami pada lempung sedangkan granit akan memberikan warna putih alami pada lempung. Mineral kuarsa dan alumina dapat digolongkan sebagai jenis dari tanah liat primer karena merupakan hasil samping tanah liat *Kaolinite* yang terbentuk dari pelapukan batuan feldspatik.

Ciri-ciri tanah liat primer 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.

2) Tanah Liat Sekunder

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. Perpindahan tanah liat oleh air dan angin menyebabkan tanah liat bercampur dengan bahan-bahan organik maupun anorganik sehingga berubah sifat-sifat kimia maupun fisika tanah liat diantaranya seperti ukuran partikel-partikel yang lebih halus dan lebih plastis dari pada tanah liat primer.

Tanah liat sekunder biasanya terbentuk dari beberapa macam jenis tanah liat dan beberapa sumber. Dalam setiap sungai, endapan tanah liat dari beberapa situs cenderung bercampur. Bahan organik seperti humus dan daun busuk, Oksida Logam seperti Besi, Nikel, Titan, Mangan dan sebagainya adalah bahan pengotor.

Secara umum, tanah liat sekunder ini mempunyai ciri- ciri sebagai berikut:

- a. Mempunyai warna yang muda, yakni krem, coklat, abu-abu, merah jambu, kuning, kuning muda, kuning kecoklatan, kemerah-merahan, hingga kehitam-hitaman. Hal ini karena tanah liat sekunder ini terbentuk dalam proses yang panjang dan bercampur dengan berbagai jenis tanah lainnya dan mengendap jadi satu, serta bercampur dengan bahan-bahan pengotor, maka menghasilkan tanah liat yang berwarna terang.

- b. Mempunyai sifat cenderung berbutir halus. Tanah liat sekunder ini memiliki bentuk butiran-butiran yang halus. Mempunyai sifat plastis.
- c. Mempunyai sifat kurang murni bila dibandingkan dengan tanah liat primer.
- d. Mempunyai daya susut yang tinggi.

b. Manfaat Tanah Liat

Tanah liat digunakan terutama untuk pembuatan tembikar, ubin lantai, keramik atau porselen. Tanah liat juga digunakan untuk membuat *sanitary ware*, bahan bangunan seperti batu bata, semen, dan agregat ringan, selain itu tanah liat juga memiliki manfaat lain sebagai pewarna alami pada batik (Octaviana, 2019).

B. Pewarnaan kain

Warna adalah kesan yang diperoleh mata dari cahaya yang dipantulkan oleh benda-benda yang dikenai cahaya. Zat warna sangat diperlukan untuk menambah nilai artistik dalam memvariasikan suatu produk (Jos, dkk., 2011). Zat warna adalah senyawa yang dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga berwarna. (Jos, dkk., 2011, dan Pujilestari, 2015 : 93-106). Suatu bahan pembawa warna akan mempunyai warna yang bervariasi apabila kondisi ekstraksi dilakukan pada temperatur yang berbeda (Visalakshi dan Jawaharlal, 2013),

Menurut Hanafiah (2008) warna tanah alami terjadi karena adanya unsur Besi Oksida dan unsur organik, yang biasanya akan berwarna kuning kecoklatan, coklat, merah, warna karat, atau coklat tua, tergantung dari jumlah Besi Oksida dan kotoran-kotoran yang terkandung. Biasanya

kandungan Besi Oksida berkisar antara 2%-5% dan akan mengakibatkan tanah cenderung berwarna lebih gelap (merah atau coklat).

Menurut Rosso (2008:5) mengatakan “Bahan untuk pewarna alam itu sendiri didapat dengan cara mengekstrak bagian-bagian dari tumbuhan penghasil celup, seperti batang, kulit kayu, daun, akar-akaran, bunga, biji-bijian, buah-buahan, dan getah pohon, pengekstrakan dapat dilakukan baik pada temperatur rendah maupun tinggi dengan menggunakan air sebagai pelarut”. Pewarnaan akan menghasilkan kualitas warna yang bagus apabila menggunakan penguat warna yang disebut mordant, sebelum proses pewarnaan dilakukan proses mordanting berfungsi untuk meningkatkan daya serap kain terhadap zat warna alam serta berguna untuk menghasilkan kerataan dan ketajaman warna yang baik (Poerwowidodo, 1991).

Zat warna alam dapat diperoleh dengan membuat ekstraksi yang akan diperoleh dengan merebus tanah liat yang akan digunakan, pembuatan ekstraksi bertujuan untuk mengambil pigmen warna pada tanah liat. Pembuatan ekstrak tanah liat untuk 4 helai kain yang berukuran 15 x 15 cm, membutuhkan 1 kg tanah liat dan air 2000 ml. Menurut Lemmens (1999 : 20) proses ekstraksi dilakukan dengan merebus bahan dengan pelarut air. Sebelum tahap pencelupan kain direndam dulu selama 30 menit, setelah itu baru dicelupkan kedalam larutan ekstrak sambil dibolak-balikan secara merata. Pencelupan kain biasanya minimal 5 sampai puluhan kali pengulangan pencelupan hingga warna yang dihasilkan sesuai dengan keinginan. Hal ini sesuai dengan teori Sunaryati (2000 : 40) yang

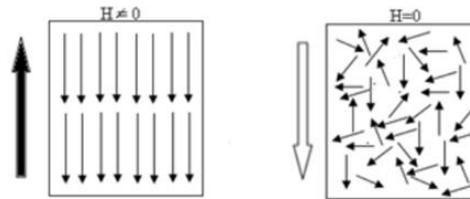
menyatakan bahwa proses pencelupan warna alam bisa dilakukan antar 5 kali sampai 30 kali sesuai dengan kepekaan waran yang diinginkan.

C. Kemagnetan Bahan

Semua bahan mempunyai sifat kemagnetan, akan tetapi kemagnetan suatu bahan berbeda antara yang satu dengan yang lainnya (Hunt, 1991). Cara yang terbaik untuk membedakan tipe mineral penyusun suatu bahan adalah dengan melihat respon bahan tersebut terhadap medan magnetik. Berbagai bahan di alam terdiri dari bermacam-macam mineral magnetik yang dapat dikelompokkan ke dalam Diamagnetik, Paramagnetik dan Ferromagnetik.

a. Diamagnetik

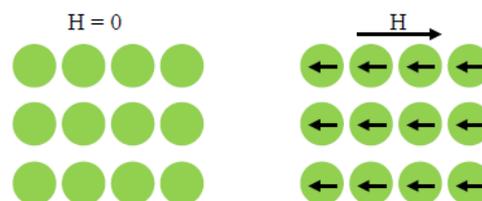
Diamagnetik merupakan mineral alam yang tidak mempunyai momen magnetik, sehingga kemagnetannya sangat lemah. Atom-atom bahan Diamagnetik mempunyai kulit elektron terisi penuh. Setiap elektron berpasangan dan mempunyai spin yang berlawanan dalam tiap pasangan, sehingga tidak mempunyai momen magnet. Jika ada medan magnet dari luar yang menginduksi bahan itu, maka elektron tersebut akan berputar dan menghasilkan medan magnet lemah yang melawan medan penginduksinya seperti yang disebutkan dalam Hukum Lenz. Oleh karena itu, bahan Diamagnetik mempunyai suseptibilitas negatif dan tidak bergantung pada medan H. Perhatikan Gambar 1 untuk melihat bentuk magnetisasi bahan Diamagnetik.



Gambar 1. Bentuk Magnetisasi Bahan Diamagnetik (Jiles, 1996)

Gambar 1 menunjukkan bahwa sebelum bahan magnetik dikenakan medan luar ($H = 0$), arah momen magnetiknya bersifat acak. Jika bahan magnetik tersebut diberikan medan luar ($H \neq 0$), yang ditandai dengan tanda panah berwarna hitam maka arah momen magnetiknya (panah putih) melawan arah medan luar yang diberikan. Tetapi setelah medan luar dihilangkan maka momen magnetiknya akan kembali acak.

Temperatur konstan dan medan magnet yang lemah, nilai suseptibilitas akan bernilai konstan. Kondisi ini disebut keadaan linear, yaitu H berbanding lurus terhadap M . Bahan Diamagnetik seperti Bismuth, Gypsum, Marmer, Kuarsa dan Garam. Konsep sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.



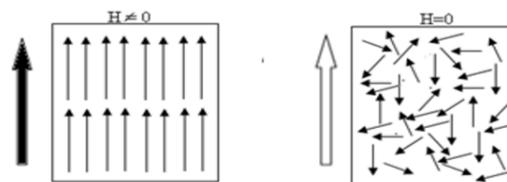
Gambar 2. Arah domain magnetik pada material Diamagnetik sebelum dan sesudah diberi medan magnet eksternal (Jiles, 1996).

Suatu material dapat bersifat magnet apabila susunan atom dalam bahan tersebut mempunyai spin elektron yang tidak berpasangan. Dalam material Diamagnetik hampir semua spin elektron berpasangan, sehingga resultan medan magnet atomik dari masing-masing atom atau molekul

adalah nol. Permeabilitas bahan ini adalah $\mu < \mu_0$ dengan suseptibilitas magnetik bahan $\chi_m < 0$ (orde 10^{-5}) (Halliday,dkk. 1989).

b. Paramagnetik

Paramagnetik terdapat dalam suatu bahan yang memiliki kulit elektron terluar yang belum penuh yakni ada elektron yang spinnya tidak berpasangan, sehingga jika terdapat medan luar, spin tersebut akan berputar dan menghasilkan medan magnet yang mengarah searah medan magnet luar. Oleh karena itu, suseptibilitas magnetik positif yang sangat kecil. Perhatikan Gambar 3 untuk melihat bentuk magnetisasi pada bahan Paramagnetik.



Gambar 3. Bentuk magnetisasi pada bahan Paramagnetik (Jiles, 1996)

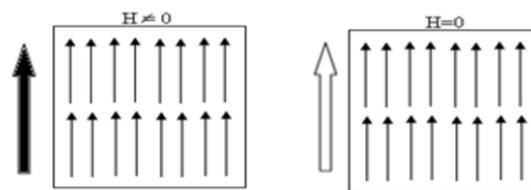
Gambar 3 menunjukkan bahwa pada saat bahan Paramagnetik dikenakan medan luar ($H \neq 0$), ditandai dengan tanda panah berwarna hitam, arah momen magnetiknya searah dengan arah medan luar. Saat medan luar dihilangkan ($H = 0$), maka momen magnetiknya akan kembali acak.

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 . Contoh

bahan Paramagnetik adalah Piroksen, Olovin, Garnet, Amfibolit dan Biotit.

c. Ferromagnetik

Pada bahan Ferromagnetik terdapat banyak kulit elektron yang hanya diisi oleh satu elektron sehingga mudah terinduksi oleh medan luar. Perhatikan Gambar 4 untuk melihat bentuk magnetisasi pada bahan Ferromagnetik.



Gambar 4. Bentuk magnetisasi pada bahan Ferromagnetik (Jiles, 1996)

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada saat bahan Ferromagnetik dikenakan medan luar ($H \neq 0$), ditandai dengan tanda panah berwarna hitam, arah momen magnetiknya searah dengan arah medan luar. Pada saat medan luar dihilangkan ($H = 0$), maka arah momen magnetiknya tetap sejajar dengan medan luar dan bahan Ferromagnetik termagnetisasi dengan baik, sehingga bahan Ferromagnetik menjadi sangat kuat.

Suseptibilitas bahan Ferromagnetik sangat besar, berbeda dengan nilai suseptibilitas pada bahan Diamagnetik dan Paramagnetik. Oleh karena itu, Ferromagnetik dicirikan dengan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas tinggi. Tidak seperti bahan Diamagnetik dan Paramagnetik, bahan ferromagnetik tidak memiliki nilai suseptibilitas yang konstan, tetapi besar nilai suseptibilitasnya bervariasi sesuai dengan medan

magnet yang mempengaruhinya. Ferromagnetik dibagi menjadi dua yaitu:

1. Antiferromagnetik

Pada bahan antiferromagnetik memiliki sub-domain paralel dan antiparalel, namun momen magnetiknya identik dengan nilai magnetisasi spontan nol (Thompson dan Oldfield, 1986). Bahan Antiferromagnetik, yaitu bahan yang mempunyai 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 diatas suhu tertentu. Suhu *Neel* adalah suhu yang menandai perubahan sifat magnet dari Antiferromagnetik ke Paramagnetik.

2. Ferrimagnetik

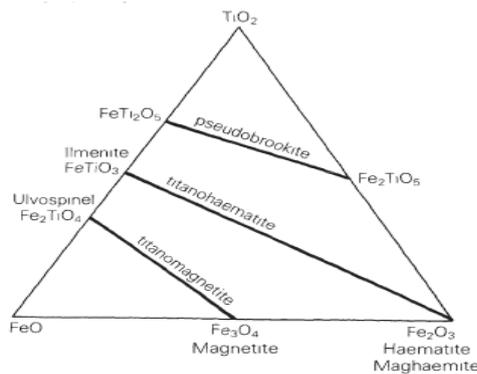
Ferrimagnetik sangat mirip dengan Ferromagnetik dan sangat sulit membedakan antara kedua sifat tersebut bahkan dengan menggunakan teknik pengukuran magnetik. Bahan Ferrimagnetik membawa remanen magnetik di bawah suhu kritis, yang disebut suhu *Curie* atau *Neel*, dan seperti Ferromagnetik akan bersifat Paramagnetik di atas suhu ini (Thompson, 1986) . Bahan Ferrimagnetik memiliki nilai suseptibilitas tinggi tetapi lebih rendah dari bahan Ferromagnetik. Beberapa contoh dari bahan ferrimagnetik yaitu *Ferriete* dan *Magnetite*.

D. Mineral Magnetik

Mineral adalah senyawa alami yang terbentuk melalui proses geologis. Menurut Noor (2012 : 3) mineral merupakan salah satu bahan padat

anorganik yang terbentuk dari unsur-unsur kimia yang terbentuk secara alamiah, dimana atom-atom di dalamnya tersusun mengikuti pola yang sistematis. Ada yang mempunyai sifat kemagnetan yang lemah (Diamagnetik), sedang (Paramagnetik) dan kuat (Ferromagnetik). Dari ketiga sifat bahan magnetik hanya untuk mineral tergolong Ferromagnetik yang disebut sebagai mineral magnetik (Bijaksana, 2002).

Beberapa mineral magnetik yang tergolong dalam Oksida Besi yaitu *Magnetite* (Fe_3O_4), *Hematite* (αFe_2O_3) dan *Maghemite* (γFe_2O_3). Mineral-mineral magnetik dari keluarga Besi Sulfida yaitu *Greigite* (Fe_3S_4) dan *Pyrrhotite* (Fe_7S_8), sedangkan yang tergolong dalam Besi Hidroksida adalah *Goethite* ($\alpha FeOOH$). Golongan Oksida Titanium merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral magnetik yang paling dominan. Golongan Oksida ini digambarkan melalui diagram segitiga (*ternary diagram*) $TiO_2-FeO-Fe_2O_3$ seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram fase *ternary* $TiO_2-FeO-Fe_2O_3$ (Butler, 1998).

Gambar 5 merupakan proses terbentuknya Oksida Besi-Titanium serta komposisi kimia mineral Oksida dengan sudut terdiri dari TiO_2 , FeO dan Fe_2O_3 . Posisi dari kiri ke kanan menunjukkan peningkatan rasio besi Fe^{3+} dan rasio besi Fe^{2+} . Posisi dari bawah ke atas mengindikasikan peningkatan

konten Ti^{4+} terhadap besi. Pada puncak segitiga hanya ditemukan Ti^{4+} saja, pada ujung sebelah kiri terdapat *Ferrous Oxide* (FeO) dengan bilangan oksidasi yaitu Fe^{2+} , sementara pada ujung sebelah kanan terdapat *Ferric Oxide* (Fe_2O_3) dengan bilangan oksida Fe^{3+} . Keluarga Oksida Titanium Besi mempunyai kecenderungan mengikuti deret -deret tertentu dalam bentuk deret *Titanomagnetite* dan deret *Titanohematite* (Butler, 1998).

Mineral yang tergolong ferromagnetik yang disebut sebagai mineral magnetik (Bijaksana, 2002). Beberapa mineral magnetik yang tergolong dalam Oksida Besi yaitu:

a. *Magnetite* (Fe_3O_4)

Magnetite merupakan salah satu mineral magnetik yang dapat dijumpai pada batuan beku, sedimen dan metamorf. Mineral magnetik *Magnetite* tergolong yang kuat (Butler, 1998). Bentuk *Magnetite* seperti kubus, berwarna hitam gelap dengan permukaan kebiru-biruan dan abu-abu sedikit coklat jika direfleksikan pada matahari. Batuannya sangat berat dan keras, tidak terbelah, tidak tembus cahaya dan menunjukkan kilauan logam. *Magnetite* bersifat Ferrimagnetik dengan temperatur *Curie* $580^{\circ}C$ dan magnetisasi $90 \text{ Am}^2/\text{kg}$ sampai $93 \text{ Am}^2/\text{kg}$. Jenis *Magnetite* dapat dilihat dari butiran yang berupa Oksida Besi (Butler, 1998).

b. *Hematite* (αFe_2O_3)

Hematite tersebar luas di sekitar alam terutama pada tanah dan sedimen. Mineral *Hematite* bersifat Ferromagnetik dengan magnetisasi $2.5 \text{ Am}^2/\text{kg}$ dan temperatur *Curie* $675^{\circ}C$ (Evan dan Heller, 2003). Sifat *Hematite* tidak tembus cahaya, mempunyai lapisan merah gelap dan dapat meleleh apabila

dipanaskan dalam larutan asam hidrolis. Pada umumnya *Hematite* berbentuk masif, massanya berisi butir-butiran, permukaannya berwarna-warni dan warna batumannya merah kecoklatan.

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

Mineral *Maghemite* memiliki rumus kimia yang sama dengan *hematite* karena kedua jenis mineral ini mirip dan terletak di posisi yang sama pada diagram *ternary*, namun tidak memiliki bentuk magnetik atau susunan kristal yang sama. *Maghemite* teroksidasi penuh dari *Magnetite*, mempunyai struktur kristal kubus dan banyak ditemukan pada tanah. Temperatur *Curie* sekitar 645°C dan magnetisasi spontan berkurang dari 480 kA/m ke 380 kA/m sehingga merupakan mineral tidak stabil (Evans dan Heller, 2003).

d. *Ilmenite* (FeTiO_2)

Ilmenite merupakan mineral magnetik yang bersifat anisotropi dengan mempunyai sifat fisik yang berbeda-beda jika dilihat pada semua keadaan. *Ilmenite* pada umumnya tersebar banyak pada batuan dan pasir dan memiliki bentuk kristal yang sama dengan *Hematite* yaitu berbentuk heksagonal.

e. *Greigite* (Fe_3S_4)

Greigite merupakan mineral sulfida besi yang ekuivalen dengan *magnetite*. Mineral ini memiliki struktur mineral kubus bersifat ferrimagnetik kuat serta memiliki magnetisasi spontan 125 kA dan temperatur *Curie* 330°C (Evans dan Heller, 2003). *Greigite* pada umumnya dapat ditemukan dalam sedimen *Lacustrine* dan *Marine*.

f. *Goethite* (αFeOOH)

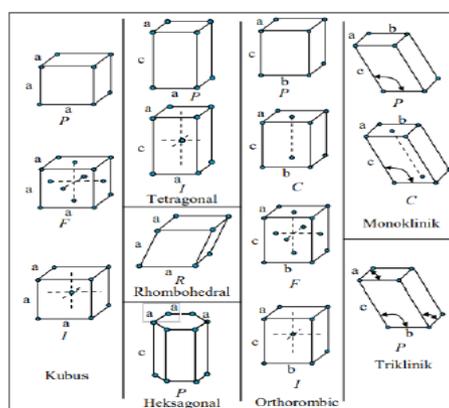
Mineral *goethite* memiliki struktur mineral heksagonal dan bersifat antiferromagnetik. *Goethite* atau *Iron Oxyhydroxide* memiliki magnetisasi spontan dengan nilai jauh lebih kecil dari *Magnetite* yaitu sekitar 2 kA/m dan temperatur *Curie* 120°C (Evans dan Heller, 2003). Pada umumnya mineral *Goethite* banyak ditemukan pada tanah dan sedimen.

E. Kristalografi

Ilmu yang mempelajari struktur kristal disebut dengan kristalografi. Kristal merupakan susunan atom-atom yang teratur dapat didefinisikan sebagai susunan yang padat dari atom-atom, yang tersusun dalam pola yang berulang (periodik) dalam ruang tiga dimensi. Perbedaan yang mendasari kristal dengan gas dan zat cair disebabkan oleh susunan atom-atom dalam gas dan cairan tidak memiliki persyaratan dalam keperiodikannya (Suud dan Hufri, 1998). Zat padat juga memiliki atom-atom yang tersebar secara acak yang dinamakan dengan amorf (kristal tak berstruktur).

Atom-atom yang tersusun secara periodik di dalam kristal terdiri dari atom-atom tunggal, dan juga terdiri dari gugusan atom-atom. Untuk menggambarkan kristal, dibuat suatu kerangka khayal dengan cara membagi ruang tiga dimensi dengan tiga kumpulan bidang, yang masing-masing kumpulan terdiri dari bidang-bidang sejajar dan berjarak sama. Dengan demikian, terjadi sel-sel prima jajaran genjang yang bentuk dan orientasinya sama. Sel-sel ini dinamakan sel satuan sedangkan panjang sisi sel satuan dinamai konstanta kisi atau parameter kisi.

Menurut Graha (1987) semua mineral mempunyai susunan kimiawi tertentu dan penyusunan atom-atom yang beraturan maka setiap jenis mineral mempunyai sifat-sifat Fisika dan Kimia sendiri. Dalam kristalografi bentuk kristal yang banyak jumlahnya dikelompokkan kedalam tujuh sistem sumbu dalam pengelompokkan bentuk kristal yaitu : kubik, tetragonal, ortorombik, rombohedral, heksagonal, monoklin dan triklin. Bentuk-bentuk kristal seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk-bentuk sistem kristal; sistem kubik, system tetragonal, sistem ortorombik, sistem rombohedral, sistem heksagonal, sistem monoklin dan sistem triklin (Sudaryatno, 2010).

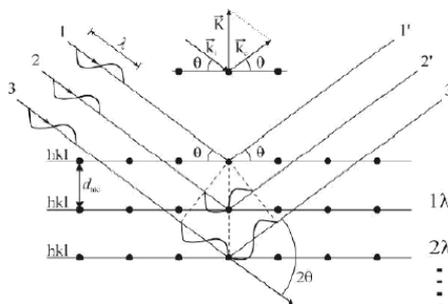
Atom-atom didalam kristal digunakan sebagai kumpulan titik-titik yang diimajinasikan mempunyai hubungan yang tetap didalam ruang dan dapat dilihat seperti rupa kerangka dimana kristal yang dibentuk. Suatu kumpulan titik-titik yang dibentuk memiliki sifat-sifat tertentu yang merupakan titik kisi yang didefinisikan sebagai titik-titik dalam ruang kristal. Orientasi suatu bidang didalam kisi dapat juga dinyatakan secara simbolik, sesuai dengan sistem notasi yang diperkenalkan oleh Miller. Bidang kisi dinyatakan dengan indek Miller (hkl). Kumpulan bidang-bidang sejajar (hkl) didalam kisi mempunyai jarak (antara) bidang d hkl yang berbeda-beda (Suud dan Hufri, 1998).

Secara kualitas tentang gaya-gaya yang bekerja antar kristal dapat disimpulkan ada dua macam gaya yang harus ada untuk kristal. Gaya-gaya tersebut adalah gaya tarik menarik dan gaya tolak menolak. Gaya tarik menarik berfungsi menjaga supaya atom-atom itu terikat bersama, sehingga tidak lepas satu sama lain. Sedangkan gaya tolak menolak bekerja sedemikian rupa sehingga atom-atom dalam kristal membentuk pola-pola bangunan tertentu yang nantinya akan membentuk unit-unit tertentu dan membentuk struktur kristal. Dengan kata lain, gaya tolak menolak berfungsi sebagai penjaga supaya struktur kristal tidak rubuh atau hancur (Suud dan Hufri, 1998).

F. Sinar X

Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 1 \AA (10^{-10} m) yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan fasa suatu material. Bila sinar X dengan panjang gelombang λ diarahkan kesuatu permukaan kristal dengan sudut datang, maka sebagian sinar dihamburkan oleh bidang atom dalam kristal. Hal ini menyebabkan kristal dapat digunakan untuk mendifraksi sinar-X dengan kisi kristal (Beiser, 1998). Berkas sinar-X yang dihamburkan dalam arah-arrah tertentu akan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan *X-Ray Diffraction* (Cullity, 1978). Fenomena interaksi dan difraksi sudah dikenal pada ilmu optik. Standar pengujian Laboratorium Fisika adalah untuk menentukan jarak antara dua gelombang dengan mengetahui panjang gelombang sinar, dengan mengukur sudut berkas sinar

yang terdifraksi. Pengujian ini merupakan aplikasi langsung dari pemakaian sinar-X untuk menentukan jarak antar atom dalam kristal.



Gambar 7. Difraksi *bragg* (beiser,1992)

Gambar 7 menunjukkan suatu berkas sinar-X dengan panjang gelombang λ , jatuh pada sudut θ pada sekumpulan bidang atom berjarak d . Sinar yang dipantulkan dengan sudut θ hanya dapat terlihat jika berkas dari setiap bidang yang berdekatan dan menempuhkan jarak sesuai dengan perbedaan kisi yaitu sama dengan panjang gelombang $n \lambda$. Menurut syarat terjadinya difraksi, beda lintasan merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang, sehingga hal tersebut dirumuskan *W.L.Bragg*

$$n\lambda = 2dhkl \sin \theta \quad (1)$$

dimana n adalah orde difraksi ($n = \text{bilangan bulat } 1,2,3\dots$), λ merupakan panjang gelombang sinar-X, d jarak antar bidang dan θ sudut difraksi.

Mengetahui fasa dan struktur material yang diamati dapat dilakukan dengan cara sederhana, yaitu dengan cara membandingkan nilai d yang terukur dengan nilai d pada data standart. Data d standart dapat diperoleh melalui *Joint Commitee On Powder Diffraction Standart (JCPDS)*. Derajat kristalinitas yaitu besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal dalam suatu material dengan membandingkan luasan kurva kristal dengan total luasan amorf dan kristalit. Derajat kristalinitas dihitung menggunakan

parameter *Full Width at Half Maximum* (FWHM) hubungan antara ukuran kristal dengan lebar puncak difraksi sinar-X dapat diproksimasi dengan persamaan *Debye-Scherrer* berikut (Cullity, 1956):

$$D = K \frac{\lambda}{B \cos \theta B} \quad (2)$$

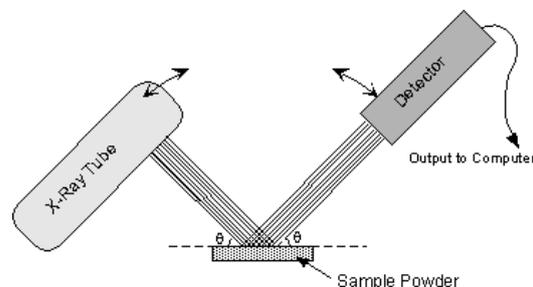
Dimana D merupakan diameter rata-rata, K merupakan faktor keadaan, B merupakan perluasan *Full Width at Half Maximum* (FWHM) puncak difraksi yang dihitung dalam radian, dan λ merupakan panjang gelombang sinar-X dan θ merupakan sudut difraksi *Bragg* (Skoog, 1998).

G. *X-Ray Diffraction* (XRD)

X-Ray Diffraction (difraksi sinar-X) merupakan salah satu metoda karakterisasi material sering digunakan hingga sekarang. Sinar-X yang digunakan adalah sinar-X monokromatik karena timbul akibat adanya proses transisi eksitasi elektron di dalam anoda. Intensitas sinar-X yang dihasilkan oleh sinar-X monokromatik jauh lebih besar, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel. Pola difraksi yang terbentuk pada sudut tertentu menyatakan karakteristik dari sampel yang dapat diidentifikasi untuk menentukan jenis mineral.

Prinsip kerja XRD terdiri dari tiga bagian utama, yaitu tabung sinar-X, tempat objek yang diteliti, dan detektor sinar-X. Sinar-X dihasilkan ditabung sinar-X yang berisi katoda memanaskan filamen, sehingga menghasilkan elektron. Perbedaan tegangan menyebabkan percepatan elektron akan menembaki objek. Ketika elektron mempunyai tingkat energi yang tinggi dan menabrak elektron dalam objek sehingga dihasilkan pancaran sinar-X. Objek

dan detektor berputar untuk menangkap dan merekam intensitas refleksi sinar-X. Detektor merekam dan memproses sinyal sinar-X dan mengolahnya dalam bentuk grafik. Prinsip kerja *X-Ray Diffraction* pada Gambar 8.



Gambar 8. Prinsip kerja *X-Ray Diffraction*

Berdasarkan metode ini makin kecil ukuran kristalin maka makin lebar puncak difraksi yang dihasilkan. Kristal yang berukuran besar dengan satu orientasi menghasilkan puncak difraksi yang mendekati sebuah garis vertikal. Kristalin yang sangat kecil menghasilkan puncak difraksi yang sangat lebar. Lebar puncak difraksi tersebut memberikan informasi tentang ukuran kristalin.

Kristalin yang kecil menghasilkan puncak yang lebar disebabkan karena kristalin yang kecil memiliki bidang pantul sinar-X yang terbatas. Puncak difraksi dihasilkan oleh interferensi secara konstruktif gelombang yang dipantulkan oleh bidang-bidang kristal. Bidang Kristal yang terdapat pada sampel akan membuat intensitas pembiasan yang dihasilkan akan semakin kuat, sehingga puncak-puncak pada pola *X-Ray Diffraction* akan semakin jelas dan setiap puncak akan mewakili satu bidang Kristal tertentu. Perbedaan intensitas yang dihasilkan dalam pengukuran terjadi karena penyebaran sinar-X selama pengukuran. Intensitas yang dihasilkan juga akan berbeda karena adanya perbedaan bidang, kisi, dan panjang kisi kristal pada setiap sudut difraksi tertentu yang menghasilkan puncak difraksi saat pengukuran.

Pada proses interferensi makin banyak jumlah interferensi maka makin sempit ukuran garis frinji pada layar. Interferensi celah banyak dengan jumlah celah tak berhingga menghasilkan frinji yang sangat terang. Jumlah celah yang sangat banyak identik dengan kristalin yang berukuran besar. Karena difraksi sinar-X pada dasarnya adalah interferensi oleh sejumlah sumber maka kita dapat memprediksi hubungan antara lebar puncak difraksi dengan ukuran kristal berdasarkan perumusan interferensi celah banyak (Abdullah dan Khairurrijal, 2010). Berdasarkan ukuran kristalin dan lebar puncak yang dihasilkan maka dapat diketahui jenis mineral magnetik pada sampel.

H. Penelitian-Penelitian Relevan

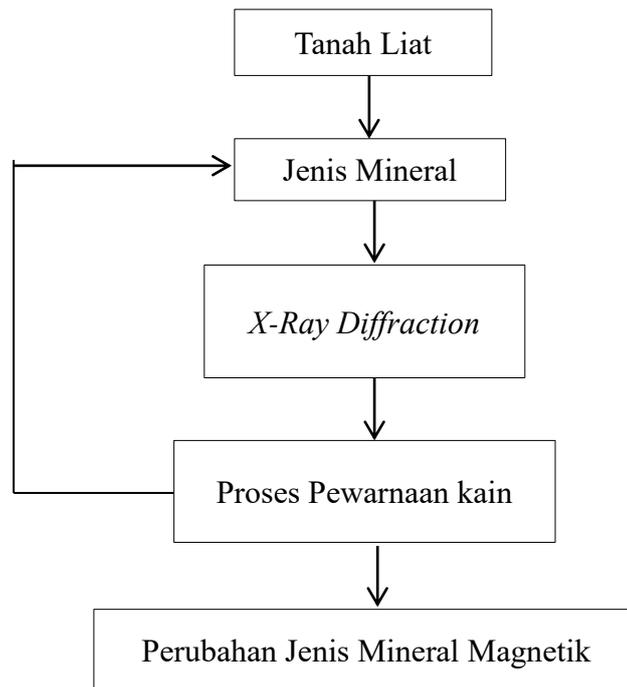
Yanti (2021) mengkaji karakterisasi dan mineral tanah liat di Lampung Barat. Penelitian ini menggunakan metode SEM, XRD, FTIR, dan TGA. Penelitian dilakukan pada 5 sampel tanah liat dengan warna berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur mikro yang beragam dan ukuran partikel mineral penyusunnya. Beberapa trombosit pseudo-heksagonal dalam berbagai ukuran muncul dengan tepi yang tidak teratur serta mineral tanah liat yang terkandung adalah *Kaolinite* dan *Haloisite*. Dwiatmoko (2018) mengidentifikasi karakteristik dan jenis mineral lempung dalam pemanfaatan bidang industri di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan. Penelitian ini menggunakan metode XRD. Hasil penelitian menunjukkan lempung mengandung mineral *Kaolinite*, *Mica* dan *Quartz*. Rahmi dan Syarief (2014) telah menyelidiki uji kualitas tanah lempung dan batu bata merah di Kelurahan Garegeh Kota Bukittinggi. Penelitian ini menggunakan metode XRD. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa tanah lempung mengandung mineral *Illite*, *Kaolinite*, *Illite-Smectite* dan *Silicon Oxide*.

Karelius dan Asi (2018) mengkaji sintesis dan karakterisasi komposit magnetik lempung putih asal Kalimantan Tengah sebagai adsorben zat warna pada limbah cair. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa Oksida Besi yang terkomposit di dalam jaringan struktur lempung putih adalah Oksida Besi fasa *Magnetite* (Fe_3O_4) berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh *Joint Committee on Powder Diffraction* (JCPDS). Nayak dan Singh (2007) telah mendapatkan tanah liat daerah tambang Distrik Katni di Madhya Pradesh, India memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dan kandungan mineral yang lebih tinggi, mineral magnetik yang didapatkan yaitu *Hematite*.

I. Kerangka Berpikir

Tanah liat ditentukan mineral magnetiknya menggunakan *X-Ray Diffraction*. Tanah liat digunakan untuk mewarnai kain sehingga menghasilkan warna tertentu. Setelah dilakukan proses pewarnaan pada kain dilihat perubahan jenis mineral magnetik pada tanah liat. Kerangka berpikir pada tanah liat dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Kerangka berpikir

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan difraktogram dan perbandingan hasil pengukuran dengan *database mineral* yang dihasilkan menggunakan *X-Ray Diffraction* dapat diketahui bahwa terdapat jenis mineral magnetik dan sistem kristal pada tanah liat di Sumatera Barat. Jenis mineral magnetik yang terkandung pada tanah liat sebelum dan sesudah proses pewarnaan di Sumatera Barat pada daerah Padang Pariaman, Lima Puluh Kota dan Sijunjung yaitu *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dengan sistem kristal *Tetragonal*, daerah Solok yaitu *Magnetite* (Fe_3O_4) dengan sistem kristal *Cubic*, *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan *Ilmenite* (FeTiO_3) dengan sistem kristal *Hexagonal*, dan Pesisir Selatan yaitu *Magnetite* (Fe_3O_4) dan *Maghemite* ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Berdasarkan data tersebut didapatkan bahwa jenis mineral magnetik sebelum dan sesudah proses pewarnaan kain tidak mengalami perubahan atau tetap.

B. Saran

Tanah liat merupakan salah satu material yang memiliki jenis mineral bermanfaat dan dapat dikembangkan sebagai bahan industri yang bernilai ekonomis tinggi salah satunya untuk pewarna alami. Penentuan jenis mineral magnetik sebaiknya juga dilakukan pada kain yang telah diwarnai dengan tanah liat, agar dapat dilihat mineral magnetik yang melekat pada kain.

DAFTAR PUSTKA

- Abdullah, M. dan Khairurijal. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data*. CV Rezeki Putra : Bandung.
- Akbar, T., dan Prastawa, W. 2019. *Karakteristik dan Implementasi Tanah Liat Di Lubuk Alung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Keramik Hias*. *JADECS*, 3(2), 67-73.
- Arssad, M., Jupriani, M. S., dan Erwin, M. S. 2015. *Studi Tentang Desain Motif Dan Teknik Batik Tanah Liat Di Sanggar Citra Monalisa Sawahan Padang*. *Serupa The Journal Of Art Education*, 3(2).
- Bambali, I. J., dan Rumbino, Y. 2021. *Karakteristik Lempung dan Pasir Pantai Sebagai Bahan Baku Gerabah di Desa Ampera Kecamatan Alor Barat Laut Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur*. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 34-42.
- Beiser, A. 1992. *Konsep Fisika Modern Edisi Keempat*. Jakarta: Gelora Akasara Pratama.
- Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik Dalam Masalah Lingkungan*. *Jurnal Geofisika*, 1, 19-27.
- Bowles, J. E. 1993. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes*. Boston: Blackwell Scientific Publication.
- Cullity, B. D. 1956. *Elements of X-ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing.
- Cullity, B. D. 1978. *Elements of X-Ray Diffraction*, Addison. Wesley Mass.
- Dearing, J. A. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using The Bartington MS2 System*. England: Chi Publishing.
- Dwiatmoko, M. U. 2018. *Identifikasi Karakteristik Dan Jenis Mineral Lempung Dalam Pemanfaatan Bidang Industri Di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Provinsi Kalimantan Selatan*. *Jurnal GEOSAPTA*, 4(2).
- Edi, Tri. 2015. *Mengenal Tanah dan Mencegah Kerusakan Tanah*. Surabaya: Tim Paramitra Puji Utama.
- Eka, A. 2016. *Analisis Pendapatan Tenaga Kerja Pada Industri Batik Tanah Liat (Tanah Liat) Di Jorong Teluk Sikai Nagari Sungai Duo Kecamatan Sitiung Kabupaten Dharmasraya* (Doctoral dissertation, STKIP PGRI SUMATERA BARAT).
- Erawati, P., dan Astuti, S. D. 2005. *Identifikasi Mineral Magnetik Pada Sedimen Das Brantas Dengan Metode Xrd Dan Sem/Edax*.
- Evans, M. dan Heller, F. 2003. *Environmental Magnetism Principle and Application of Ennvirionmagnetics*. California: Academic Press.
- Fajri, E., Erwin, M. S., dan Heldi, I. 2015. *Studi Tentang Batik Tanah Liat Citra Mandiri Kecamatan Sitiung Kabupaten Dharmasraya Provinsi Sumatera Barat*. *Serupa The Journal Of Art Education*, 4(1).

- Graha, D. S. 1987. *Batuan dan Mineral*. Nova: Bandung
- Gonggo, S. T. 2004. *Analisis sifat-sifat fisik mineral lempung sebagai bahan industri keramik*. Jurnal Eksakta, 2(1), 132-139.
- Hart, H. 1998. *Kimia Organik*. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga
- Hastutiningrum, Sri. 2013. *Proses Pembuatan Batu Bata Berpori dari Tanah Liat dan Kaca*. Yogyakarta : Institut Sains & Teknologi AKPRIND.
- Hanafiah, A. K. 2008. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Perkasa.
- Huliselan, E. K., dan Bijaksana, S. 2007. *Identifikasi Mineral Magnetik pada Lindi (Leachate)*. Jurnal Geofisika, 2.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmental Magnetism Workshop*. Minneapolis: University of Minnesota.
- Jalaluddin. 2005. *Pemanfaatan Kaolin Sebagai Bahan Baku Pembuatan Aluminium Sulfat dengan Metode Adsorpsi*. Jurnal Sistem Teknik Industri. Vol 6. Hal 71.
- Jiles. 1996. *Introduction to Magnetism and Magnetite Material*. New York USA: Chapman and Hall.
- Jos, B., Setyawan, P.E., dan Satia, Y. 2011. *Optimasi Ekstraksi dan Uji Stabilitas Phycocyanin dari Mikroalga (Spirulina platensis)*. Teknik, 33 (3): 187 - 192.
- Karelius, K., dan Asi, N. B. 2018. *Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Magnetik Lempung Putih Asal Kalimantan Tengah Sebagai Adsorben Zat Warna Pada Limbah Cair*. Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang, 9(1), 51-66.
- Kartasapoetra, A. G., dan Sutedjo, M. 2010. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta
- Khoiriyah, A. 2015. *Karakterisasi unsur tanah liat di lokasi penambangan PT Bukit Asam (Persero) Tbk. menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)*. Pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Kimia :Politeknik Sriwijaya.
- Maradelta, D. 2016. *Karakterisasi jenis mineral magnetik sedimen Gua Di Gua Liang Luar Kabupaten Manggarai Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur menggunakan metode X-Ray Diffraction (XRD)*. Pillar Of Physics, 7(1).
- Moerdoko, W. 1975. *Evaluasi Tekstil Bagian Kimia*. Bandung :Institut Teknologi Tekstil.
- Musman, A. dan Ambar B. Arini. 2011. *Batik: Warisan Adiluhung Nusantara*. Yogyakarta: ANDI OFFEST.
- Nayak, P. S., dan Singh, B. K. 2007. *Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR*. Bulletin of Materials Science, 30(3), 235-238.
- Nurkhusna, M., Affanti, T. B., dan Santoso, R. E. 2020. *Studi Kemampuan Tanah Liat Sebagai Zat Pewarna Alam Batik Pada Kain Sutra Super Dan Katun Primiissima*. TEXTURE: Art and Culture Journal, 3(1).
- Noor, Djauhari. 2012. *Pengantar Geologi*. Universitas Pakuan. Bogor.

- Octaviana, Sisca Devi. 2019. *Pewarnaan Kain Mori Menggunakan Tanah Liat Merah*. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Oktora, N. dan Adriani, A. 2019. *Studi Batik Tanah Liek Kota Padang (Studi Kasus di Usaha Citra Monalisa)*. Gorga: *jurnal seni rupa*, 8(1), 129-136.
- Oktamuliani, S., Samsidar, S., Nazri, M. Z., dan Nehru, N. 2015. *Identifikasi Mineral Pada Batuan Granit di Geopark Merangin Provinsi Jambi Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Scanning Electron Microscopy*. *Journal Online Of Physics*, 1(1), 12-17.
- Pertama, D. Y. 2014. *Identification of guano magnetic mineral types from Bau Bau cave in East Kalimantan, using x-ray diffraction (XRD)*. *PILLAR OF PHYSICS*, 4(2).
- Prameswari, B. 2008. *Studi Efektifitas Lapis Galvanis Terhadap Ketahanan Korosi pipa basa ASTM A53 didalam tanah*. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia, hlm 56
- Pujilestari, T. 2015. *Sumber dan Pemanfaatan Zat Warna Alam untuk Keperluan Industri*. *Majalah Ilmiah Dinamika Kerajinan dan Batik*, Vol. 32, No. 2, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Rahmi, A., dan Syarief, A. 2014. *Uji Kualitas Tanah Lempung dan Batu Bata Merah Garegeh Bukittinggi*. *Jurnal Riset Fisika dan Sains*, 1(1), 28-32.
- Ramanto, M. 2007. *Pengetahuan Bahan Seni Rupa dan Kriya*. Padang: UNP Press.
- Rifai, H., Oliantika, T., Novrilita, M., dan Rahman, E. 2010. *Konsistensi Sifat Magnetik Guano dari Dua Gua Kelelawar di Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat*. *Prosiding dan Rapat Tahunan BKS-PTN Wilayah Barat ke, 21*, 1-9.
- Rini, S., dan Sugiarti, M. K. R. 2011. *Pesona Warna Alami Indonesia*. Jakarta: Yayasan Keanekaragaman Indonesia.
- Ruwana, L. 2008. *Pengaruh Zat Fiksasi Terhadap Ketahanan Luntur Warna Pada Proses Pencelupan Kain Kapas dengan Menggunakan Zat Warna dari Limbah Kayu Jati (Tectona grandis)*. Universitas Negeri Semarang :Semarang.
- Salager, Jean-Louis. 2002. *Surfactant Types and Uses*. Universided De Los Andes:Marida Venezuela.
- Sancaya Rini, dkk. 2011. *Pesona warna Alami Indonesia*. Jakarta: Kehati..
- Saputra, G. B., Rosita, A., dan Sureni, I. 2018. *Perancangan Desain KIB (Kartu Identitas Berobat) di UPT Puskesmas Ngebel Kabupaten Ponorogo*. *GLOBAL HEALTH SCIENCE (GHS)*, 3(3), 230-240.
- Sartohadi, J. 2014. *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sudaryatno, Ning Utari, Sudirham. 2010. *Mengenal Sifat-Sifat Materi*. Bandung: Darpublic

- Sudaryo, S. 2009. *Identifikasi dan penentuan logam berat pada tanah vulkanik di daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan metode analisis aktivasi neutron cepat*. In *Seminar Nasional V SDM Tekonlogi*. Yogyakarta (Vol. 5)..
- Suryadharma, Y. H., dan Hatmoko, J. T. 2019. *Studi Parametrik pada Tanah Lempung Berplastisitas Rendah yang Distabilisasi dengan Semen (Studi Kasus di Kepulauan Mentawai Sumatera Barat)*.
- Suud, Ibnu Dan Hufri. 1998. *Struktur dan Ikatan Kristal*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Taufik, Imam. 2006. *Pencemaran Deterjen Dalam Perairan Dan Dampaknya Terhadap Organisme Air*. Jurnal Media Akuakultur volume 1 nmor 1 2006. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar: Bogor
- Taylor, B. 2005. *Batuan, Mineral Dan Fosil*. Erlangga For Kids
- Thompson, R., dan Oldfield, F. 1986. *Environmental Magnetism*. London: Allen & Unwin Ltd.
- Visalakshi, M., dan Jawaharlal, M. 2013. *Agriculture and Allied Sciences Healthy Hues-Status and Implicationin Industries-Brief Review*. *Research& Reviews: Journal of Agriculture andAllied Sciences*, 2(3), 42-51.
- Yanti, E. D. 2021, June. *Mineralogy and Characterization of Clay Mineral of West Lampung*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 789, No. 1, p. 012072). IOP Publishing.
- Yumatra, Yardini. 1986. *Keramik (Pendidikan Keterampilan SMTA)*. Bandung: Angkasa Bandung.