ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI PASIE NAN TIGO PADANG SUMATERA BARAT

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

AnisaRahmi

16034002

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENNGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
PADANG

2021

ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI PASIE NAN TIGO PADANG SUMATERA BARAT

AnisaRahmi

16034002

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENNGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
PADANG
2021

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Anisa Rahmi

NIM : 16034002

Prodi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI PASIE NAN TIGO PADANG SUMATERA BARAT

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Hamdi, M.Si	
Anggota	: Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si	
Anggota	: Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si	

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS SUSEPTIBILITAS MAGNETIK PASIR BESI PANTAI PASIE NAN TIGO PADANG SUMATERA BARAT

Nama : Anisa Rahmi

NIM : 16034002

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika

Dr. Ratnawulan, M. Si
NIP. 19690120 1993032 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing

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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Analisis Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat", adalah asli karya sendiri.
2. Di dalam karya tulis ini berisi gagasan, rumusan, dari penelitian saya, tanpa bantuan pihak lain, kecuali pembimbing.
3. Di dalam Karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam ada peryataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Agustus 2021

Pernyataan

Anisa Rahmi
16034002

Analisis Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang

Sumatera Barat

Anisa Rahmi

ABSTRAK

Pasir besi merupakan salah satu sumber daya alam melimpah, termasuk pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Kota Padang yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber daya mineral yang bernilai ekonomis tinggi. Namun pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo belum diketahui sifat magnetiknya. Padahal mineral magnetik ini banyak dimanfaatkan dalam kehidupan diantaranya bidang industri, kedokteran serta bidang lainnya. Sebelum dimanfaatkan, terlebih dahulu harus diketahui mineral-mineral yang terkandung di dalam pasir besi, salah satunya adalah mineral magnetik. Penelitian ini bertujuan untuk meyelidiki kandungan mineral magnetik pada pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo berdasarkan suseptibilitas magnetiknya. Variasi nilai suseptibilitas yang diselidiki adalah berdasarkan kedalaman.

Sampel diambil dari 10 titik pada lintasan A dan B sepanjang 7,2 Kmdengan kedalaman $\pm$ 1m dan diambil setiap 5 cm. Pengukuran suseptibilitas magnetik dilakukan menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* dengan sensor MS2B *dual frequency*, dimana nilai suseptibilitas magnetik yang bergantung *low field* (470 Hz) dan *high field* (4700 Hz). Kemudian data dianalisis menggunakan Microsoft excel berupa grafik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang bervariasi dari 291,1 x 10^{-8} m^3/kg sampai 12.445,5 x 10^{-8} m^3/kg dengan nilai rata-rata 1.942,165 x 10^{-8} m^3/kg. Variasi nilai suseptibilitas pasir besi berdasarkan kedalaman memiliki perubahan atau variasi nilai suseptibilitas yang tidak teratur atau tidak memiliki pola tertentu dan memiliki sifat kemagnetan magnetik antiferromagnetik. Berdasarkan nilai $\%\chi_{fds}$ memiliki rentang nilai berkisar antara 0,003-7,91% artinya pasir besi mengandung sedikit bulir SP.

Kata Kunci: Suseptibilitas Magnetik, Pasir Besi, Pasie Nan Tigo, *Bartington MagneticSusceptibility Meter* tipe *MS2B.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat ALLOH SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **"**Analisis Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat". Skripsi ini merupakan bagian dari PTPT-Penelitian Terapan (Dr. Hamdi, M.Si). dengan judul "Estimasi Potensi Mineral Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Menggunakan Metoda Kemagnetan Batuan dan *Surfer"*yang didanai Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada masyarakat (LP2M) dengan nomor kontrak 1617/UN35.13/LT/2020 dan 940/ UN35.13/ LT/ 2021. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan pendidikan sarjana Fisika.

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

1. Dr. Hamdi, M.Si., selaku Pembimbing dan Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, tenaga serta kesabarannya dalam membimbing penulisan skripsi ini.
2. Syafriani, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Prodi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
3. Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

4. Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si dan Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si., sebagai penguji, sekaligus memberikan masukan yang sangat berharga.
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 Febariansah, Shandiyano Putra, Ella Destari Ningsih, Helmita, Nadifa Salsabila Rifiana, Nadya Fitra Kurnia, Azmi Renaldi, Ririn Febrianti, Nurmala Dewi Siregar, Karin Yulfiarti, Reni Fitria, Reza Sri Mardayani, dan Fiska Arianti yang telah melakukan penelitian bersama dan telah memberikan bantuan serta semangat.
7. Kedua orangtua yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.
8. Seluruh abang dan kakak yang selalu mendoakan dan memberi dukungan.
9. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **ii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
DAFTAR TABEL ..... **vi**
DAFTAR GAMBAR ..... **vii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A.Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 1
C. Batasan Masalah 4
D. Rumusan Masalah 5
E. Tujuan Penelitian 5
F. Manfaat Penelitian 5
G. Defenisi Istilah 6
BAB II KAJIAN TEORI **7**
A. Pasir Besi 7
B. Mineral Magnetik 8
C. Suseptibilitas Magnetik 12
D. Penelitian yang Relevan 24
E. Kerangka Berfikir 27
BAB III METODE PENELITIAN **29**
A. Jenis Penelitian 29
B.Variabel dan Data Penelitian 29
C.Tahapan Penelitian 29
D.Tempat dan Waktu Penelitian 31
E. Instrumen Penelitian 33
1. *BartingtonMagnetic Susceptibility* tipe *MS2B* 33
2. Neraca Digital (*Neraca Ohauss* SN EO271119030112) 35
F. Prosedur Penelitian 36

1. Pengambilan sampel 36
2. Preparasi Sampel..... 37
3.Pengukuran Sampel 38
G. Teknik Pengolahan Data dan Interpretasi Data 39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... 42
A.Hasil Penelitian..... 42
B.Pembahasan 46
BAB V PENUTUP..... 53
A.Kesimpulan..... 53
B.Saran 53
DAFTAR PUSTAKA..... 54
LAMPIRAN..... 58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Suseptibilitas Magnetik Berbagai Mineral. 20
Tabel 2. Hubungan Nilai Suseptibilitas Magnetik dengan Sifat Kemagnetan dan contoh.....21
Tabel 3. Interpretasi Nilai χ_{fd} %.....23
Tabel 4. Spesifikasi Alat *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* tipe *MS2B.* 34
Tabel 5. Contoh Tabel Hasil Nilai suseptibilitas magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan.....40
Tabel 6. Kandungan Sifat Kemagnetan Suatu Bahan dari Sampel Pasir Besi 40
Tabel 7. Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang.....42
Tabel 8. Sifat Kemagnetan dan Jenis Mineral Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo 45

DAFTAR GAMBAR

gambar 1. Proses Pembentukan Pasir Besi (Hilman, 2014).....8
Gambar 2. *Diagram Fase Ternary Tio_2-Feo-Fe_2o_3 (Butler, 1998).*.....9
Gambar 3. Bentuk Magnetisasi Bahan Diamagnetik (Jiles 1996). 13
Gambar 4. A) Grafik Magnetisasi (*M*) Terhadap Medan Magnet (*H*) Yang.....14
Gambar 5. Bentuk Magnetisasi Pada Bahan Paramagnetik (Jiles, 1996).....15
Gambar 6. A) Grafik Magnetisasi (*M*) Terhadap Medan Magnet (*H*) Yang.....16
Gambar 7. Bentuk Magnetisasi pada Bahan Ferromagnetik (Jiles 1996). 16
Gambar 8. Kurva Histerisis untuk Bahan Ferromagnetik (Jiles, 1991). 17
Gambar 9. Perbedaan Struktur Momen Magnetik Dari 19
Gambar 10.Grafik Hubungan X_{lf} dengan X_{fds} (Dearing, 1999). 23
Gambar 11. *Roadmap* Penelitian Relevan. 24
Gambar 12. Kerangka Berfikir Penelitian Analisis Suseptibilitas Magnetik 28
Gambar 13. *Fishbone* Diagram Penelitian. 30
Gambar 14. Peta Lokasi Penelitian. 32
Gambar 15. *Magnetic Susceptibility Meter* Tipe *Ms2b* Di Laboratorium Geofisika.....34
Gambar 16. Neraca Digital (*Neraca Ohauss* Sn Eo271119030112) Di.....35
Gambar 17. Pengukuran Titik Koordinat Pengambilan Sampel. 36
Gambar 18. (A) Pengukuran Kedalaman Sampel (B) Pengambilan Sampel 37
Gambar 19. (A) Preparasi Sampel (B) Pengukuran Massa Sampel. 38
Gambar 20. Pengukuran Nilai Suseptibilitas Magnetik Menggunakan 39
Gambar 21. Plot *Low Field Susceptibility* (X_{lf})($10^{-8}m^3$/Kg) dengan Kedalaman *(Depth)*.....41
Gambar 22. Plot *Low Field Susceptibility* (X_{lf})($10^{-6}m^3$/Kg) dengan.....41

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kondisi geografis Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng yaitu lempeng Indo-Australia, Indo-Eurasia, dan lempeng Pasifik (Fitri, 2016). Sumatera Barat berada pada jalur patahan semangko tepat diantara pertemuan 2 lempeng yaitu lempeng Indo-Eurasia dan Indo-Australia, sehingga di Sumatera Barat banyak terdapat gunungapi yang aktif. Material yang berasal dari aktifitas gunungapi di transportasi ke pantai, sehingga terjadi endapan pasir besi. Daerah Sumatera Barat memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah berupa pasir besi. Pasir besi disepanjang pantai Sumatera Barat memiliki potensi pengembangan pertambangan yang dikelola oleh sektor pertambangan (Sektor Pertambangan Sumbarprov, 2014). Sektor pertambangan memiliki peranan penting bagi kehidupan masyarakat sebagai rangkaian proses untuk memanfaatkan kekayaan alam.

Pasir besi adalah partikel besi yang terbentuk karena proses penghancuran batuan asal oleh cuaca dan air permukaan, kemudian tertransportasi dan diendapkan di sepanjang pantai (Hilman, 2014). Keberadaan pasir besi yang tersebar di Sumatera Barat salah satunya terdapat di kawasan Pantai Pasie Nan Tigo Padang. Pantai Pasie Nan Tigo Padang termasuk kedalam bentuk pantai landai, berpasir (*Sandy Beach*) yang memiliki warna coklat keabu-abuan dengan pasir pada umumnya berbutir kasar (Haryani, 2016). Berdasarkan informasi masyarakat sekitar pasir besi di Pantai Pasie Nan Tigo padang belum ada dimanfaatkan secara optimal yang dibuktikan dengan informasi atau referensi yang belum memadai mengenai kajian pasir besi di daerah ini.

Pantai ini terdapat begitu banyak tersebar pasir besi yang mengandung mineral magnetik sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat maupun pemerintah.

Pasir besi memiliki mineral-mineral magnetik seperti *magnetite* (Fe_3O_4), *Hematite* (α-Fe_2O_3), *dan maghemite* (γ-Fe_2O_3) (Yulianto dkk, 2002). Pemanfaatan mineral magnetik pasir besi seperti *magnetite* (Fe_3O_4) dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tinta kering (*toner*) pada mesin photo-copy dan printer laser. Kemudian *maghemit*e (γ-Fe_2O_3) dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan pita kaset, elektroda baterai *lithium* (Rahmi, 2018), dan juga banyak digunakan dalam bidang biomedis (Yulianti, 2007), salah satunya teknologi nanopartikel yang digunakan sebagai pengobatan sel kanker secara *hyperthermia* (Ortega, et al, 2013). *Hematite* (α-Fe_2O_3) sering digunakan sebagai media penyimpan rekaman dan data. *Hematite* (α-Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), *maghemite* (γ-Fe_2O_3) juga digunakan sebagai bahan pewarna serta campuran (*filler*) untuk cat dan bahan dasar industri magnet permanen (Yulianto dkk, 2003), juga dapat digunakan untuk pengembangan industri otomotif, elektronika, komputasi sampai peralatan rumah tangga (Zulkarnain 2000). *Ilminite* ($FeTiO_3$) dapat digunakan sebagai zat pewarna berkualitas tinggi yang banyak dipakai sebagai bahan baku pada industri cat, kertas, tekstil dan juga sebagai sunscreen karena dapat mengabsorbsi sinar ultraviolet (Gunawan, 2014). Karena belum diketahui sifat mgnetiknya maka pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo belum bisa dimanfaatkan secara maksimal. Mengingat banyaknya manfaat dari pasir besi, maka perlu dikaji potensi dari pasir besi tersebut khususnya untuk pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo. Pada tahap awal perlu diketahui apakah pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo tersebut

mengandung mineral magnetik atau tidak. Adanya kandungan mineral magnetik dapat diketahui dari nilai suseptibilitas magnetiknya menggunakan metode kemagnetan batuan (*Rock Magnetism Method*).

Beberapa penelitian yang terkait dengan metoda Kemagnetan Batuan *(Rock Magnetism Method)* adalah sebagai berikut: Mufit, dkk (2006) telah mengkaji kelimpahan mineral magnetik pasir besi Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat dengan metoda pengukuran suseptibilitas, peluruhan ARM, dan saturasi IRM. Nilai suseptibilitas magnetik yang berkisar antara 0,67 hingga 2,58 x 10^{-4} m^3/kg. Pasir besi Pantai Sunur, Sumatera Barat mempunyai bulir bulir magnetik berukuran besar dan bersifat domain jamak atau multidomain (MD). Mineral magnetik yang terkandung adalah *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (α-Fe_2O_3) dan *ilmenite* ($FeTiO_3$), hal ini dilihat melalui nilai suseptibilitas yang tinggi dan juga dari medan saturasi IRM yang rendah. Bilalodin (2010) mengkaji Sifat Magnetik dari Pasir Besi Pantai Logending Kabupaten Kebumen. Mineral magnetik utama penyusun pasir besi Pantai Logending adalah *hematite* (α-Fe_2O_3) yang bersifat paramagnetik dengan nilai suseptibilitas 0,43 x $10^{-6}m^3$/kg. Afdal, dkk (2013) telah mengidentifikasi nilai suseptibilitas magnetik pasir besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat. Nilai suseptibilitas berkisar antara 4,921 x $10^{-5}m^3$/kg dan 56,020 x $10^{-5}m^3$/kg. Namun pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang belum diketahui sifat magnetiknya. Padahal mineral magnetik ini banyak manfaatnya dalam kehidupan diantaranya bidang industri, kedokteran dan bidang lainnya.

Berdasarkan permasalahan dan pemanfaatan mineral magnetik pasir besi yang bernilai ekonomis tinggi, didukung dengan wilayah penelitian bahwa sifat magnetik pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang belum diketahui baik berdasarkan permukaan maupun kedalaman. Oleh sebab itu, perlu dilakukan kajian mengenai analisis suseptibilitas magnetik pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat. Untuk mengetahui sifat magnetik pasir besi dilakukan pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan *Bartington Susceptibility Meter tipe MS2B.* Hasil pengukuran ini diharapkan dapat diketahui nilai suseptibilitas magnetik pada pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah

1. Belum diketahui karakteristik magnetik seperti nilai suseptibilitas magnetik, jenis mineral yang terdapat pada pasir besi, baik berdasarkan kedalaman maupun permukaan Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat.
2. Belum ada dimanfaatkan pasir besi dikawasan Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat yang bernilai ekonomis tinggi.
3. Belum diketahui potensi mineral magnetik Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya cakupan penelitian, batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah sampel pasir besi yang diambil berdasarkan kedalaman di Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat.
2. Pada penelitian ini yang diketahui hanya nilai suseptibilitas magnetik.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan yaitu Bagaimana Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tersebut adalah untuk Menganalisis Nilai Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut

1. Memberikan informasi tentang nilai suseptibilitas magnetik serta jenis mineral yang terkandung pada pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang Sumatera Barat.
2. Pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang memiliki potensi mineral magnetik yang dapat dimanfaatkan baik dalam bidang industri, kedokteran maupun bidang lainnya.
3. Aplikasi dalam ilmu Fisika khususnya pada bidang kemagnetan batuan sehingga bisa menambah pengetahuan dan wawasan.
4. Sebagai ide dan referensi dalam pengembangan penelitian pada bidang kemagnetan batuan bagi peneliti lainnya.

G. Defenisi Istilah

1. *Magnetite* merupakan salah satu mineral magnetik yang dapat dijumpai pada batuan beku, sedimen dan metamorf.
2. 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.
3. *Hematite* adalah bentuk mineral besi (III) oksida (α-Fe_2O_3) yang mengkristalisasi dalam system rombohedral dan memiliki struktur Kristal yang sama dengan *ilmenit*e ($FeTiO_3$).
4. *Susceptibility meter* adalah alat ukur yang digunakan untuk menentukan nilai suseptibilitas suatu bahan.

BAB II

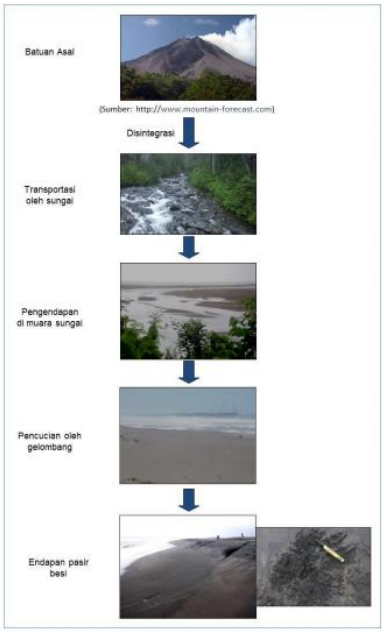
KAJIAN TEORI

A. Pasir Besi

Pasir Besi adalah partikel besi (*magnetite*) yang terdapat di sepanjang pantai, terbentuk karena proses penghancuran batuan asal oleh cuaca, dan air permukaan, kemudian tertransportasi dan diendapkan di sepanjang pantai. Gelombang laut dengan energi tertentu memilah dan mengakumulasi endapan tersebut menjadi pasir besi yang memiliki nilai ekonomis. Mineral ringan dan mineral berat yang mengandung besi diendapkan dalam bentuk gumuk - gumuk pasir sepanjang dataran pantai, antara lain di sepanjang pantai barat Sumatera, selatan Jawa, Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara Timur, Maluku dan utara Papua. Endapan ini mengandung mineral utama, seperti *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* ($\alpha–Fe_2O_3$), dan *ilmenite*($FeTiO_3$), serta mineral ikutan seperti *pirhotite* (*FenSn*), *pyrite* (FeS_2), *kalkopyrite* ($CuFeS_2$), *kromite* (FeO,Cr_2O_3), dan unsur jejak (*trace element*) lainnya, antara lain : *Mn*, *Mg*, *Zn*, *Na*, *K*, *Ni*, *Cu*, *Pb*, *As*, *Sb*, *W*, *Sn*, *V*.

Pembentukan endapan pasir besi ditentukan oleh beberapa faktor antara lain batuan asal, proses perombakan, media transportasi, proses serta tempat pengendapannya. Sumber mineral endapan pasir besi pantai sebagian besar berasal dari batuan gunungapi yang bersifat andesit–basal. Proses perombakan terjadi akibat dari pelapukan batuan karena proses alam akibat panas dan hujan yang membuat butiran mineral terlepas dari batuan. Media transportasi endapan pasir besi pantai antara lain: aliran sungai, gelombang, dan arus laut. Proses transportasi membawa material lapukan dari batuan asal, menyebabkan mineral-mineral terangkut hingga ke muara, kemudian

gelombang arus laut mencuci dan memisahkan mineral-mineral tersebut berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Proses pembentukan pasir besi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Pembentukan Pasir Besi (Hilman, 2014).

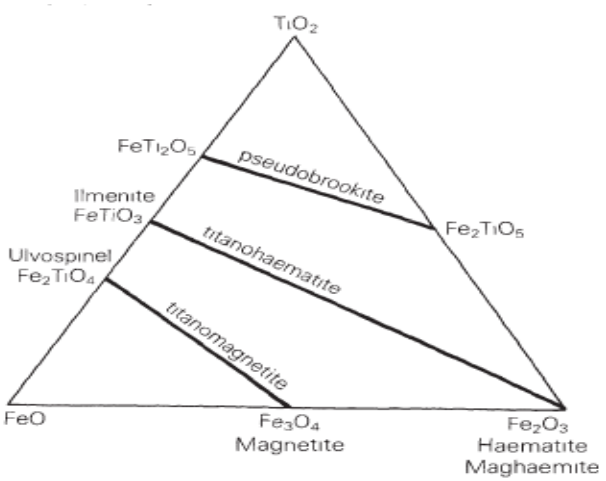
Di daerah pantai mineral-mineral diendapkan kembali oleh gelombang air laut yang menghempas ke pantai, akibat hempasan tersebut sebagian besar mineral yang mempunyai berat jenis yang besar akan terendapkan di pantai, sedangkan mineral yang berat jenisnya lebih ringan akan kembali terbawa oleh arus balik kembali ke laut, demikian terjadi secara terus menerus hingga terjadi endapan pasir besi di pantai. Tempat pengendapan pasir besi umumnya terjadi pada pantai yang landai, sedangkan pada pantai yang curam sulit terjadi proses pengendapan.

B. Mineral Magnetik

Mineral merupakan salah satu bahan padatan organik yang terbentuk dari reaksi-reaksi kimia yang terbentuk secara alamiah. Mineral mempunyai sifat kemagnetan yang lemah (diamagnetik), sedang (paramagnetik) dan kuat

(ferromagnetik). Ketiga sifat bahan magnetik hanya untuk mineral tergolong ferromagnetik yang disebut sebagai mineral magnetik (Bijaksana, 2002).

Beberapa mineral magnetik yang tergolong dalam oksida titanium besi yaitu *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (α-Fe_2O_3), dan *maghemite* (γ-Fe_2O_3). Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida besi yaitu *greigite* (Fe_3S_4) dan *phyrhotite* (Fe_7S_8), sedangkan yang tergolong dalam hidroksida besi adalah *geothite* (α-$FeOOH$). Keluarga oksida titanium merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral magnetik yang paling dominan. Keluarga oksida ini digambarkan melalui diagram segitiga (*ternary diagram*) TiO_2-FeO-Fe_2O_3 seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. *Diagram fase ternary TiO_2-FeO-Fe_2O_3 (Butler, 1998).*

Gambar 2 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 titanium besi yaitu:

1. *Magnetite* (Fe_3O_4)

Magnetite merupakan salah satu mineral magnetik yang dapat dijumpai pada batuan beku, sedimen dan metamorf. *Magnetite* dapat merekam NRM yang stabil dan termasuk ke dalam mineral magnetik yang kuat (Buttler, 1998). Mineral ini memiliki bentuk kubus, berwarna hitam gelap dengan permukaan kebiru-biruan. Batuannya sangat berat dan keras, tidak terbelah, tidak tembus cahaya dan menunjukkan kilauan logam. Memiliki sifat ferrimagnetik dengan temperatur *Curie* 580 ^oC dan magnetisasi 90 Am^2/kg sampai 93 Am^2/kg. Jenis *magnetite* dapat dilihat dari butiran yang berupa oksida besi (Butler, 1998).

2. *Hematite*(α-Fe_2O_3)

Hematite tersebar luas di sekitar alam terutama pada tanah dan sedimen. Mineral *hematite* bersifat ferromagnetik dengan magnetisasi 2,5 Am^2/kg dan temperatur *Curie* 675 ^oC (Evan dan Heller, 2003). Ciri ciri *hematite* memiliki sifat tidak tembus cahaya, mempunyai lapisan merah gelap dan dapat meleleh apabila dipanaskan dalam larutan asam hidrolik. Pada umumnya berbentuk masif, massanya berisi butir-butiran, permukaannya berwarna-warni dan warna batuannya merah kecoklatan.

3. *Maghemite* (γ-Fe_2O_3)

Maghemite memiliki rumus kimia yang sama dengan *hematite*, karena kedua jenis mineral ini mirip dan terletak di posisi yang sama pada diagram *terniary*. Mineral *maghemite* tidak memiliki bentuk magnetik atau susunan kristal yang sama dan teroksidasi penuh dari *magnetite*, mempunyai struktur kristal kubus dan banyak ditemukan pada tanah. Memiliki temperatur *Curie* sekitar 645 ^{o}C dan magnetisasi spontan berkurang dari 480 kA/m ke 380 kA/m, sehingga mineral tidak stabil (Evans dan Heller, 2003).

4. *Ilmenite* (*$FeTiO_2$*)

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

5. *Greigite* (*Fe_3S_4*)

Greigite merupakan mineral sulfida besi yang ekivalen dengan *magnetite*. Mineral ini memiliki struktur mineral kubus yang bersifat ferrimagnetik kuat serta memiliki magnetisasi spontan 125 kA dan temperatur *Curie* 330 ^{o}C (Evans dan Heller, 2003). Mineral ini pada umumnya dapat ditemukan dalam sedimen *lacustrine* dan *marine*.

6. *Geothite* (*α-FeOOH*)

Mineral *geothite* memiliki struktur mineral heksagonal dan bersifat antiferromagnetik. *Geothite* atau *iron oxyhydroxide* memiliki magnetisasi spontan

dengan nilai jauh lebih kecil dari *magnetite* yaitu sekitar 2 kA/m dan temperatur *Curie* 120 ^{o}C (Evans dan Heller, 2003). Pada umumnya mineral *geothite* banyak ditemukan pada tanah dan sedimen.

C. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik adalah salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah 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 berikut:

$$\bar{M} = \chi \bar{H} \qquad (1)$$

Dalam satuan internasional (SI), $\bar{M}$ dan $\bar{H}$ mempunyai satuan A/m sehingga (χ) merupakan besaran yang tidak berdimensi. Persamaan (1) menunjukan bahwa untuk $\bar{M}$ dan $\bar{H}$ yang sejajar dan sebanding, suseptibilitas magnetik merupakan suatu besaran skalar (Jiles, 1991).

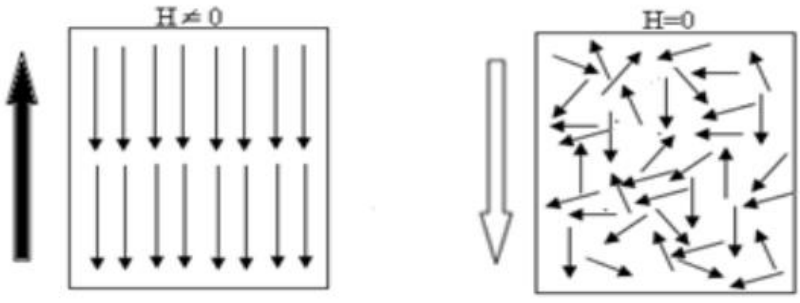
Pengukuran suseptibilitas magnetik dapat dilakukan hampir pada semua bahan. Suseptibilitas magnetik yang diukur pada suatu rentang medan magnetik tertentu akan memberikan hubungan magnetisasi dengan medan tersebut. Hubungan ini dapat memberikan hubungan yang linear atau tidak linear bergantung pada besar medan magnetik yang digunakan. Suseptibilitas magnetik yang diukur menggunakan *Susceptibility Meter* merupakan suseptibilitas magnetik ekstrinsik atau suseptibilitas

magnetik semu *(Apparent Magnetic Susceptibility)* dan bukan suseptibilitas intrinsik. Perbedaan antara suseptibilitas magnetik ekstrinsik dan intrinsik disebabkan oleh adanya pengaruh *self-demagnetization* pada bahan. Kandungan magnetik mineral pada suatu bahan mempengaruhi nilai suseptibilitasnya.

Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik, material dibedakan menjadi:

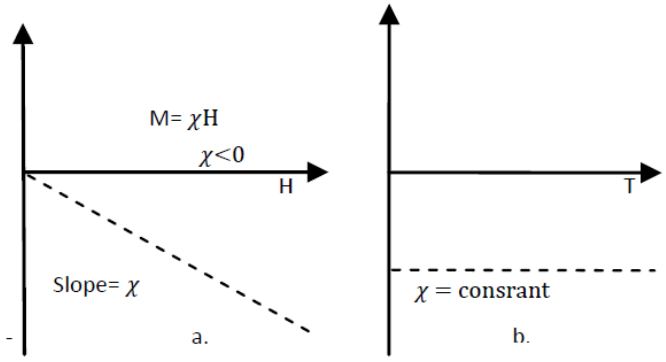
1. Diamagnetik

   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 3 untuk melihat bentuk magnetisasi bahan diamagnetik.



Gambar 3. Bentuk Magnetisasi Bahan Diamagnetik (Jiles 1996).

Gambar 3 menunjukkan bahwa sebelum bahan magnetik dikenakan medan luar ($H = 0$), arah momen magnetiknya bersifat acak. Jika bahan magnetik tersebut diberikan medan luar ($H \# 0$), yang ditandai dengan tanda panah berwarna hitam maka arah momen magnetiknya (panah putih) melawan arah medan luar yang diberikan. Setelah medan luar dihilangkan maka momen magnetiknya akan kembali acak. Perhatikan Gambar 4 untuk melihat grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan.

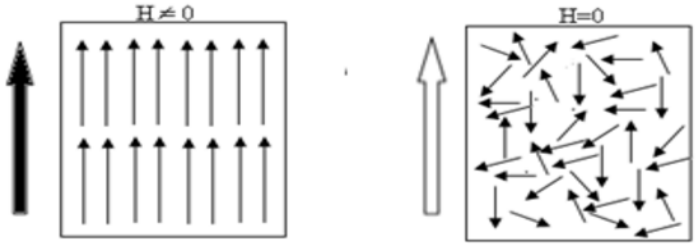


Gambar 4. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan $\chi<0$., *b*) Suseptibilitas *(χ)* tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik (Hunt, 1991).

Gambar 4 menunjukkan nilai suseptibilitas pada bahan diamagnetik kecil dan bernilai negatif, yaitu sekitar $-1x10^{-5}$ 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. Contoh bahan diamagnetik adalah bismuth, gipsum, marmer, kuarsa dan garam.

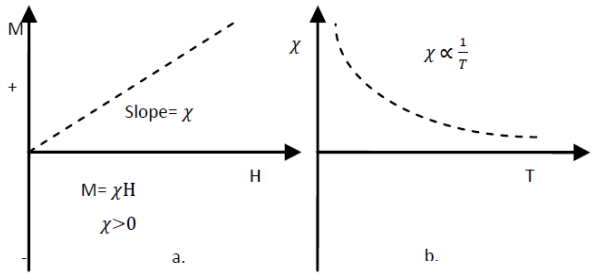
2. Paramagnetik

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. Perhatikan Gambar 5 untuk melihat bentuk magnetisasi pada bahan paramagnetik.



Gambar 5. Bentuk magnetisasi pada Bahan Paramagnetik (Jiles, 1996).

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada saat bahan paramagnetik dikenakan medan luar ($H \# 0$), ditandai dengan tanda panah berwarna hitam, arah momen magnetiknya searah dengan arah medan luar. Saat medan luar dihilangkan ($H = 0$), maka maka momen magnetiknya akan kembali acak. Perhatikan Gambar 6 untuk melihat Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet.

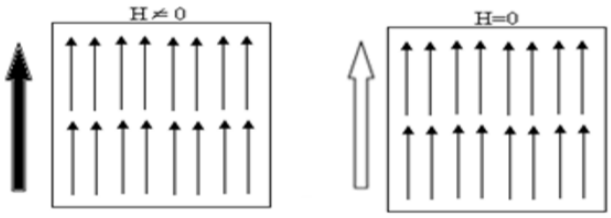


Gambar 6. a) Grafik magnetisasi (*M*) terhadap Medan Magnet (*H*) yang diberikan dan $\chi > 0$. b) Suseptibilitas (χ) Tergantung pada Temperatur (*T*) untuk Bahan Paramagnetik (Hunt, 1991).

Gambar 6 menunjukkan nilai suseptibilitas pada bahan paramagnetik bernilai positif dan sangat kecil yaitu berkisar antara $1x10^{-5}$ dan $1x10^{-3}$ (SI). Seperti halnya mineral diamagnetik, suseptibilitas magnetik pada mineral paramagnetik kontan 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.

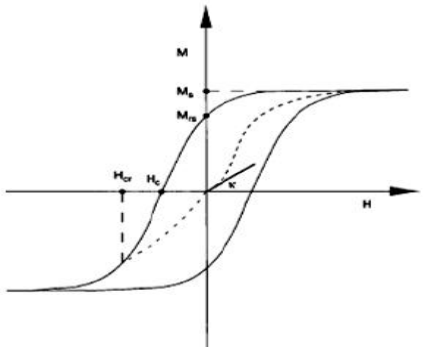
3. Ferromagnetik

Bahan ferromagnetik terdapat banyak kulit elektron yang hanya diisi oleh satu elektron sehingga mudah terinduksi oleh medan luar. Perhatikan Gambar 7 untuk melihat bentuk magnetisasi pada bahan ferromagnetik.



Gambar 7. Bentuk magnetisasi pada bahan ferromagnetik (Jiles 1996).

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada saat bahan ferromagnetik dikenakan medan luar (*H # 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. Perhatikan Gambar 8 untuk melihat kurva histerisisnya.



Gambar 8. Kurva histerisis untuk bahan ferromagnetik (Jiles, 1991).

Gambar 8 memperlihatkan apabila sebuah bahan diberikan medan magnet, maka akan di peroleh magnetisasi saturasi (*Ms*) 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 titikini disebut koersivitas (*Hc*) 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

(*HoR*) yang terjadi jika medan diberikan dan kemudian dihilangkan sehingga saturasi remanen akan berkurang menjadi nol.

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 bagian yaitu:

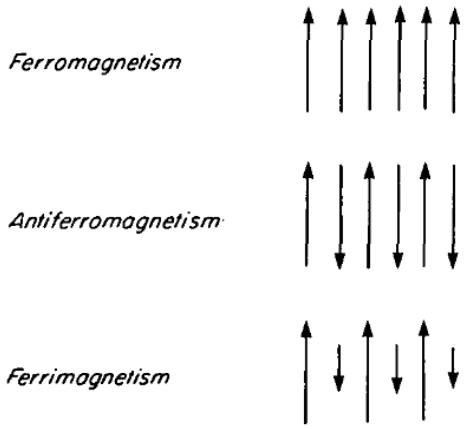
a) Antiferromagnetik

Pada bahan antiferomagnetik memiliki sub-domain paralel dan antiparalel, namun momen magnetiknya identik dengan nilai magnetisasi spontan nol (Oldfield, 1986). Bahan antiferromagnetik, yaitu bahan yang mempunyai suseptibilitas positif yang kecil pada segala suhu dengan perubahan susseptibilitas 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.

b). 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 (Oldfield, 1986). Perhatikan Gambar 9 untuk melihat perbedaan struktur momenmagnetik ferromagnetik, antiferromagnetik dan ferrimagnetik.



Gambar 9. Perbedaan struktur momen magnetik dari ferromagnetik, antiferromagnetik dan ferrimagnetik (David J. Dunlop, 1997)

Gambar 9 menunjukkan perbedaan momen magnetik pada bahan ferromagnetik, antiferromagnetik dan ferrimagnetik. Bahan ferrimagnetik memiliki nilai suseptibilitas tinggi tetapi lebih rendah dari bahan feromagnetik. Beberapa contoh dari bahan ferimagnetik yaitu *ferriete* dan *magnetite*. Nilai suseptibilitas magnetik untuk setiap bahan berbeda-beda, hal ini bergantung dengan jenis bahan, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Suseptibilitas Magnetik Berbagai Mineral.

Mineral Magnetik			
Tipe Mineral	Sifat Kemagnetan	Suseptibilitas Magnetik	
		Volume ($\times 10^{-6}$ SI)	Massa ($\times 10^{-8}$ m^3/kg)
Magnetite (Fe_3O_4)	Ferrimagnetik	1.000.000 - 5.700.000	20.000 - 110.000
Hematite (αFe_2O_3)	Antiferromagnetik	500 - 40.000	0 – 760
Maghemite (γFe_2O_3)	Ferrimagnetik	2.000.000 - 2.500.000	40.000 – 50.000
Ilemenite ($FeTiO_3$)	Antiferromagnetik	2.200 - 3.800.000	46 - 80.000
Pyrite (FeS_2)	Ferrimagnetik	35 - 5.000	1 – 100
Pyrhotite (Fe_7S_8)	Ferrimagnetik	3.200.000	69.000
Geothite (αFeOOH)	Antiferromagnetik	1.100 - 12.000	26 – 280
Mineral Non Magnetik			
Kuarsa (SiO_2)	Diamagnetik	13 – 17	0,5 - 0,6
Kalsit ($CaCO_3$)	Diamagnetik	7,5 – 39	0,3 - 1,4
Halite (NaCl)	Diamagnetik	10 – 16	0,48 - 0,75
Galena (PbS)	Diamagnetik	33	0,44

(*Sumber: Hunt, 1995*).

Tabel 1 menunjukan suseptibilitas magnetik ini akan menentukan sifat magnetik pada setiap bahan. Suseptibilitas pada bahan semakin besar apabila dalam bahan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik. Berdasarkan suseptibilitas benda-benda magnetik dapat digolongkan menjadi diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik. Hubungan nilai suseptibilitas magnetik dengan sifat kemagnetan dan mineral magnetik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan Nilai Suseptibilitas Magnetik dengan Sifat Kemagnetan dan contoh Mineral **(**Dearing, 1999).

Sifat Kemagnetan	Suseptibilitas Magnetik	Contoh Mineral
Ferrimagnetik	Suseptibilitas positif (kuat)	*Magnetite, Maghemite, Pyrrhotite, Greigite*
Antiferromagnetik	Suseptibilitas positif (kuat)	*Hematite, Goethite*
Paramagnetik	Suseptibilitas positif (lemah)	*Biotite, Olivine, Ferrous sulphate*
Diamagnetik	Suseptibilitas negatif (lemah)	*Air, Bahan organik, Plastik, Quartz, Feldspars, Kalsium karbonat*

Suseptibilitas magnetik secara umum mencerminkan karakteristik dan intensitas 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 bergantung 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 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 0,03μm (Dearing, 1999) serta tidak dapat merekam magnetisasi remanen jika medan magnetik dikenakan sebelum magnetnya dihilangkan, seperti halnya bahan paramagnetik. Namun, jika dikenakan pada medan magnetik luar, bulir SP menunjukkan magnetisasi yang sangat tinggi, 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 berbeda yaitu *Low Field* (χ_{lf}) pada 0,47 KHz dan *High Field* (χ_{hf}) pada 4,7 KHz, hal ini disebabkan sifat bulir Superparamagnetik yang peka terhadap perubahan frekuensi. Perbedaan frekuensi dikenal dengan parameter *frequency dependent susceptibility* (FDS). FDS dapat dipresentasikan suseptibilitas magnetik per satuan massa (χ_{fd}).

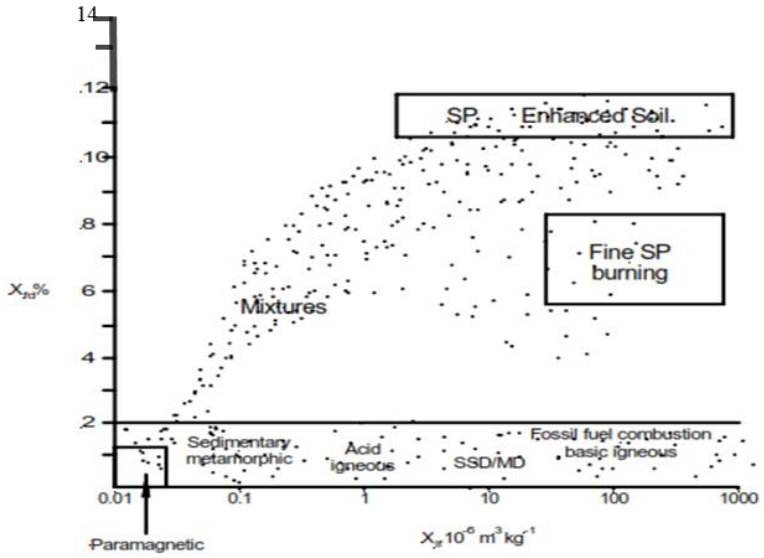
Dimana, $\chi_{fd} = \chi_{lf} - \chi_{hf}$ atau dalam bentuk: $\chi_{fd}(\%) = (\chi_{lf} - \chi_{hf})/\chi_{lf}$ x 100% .

Dengan χ_{lf} adalah suseptibilitas persatuan massa pada frekuensi rendah. χ_{hf} adalah suseptibilitas persatuan massa frekuensi tinggi (Dearing, 1999). χ_{fd} menunjukkan ada tidaknya butir SP pada suatu bahan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Interpretasi nilaiχ_{fd}%(J. Dearing, 1999).

χ_{fd}	Persentase	Keterangan
Lowχ_{fd}%	< 2 %	Hampir tidak ada butiran SP
Mediumχ_{fd}%	2 – 10 %	Campuran SP dan butiran kasar, ataubutiran SP <0,05 μm
Highχ_{fd}%	10 – 14 %	Hampir semua butir SP
Very highχ_{fd}%	> 14 %	Pengukuran yang salah, anisotropi, sampel lemah atau kontaminasi

Untuk memperlihatkan hubungan *low field (χ_{lf})* dengan *frequency dependence susceptibility(χ_{fds})* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10.Grafik hubungan χ_{lf}dengan χ_{fds}(Dearing, 1999).

Gambar 10 memperlihatkan hubungan *low field (χ_{lf})* dengan *frequency dependence susceptibility (χ_{fds}).* Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa setiap variasi domain dan sumber sampel yang berbeda memiliki nilai *(χ_{fds})* yang berbeda pula.

D. Penelitian yang Relevan

Penelitian relevan adalah deskripsi tentang kajian penelitian yang sudah pernah dilakukan seputar masalah yang diteliti. Penelitian terkait dengan karakteristik mineral magnetik pasir besi dan nilai suseptibilitas magnetik dapat dilihat pada *roadmap* Gambar 11.

Gambar 11.*Roadmap* Penelitian Relevan.

Irma (2020) menganalisis Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Arta Sebagai Jarak Tepi Laut. Sampel dikeringkan sebelum dilakukan pemisahan antara partikel magnetik pasir dengan partikel non magnetik menggunakan Iron Sand Separator. Kemudian mengidentifikasi kandungan elemen yang terdapat dalam pasir besi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Nilai suseptibilitas magnetik yang diperoleh terdapat pada interval 2.164,71 × 10^{-5} m^3/kg – 3.159,99 × 10^{-5} m^3/kg, yaitu termasuk dalam interval mineral *ilmenite* ($FeTiO_3$) dan bersifat antiferromagnetik.

Nurpadillah (2019) mengkaji Sebaran Mineral Magnetik Sedimen Sungai Menggunakan Metoda Kemagnetan Batuan di daerah Kabupaten Garut, Jawa Barat.

Analisis data dilakukan menggunakan alat *Susceptibility Meter*, XRD, dan analisis kimia suspensi cair. Hasil yang didapatkan yaitu semakin tinggi persentase kadar *Fe* yang terdapat didalam sedimen danau maka semakin tinggi daerah tersebut tercemar.

Yulia (2019) menganalisis Sifat Magnetik dan Struktur Partikel Pasir Besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat menggunakan *Ball Milling* dengan melakukan proses selama 30 jam, 60 jam dan 90 jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik bertambah seiring dengan bertambahnya waktu *Ball Milling*, dari 69.426,19 × 10^{-5} m^3/kg – 80.332,13 × 10^{-5} m^3/kg. Nilai ini berada dalam interval 220 × 10^{-5} m^3/kg - 380.000 × 10^{-5} m^3/kg yang merupakan interval mineral *ilmenite*. Fase *magnetite* muncul lebih banyak dibandingkan dengan fase *maghemite* dan *hematite* setelah di *Ball Milling* selama 90 jam.

Tiwow (2018) mengkaji Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi Terhadap Pasir Besi Kabupaten Takalar. Pengukuran pasir besi menggunakan alat *Bartington Susceptibility Meter* tipe *sensor MS2B* yang bekerja pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa pasir besi mengandung mineral *magnetite* yang bersifat ferrimagnetik. Nilai suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi diperoleh kurang dari 2 % yang mengindikasikan pasir besi memiliki bulir magnetik *multi domain* (MD). Korelasi positif antara suseptibilitas magnetik pada frekuensi rendah dengan bergantung frekuensi mengindikasikan sumber mineral magnetik yang dominan berasal dari proses pedogenik yaitu pelapukan batuan gunungapi.

Tamuntuan (2017) mengkaji Suseptibilitas dan Histeresis Magnetik untuk Mengetahui Karakteristik Magnetik Endapan Pasir Besi Pada Beberapa Lokasi Di

Sulawesi Utara. Penelitian dilakukan pada tiga lokasi di pesisir timur semenanjung utara Pulau Sulawesi yaitu daerah Belang, Hais, dan Minanga, serta tiga lokasi di wilayah pesisir barat yaitu daerah Lalow, Inobonto, dan Lolan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik pada sampel pasir yang diukur bervariasi dari $7{,}73 \times 10^{-8} m^3/kg$ hingga $436{,}38 \times 10^{-8} m^3/kg$. Pengukuran suseptibilitas magnetik terhadap keempat distribusi ukuran bulir pasir yang berbeda menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi suseptibiltas adalah pada pasir berukuran halus (*fine grains*).

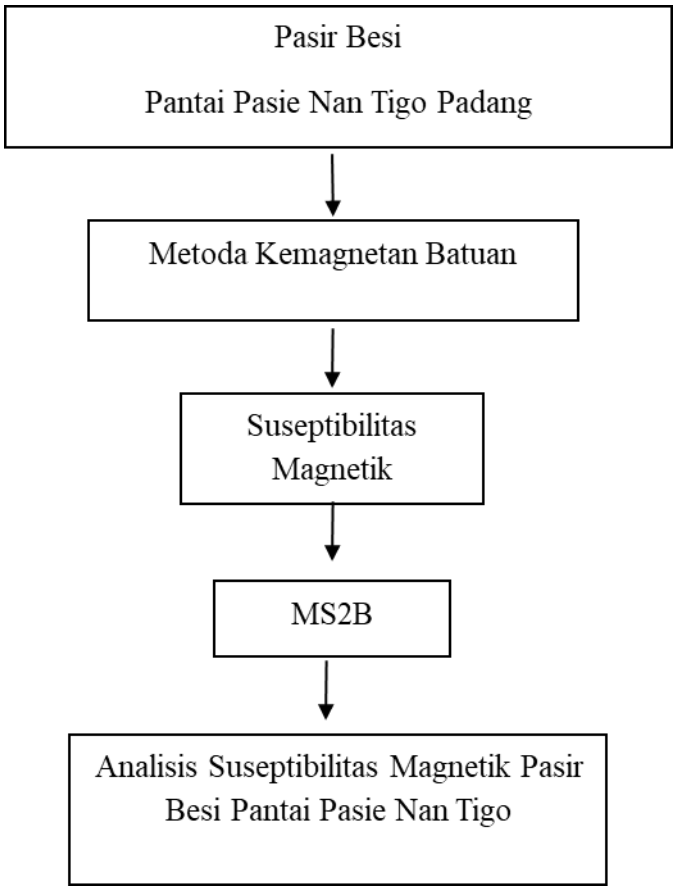
Hayati (2016) mengkaji Karakteristik Suseptibilitas Magnet Barium Ferit yang Disintesis dari Pasir Besi dan Barium Karbonat Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk. Pasir besi diperoleh dari Sungai Sukam, Kabupaten Sijunjung, Sumatera Barat. Magnet Barium Ferit dibuat dengan mencampurkan Fe_2O_3 hasil oksidasi magnetit pasir besi dan $BaCO_3$. Campuran tersebut dikalsinasi pada suhu 1000 ^oC, kemudian dikompaksi dan disintering pada temperatur 1000^oC. Karakterisasi magnet Barium Ferit dilakukan dengan mengukur suseptibilitas magnetik menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* tipe *MS2B*. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai suseptibilitas yang diperoleh dari enam variasi persentase massa yaitu 5, 10, 15, 20, 25 dan 30% berturut-turut adalah $262{,}6\times10^{-8}$, $438{,}0\times10^{-8}$, $516{,}1\times10^{-8}$, $549{,}9\times10^{-8}$, $422{,}8\times10^{-8}$ dan $429{,}9\times10^{-8}$ m3/kg. Dengan nilai suseptibilitas tertinggi pada persentase massa 20% sebesar $549{,}9\times10^{-8} m^3/kg$. Tingginya nilai suseptibilitas dikarenakan ion Fe^{3+} yang seimbang pada komposisi Barium Ferit. Nilai suseptibilitas magnetik Barium Ferit naik dengan kenaikan persentase massa $BaCO_3$ 5 hingga 20%, dan menurun untuk persentase massa $BaCO_3$ besar dari 20%.

Ramdani (2015) mengkaji Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano Gua Baba, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang dengan Metode *Anisotropic of Magnetic Susceptibility* (AMS) menggunakan alat *Susceptibility Meter*. Sampel guano diambil berdasarkan variasi kedalaman dari lima site dengan variasi kedalaman yaitu permukaan, 10 cm dari permukaan, dan 20 cm dari permukaan. Hasil perhitungan, nilai rata-rata suseptibilitas magnetik guano Gua Baba diperoleh berkisar dari 240,91 × 10^{-8} m^3/kg sampai 461,94 × 10^{-8} m^3/kg. Hal ini menunjukkan bahwa jenis mineral magnetik yang dominan dalam guano Gua Baba adalah *hematite*. Rata-rata nilai suseptibilitas magnetik guano untuk kelima site berdasarkan variasi kedalaman yaitu 308,26 × 10^{-8} m^3/kg , 319,62 × 10^{-8} m^3/kg dan 347,39 × $10^{-8}m^3$/kg. Hal ini menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik guano berbanding lurus dengan kedalaman.

Siregar (2015) mengkaji Nilai Suseptibilitas Magnetik Mineral Magnetik Pasir Besi Sisa Pendulangan Emas di Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan di daerah Ombilin, Batang Silokek, Batang Sukam, dan Batang Palangki. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik berkisar antara 1.0294 × $10^{-4}m^3$/kg dan 1.1415 × $10^{-4}m^3$/kg dan memiliki kandungan jenis mineral magnetik relatif seragam.

E. Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir berisi variabel-variabel penelitian yang akan diteliti. Kerangka berfikir juga disebut alur pemikiran yang logis dalam membangun suatu pikiran yang menghasilkan sebuah kesimpulan berupa hipotesis. Kerangka berfikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kerangka berfikir Penelitian Analisis Suseptibilitas Magnetik Pasir BesiPantai Pasie Nan Tigo Padang.

Gambar 12 merupakan kerangka berfikir pada penelitian analisis suseptibilitas magnetik pasir besi berdasarkan kedalaman. Nilai suseptibilitas magnetik pasir besi dapat diketahui menggunakan metode kemagnetan batuan dengan melakukan pengukuran suseptibilitas magnetik menggunakan *Bartington Magnetic Susceptibility Meter* tipe *MS2B*. Kemudian dianalisis menggunakan Microsoft excel dalam bentuk grafik untuk didapatkan informasi mengenai suseptibilitas magnetik dan jenis mineral yang terkandung pada pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang. Sehingga pasir besi tersebut dapat dimanfaatkan secara optimal.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik Pantai Pasie Nan Tigo Padang berkisar dari 291,1 x 10^{-8} m^3/kg sampai 12.445,5 x 10^{-8} m^3/kg. Variasi nilai suseptibilitas pasir besi berdasarkan kedalaman memiliki perubahan atau variasi nilai suseptibilitas yang tidak teratur atau tidak memiliki pola tertentu. Kemudian sifat kemagnetan pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo Padang bersifat antiferromagnetik. Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekuensi χ_{fd} (%) yang berkisar antara 0.003% - 7.91%. Pasir besi ini mengandung sedikit superparamagnetik dan memiliki butiran halus (*fine*), termasuk kedalam jenis domain *multi domain* (MD).

B. Saran

Pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo merupakan objek yang menarik untuk diteliti, karena mineral pada pasir besi memiliki banyak manfaat atau bernilai ekonomis tinggi. Dalam penelitian ini didapatkan nilai suseptibilitas magnetik pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo. Selanjutnya, perlu dilakukan kajian lanjutan guna mengetahui mineral magnetik apa yang terkandung dalam pasir besi Pantai Pasie Nan Tigo, mengkaji unsur, bentuk morfologi pasir besi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*), serta perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai asal pasir besi yang terdapat pada Pantai Pasie Nan Tigo Padang.

DAFTAR PUSTAKA

Afdal, A. 2013. *Karakteristik Sifat Magnet Dan Kandungan Mineral Pasir Besi Sungai Batang Kuranji Padang Sumatera Barat*. Jurnal Ilmu Fisika. Universitas Andalas, 5(1), 24-30.

Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik Dalam Masalah Lingkungan*. Jurnal Geofisika, 1, 19-27.

Bilalodin.2010. *Kajian Sifat Magnetik Dari Pasir Besi Pantai Logending Kabupaten Kebumen.* Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.

Butler, B. R. F. 1998. *Paleomagnetism: magnetic domains to geologic terranes*. Department of Chemistry and Physics University of Portland Portland, Oregon. https://doi.org/10.5860/choice.29-5708.

Dearing, J. A., Dann, R. J. L., Hay, K., Lees, J. A., Loveland, P. J., Maher, B. A., & O'Grady, K. 1996. *Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials*. Geophysical Journal International, *124*(1), 228–240. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1996.tb06366.

Dearing, J. 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington MS2 System*. British Library Cataloguing in Publication Data.

Dunlop, D.J and Ozdemir, O. 1997. *Rock Magnetism*: *Fundamental and Frontiers*. Cambridge University Press.

Evans, M and Heller, F. 2003. *Enviromental Magnetism Principle and Application of Environmagneties*. California. Academic Press.

Fajri, Rizki Nurul, R Putra, C B de Maisonneuve, A Fauzi, Yohandri, H. R. (2019). *Analysis of magnetic Properties Rocks and Soils Around the Danau Diatas, West Sumatra*. Journal of Physics: Conference Series PAPER.

Fitri, I. 2016. *Analisis kandungan Mineral Logam Singkapan Batuan Dikawasan Pertambangan Mangan Desa Kumbewaha Kecamatan Siotapina Kabupaten Buton Menggunakan Metode X-RF*. Kendari: Universitas Haluoleo.

Gunawan, H, A. Budiman. 2014. *Penentuan Persentase dan Nilai suseptibilitas Mineral magnetik Bijih Besi yang Berasal dari Tiga Lokasi Tambang Bijih Di Sumatera Barat*. Jurnal Fisika Unand: Universitas Andalas

Haryani, Lusi, U. 2016. *Revitalization of Coastal Area Pasie Nan Tigo Padang City for Hazard Mitigation*. Mimbar, 32(1): 49-57.

Haryani, H., Aditia, E. 2019. *Pembuatan Profil RW Berbasis Masyarakat Di Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah Kota Padang*. Jurnal Abdimas, 22(2), 167-178.

Hayati, R., A, B. 2016. *Karakteristik Suseptibilitas Magnet Barium Ferit yang Disintesis dari Pasir Besi dan Barium Karbonat Menggunakan Metode Metalurgi*. Jurnal Fisika Unand: Universitas andalas.

Hilman, P. M. 2014. *Pasir Besi Di Indonesia*. Bandung: Badan Geologi Indonesia.

Hunt, C. P. 1991. *Handbook from the Environmental Magnetism Workshop*. Minneaspolis: University of Minnesota.

Hunt, C.P., Moskowitz, B.M,. Banerjee, S.K., 1995. *Magnetic Properties of Rocks and Minerals*. American Geophysical Union.

Irma, N., Erwin. 2020. *Kajian Suseptibilitas Magnetik Pasir Besi Pantai Arta Sebagai Jarak Dari Tepi Laut*. Komunikasi Fisika Indonesia : Riau.

Jiles, D. 1991. *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*. British Library Cataloguing in Publication Data.

Jiles. 1996. *Introduction to Magnetism and Magnetite Material*. New York USA: Chapman and Hall.

Kanu, M.O., Meludu, O, C., and Oniku, S.A. 2013. *A Preliminary Assesment of Soil Pollutionin Some Parts of Jalingo, Metropilis, Nigeria Using Magnetic Susceptibility Method*. Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences.

Muffit, F., Fadhillah, Amir, H., dan Bijaksana, S. 2006.*Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat*, Jurnal Geofisika, Volume 1.

Nurpadillah, S. 2019. *Kajian Sebaran Mineral Magnetik Sedimen Sungai Menggunakan Metoda Kemagnetan Batuan*. Jurnal Pendidikan Fisika Vol. 7 No. 1.

Ortega, D., and Pankhurst, Q. A. 2013. *Magnetic hyperthermia, In Nanoscience*. Royal Society of Chemistry: Cambridge.

Purnawan, S., Azizah, A., Jalil, Z., & Zaki, M. (2018). *Karakteristik Sedimen dan Kandungan Mineral Pasir Besi di Labuhan Haji Timur, Kabupaten Aceh Selatan*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Universitas Syiah Kuala Aceh.

Pranitha Septiana B, Siti Zulaikah, Arif Hidayat, R. A. 2015. *Uji Suseptibilitas Magnetik Tanah Gambut Kalimantan Tengah*. Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM.

Rahma Andini Pratiwi, Agum Gumelar Prakoso, Riski Darmasetiawan, Eleonora Agustine, Kartika Hajar Kirana, D. F. 2016. *Identifikasi Sifat Magnetik Tanah Longsor di Daerah Tanah Longsor*. Prosiding Seminar Nasional Fisika.

Rahmi. 2018. *Analisis Sifat Listrik Nanokomposit Fe3o4/Pvdf Yang Disintesis Dengan Metode Sol Geluntuk Aplikasi Elektroda Baterai Lithium Ion.* Pillar of Physics: Universitas Negeri Padang.

Ramdani, B., Budiman, A. 2015. *Penentuan Nilai Suseptibilitas Magnetik Guano Yang Berasal Dari Gua Baba Kecamatan Lubuk Kilangan Kota Padang*. Jurnal Fisika Unand: Universitas andalas.

Schon, J. H., 1996. *Physical properties of rocks: fundamentals and principles of petrophysics daIam Helbig, K dm Treitel, S., Eds, Handbook of geophysical exploration, Seismic exploration, 18, Pergamon,* The Netherlands.

Sektor Pertambangan Sumbarprov. 2014. Diakses pada 14 Maret 2018, URL: http://www.sumbarprov.goi.id/details/new s/2700.

Siregar. 2015. *Penentuan Nilai Suseptibilitas Magnetik Mineral Magnetik Pasir Besi Sisa Pendulangan Emas di Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat*. Jurnal Fisika Unand: Universitas andalas.

Tamuntuan, G. 2017. *Analisis Suseptibilitas Dan Histeresis Magnetik Pada Endapan Pasir Besi Di Sulawesi Utara*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.

Tiwow, V. A., Rampe, M. J., Arsyad, M. 2018. *Kajian Suseptibilitas Magnetik Bergantung Frekuensi terhadap Pasir Besi Kabupaten Takalar*. Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam, 7(2), 136-146.

Thomson, R. Oldfield, F. 1986. *Enviromental Magnetism.* British Library Cataloguing in Publication Data.

Yulia, W. Erwin. 2019. *Analisis Sifat Magnetik Dan Struktur Partikel Pasirbesi Pantai Arta Pariaman Sumatera Baratmenggunakan Ball Milling.* Komunikasi Fisika Indonesia : Riau.

Yulianti, E., Sudaryanto., Yulizar, Y. 2007. *Pengaruh Formulasi Emulsi Terhadap Hasil Enkapsulasi Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 dengan Poly (Lactic Acid)*. Jurnal sains materi Indonesia.

Yulianto, A, S. Bijaksana, W. Loeksmato, 2002, *Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap.* Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia vol A5 no 0527.

Yulianto, A., Bijaksana, S., & Loeksmanto, W. 2003. *Comparative Study on Magnetic Characterization of Iron Sand from Several Location in Central Java*. Indonesian Journal Physics, 14(2), 63-66.

Zulaikah, S. 2005. *Kajian SIfat Magnetik Stalagmit di Jawa dan Aplikasinya pada Variasi Sekuler Medan Magnetik Bumi Serta Perubahan Iklim Purba*. Disertasi S3 Institut Teknologi Bandung.(ITB).

Zulkarnain. 2000. *Pemanfaatan Pasir Besi Pesisir Pantai Aceh untuk Fabrikasi Magnet*. Proseding Seminar Nasional Bahan Magnet I Serpong.