

Bidang Unggulan : Pengelolaan Sumber Daya Pesisir

Fakultas : MIPA

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN UNSRAT (PUU)



PEMANFAATAN METODE MAGNETIK DAN ANALISA SPEKTROSKOPI SINAR X
UNTUK MENENTUKAN KARAKTERISTIK DAN KUALITAS
ENDAPAN PASIR BESI DI SULAWESI UTARA

Ketua Tim:

Dr. Gerald Hendrik Tamuntuan, S.Si., M.Si.

NIDN: 0006057102

Anggota Tim:

Seni Herlina Tongkukut, S.Si., M.Si.

NIDN: 0004027107

UNIVERSITAS SAM RATULANGI

NOPEMBER 2017

Dibiayai Dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2017 tanggal 21 April 2017

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Unggulan Unsrat (PUU)

Judul*Pemanfaatan Metode Magnetik Dan Analisa Spektroskopi Sinar X Untuk Menentukan Karakteristik Dan Kualitas Endapan Pasir Besi Di Sulawesi Utara***Peneliti/Pelaksana**

Nama Lengkap : GERALD HENDRIK TAMUNTUAN,
 Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
 NIP/NIK : 197105062000031001
 NIDN : 0006057102
 Jabatan / Golongan : Lektor Kepala - III/c
 Fakultas / Program Studi : Fakultas MIPA - Fisika
 Nomor HP : +628124450886
 Alamat surel(e-mail) : gtamuntuan@gmail.com
 Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 Tahun
 Biaya Yang Diusulkan : Rp. 30,000,000
 Biaya Maksimum : Rp. 30,000,000

Anggota

Anggota (1)
 Nama : SENI HERLINA JUITA TONGKUKUT
 NIDN : 0004027107
 Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mengetahui
 Dekan Fakultas MIPA,

 (Prof. Dr. Henry Tamuntuan, M.Sc)
 NIP/NIK : 194066041995121001

Manado, 24 November 2017
 Ketua,


 (DR. GERALD HENDRIK TAMUNTUAN., S.SI.,M.SI)
 NIP/NIK : 197105062000031001

Menyetujui,
 Ketua LPPM UNSRAT

 (Prof. Dr. Ir. Inelle F.M. Rumengan, M.Sc)
 NIP/NIK : 195711051984032001

RINGKASAN

Pasir besi merupakan salah satu sumber daya alam yang potensial. Keberadaan pasir besi di Sulawesi Utara telah teridentifikasi pada beberapa lokasi terutama pada daerah pesisir pantai. Karena kurang tersedianya data dan informasi maka dianggap perlu untuk melakukan kajian tentang kualitas serta karakteristik dan komposisi mineral magnetik oksida besi pada endapan pasir besi di lokasi-lokasi tersebut. Lokasi pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah 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. Metode yang digunakan adalah metode magnetik dan analisa spektroskopi sinar X. Metode magnetik merupakan metode fisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bahan untuk mengetahui karakteristik dari mineral-mineral besi oksida. Sedangkan spektroskopi sinar X, melalui observasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF), merupakan metode fisika yang sangat efektif dalam menentukan komposisi unsur dan mineralogi suatu bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase berat besi (Fe) pada sampel-sampel yang diteliti adalah relatif yaitu berkisar 52,3 – 81,46%, kecuali pada daerah Belang hanya sekitar 34,6%. Nilai suseptibilitas magnetik bervariasi dari $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ - $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dengan nilai rata-rata tertinggi suseptibilitas adalah pada pasir berukuran halus (*fine grains*). Pasir besi pada daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pantai barat. Konsentrasi mineral superparamagnetik tertinggi berada pada daerah Belang. Mineral magnetik yang dominan dari sampel-sampel pasir besi yang diteliti adalah magnetit dengan *domain state* adalah *pseudo-single domain*. Adapun luaran yang dihasilkan adalah dalam bentuk presentasi materi pada Seminar Nasional MIPAnet yang dilaksanakan di Universitas Sam Ratulangi serta artikel yang telah publikasi di jurnal ilmiah nasional ber ISSN.

Kata kunci: Pasir Besi, Metode Magnetik, Spektroskopi Sinar X, Sulawesi Utara.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa karena atas kemurahanNya sehingga penelitian kami sepanjang tahun 2017 boleh berjalan dengan baik. Penelitian ini telah menghasilkan informasi tentang karakteristik dan kualitas endapan pasir besi pada beberapa lokasi di Sulawesi Utara berdasarkan metode magnetik dan spektroskopi sinar X. Kami berterima kasih kepada Universitas Sam Ratulangi (Unsrat) yang melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LPPM) Unsrat telah membiayai penelitian ini dengan skim Penelitian Unggulan Universitas Sam Ratulangi (PUU) tahun 2017. Masukan yang konstruktif akan diterima dengan senang hati untuk penyempurnaan hasil-hasil yang kami peroleh. Akhir kata, kiranya hasil penelitian ini boleh melengkapi wawasan tentang potensi sumber daya alam di Sulawesi Utara, bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta berdampak positif untuk umat manusia.

Manado, Nopember 2017

Peneliti

DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan	i
RINGKASAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1. Spektroskopi Sinar X	3
II.1.1. X-Ray Fluorescence	3
II.1.2. X-Ray Diffraction	3
II.2. Sifat dan Karakteristik Kemagnetan Pasir Besi	4
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT	6
BAB IV METODE PENELITIAN	7
BAB V HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	10
V.1. Hasil Pengukuran Magnetik	10
V.2. Hasil Pengukuran Spektroskopi Sinar X	14
V.3. Luaran Yang Telah Dicapai	16
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	17
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN – LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Nilai suseptibilitas magnetik pada enam lokasi di Sulawesi Utara	10
Tabel 2	Parameter histeresis pada sampel pasir besi di Sulawesi Utara. Ms : Magnetisasi Saturasi; Mrs : Magnetisasi Remanen Saturasi; Bc : Koersivitas Magnetik; Bcr : Koersivitas Remanen Magnetik	13

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Lokasi pengambilan sampel, meliputi tiga lokasi di wilayah pantai timur lengan utara Sulawesi (Belang, Hais, dan Minanga) serta tiga lokasi lainnya di pantai barat lengan utara Pulau Sulawesi (Lalow, Inobonto, Lolan).	8
Gambar 4.2	<i>Road map</i> penelitian	8
Gambar 4.3	<i>Fish bone</i> diagram dari penelitian	9
Gambar 5.1	Suseptibilitas bergantung frekwensi pada sebaran ukuran bulir pasir besi	11
Gambar 5.2.	Kurva histeresis dari sampel (a) Minanga, (b) Inobonto, (c) Lalow, (d) Hais, (e) Belang, dan (f) Lolan	12
Gambar 5.3	<i>Domain state</i> dari sampel-sampel yang diukur adalah <i>pseudo-single domain</i>	13
Gambar 5.4	Kurva akusisi IRM dari semua sampel	14
Gambar 5.5	Hubungan antara persentase berat beberapa unsur terhadap Fe	14
Gambar 5.6	Hubungan antara suseptibilitas magnetik dengan kandungan Fe dalam sampel	15
Gambar 5.7	Difraktogram sampel pasir besi pada beberapa lokasi di Sulawesi Utara	15

BAB I. PENDAHULUAN

Sulawesi Utara merupakan daerah yang kaya akan sumber daya mineral ekonomis. Selain emas yang saat ini sudah banyak dieksploitasi oleh perusahaan tambang nasional/internasional, sumber daya mineral lain yang potensial adalah pasir besi yang keberadaannya banyak terdapat di wilayah pesisir pantai barat dan timur Sulawesi Utara. Pasir besi di beberapa tempat telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri baja, pembuatan beton (Vasudevan, 2016), keramik magnet (Rusianto dkk, 2012) serta bahan dasar industri magnet permanen. Kandungan mineral-mineral magnetik besi oksida pada endapan pasir besi seperti magnetit, hematit, dan maghemit juga dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk tinta kering (toner), pewarna, dan campuran untuk cat.

Endapan pasir besi umumnya terbentuk sebagai hasil pelapukan dan erosi batuan ber kandungan Fe tinggi yang terendapkan di suatu tempat, antara lain di pesisir pantai. Keberadaan endapan ini di Sulawesi Utara telah teridentifikasi pada beberapa daerah seperti Arakan, Belang, Kotabunan, Sidate, Poigar, Lolak, serta beberapa daerah lain di Bolaang Mongondow. Sumber daya alam tersebut dapat menjadi komoditas potensial daerah. Namun masalahnya, hingga saat ini hampir tidak ditemukan informasi ataupun pemetaan tentang kualitas serta karakteristik dan komposisi mineral magnetik oksida besi pada endapan pasir besi di berbagai wilayah Sulawesi Utara .

Potensi endapan pasir besi pada suatu daerah biasanya ditentukan oleh dua hal yaitu volume endapan serta kualitas kandungan Fe. Belakangan diketahui bahwa tingkat oksidasi Fe ternyata berpengaruh terhadap kualitas pasir besi. Karakteristik lokasi serta variasi proses pembentukan menyebabkan terdapatnya mineral-mineral besi oksida dengan komposisi yang berbeda pada setiap daerah. Kajian tentang kualitas kandungan Fe dan oksida besi pada pasir besi dapat dilakukan secara fisika ataupun kimia (Zhang dkk, 2012).

Secara fisika, penentuan unsur dan mineralogi suatu sampel dapat dilakukan dengan analisa spektroskopi Sinar X, yaitu melalui observasi *X-ray fluorescence* (XRF) dan *X-ray diffraction* (XRD), serta dengan menggunakan metode magnetik. Beberapa peneliti terdahulu telah memanfaatkan XRF dan XRD untuk menganalisis mineralogi pada tanah dan batuan, seperti Marathe (2012) La Tour (1989) telah memanfaatkan XRF untuk analisis unsur-unsur pada batuan, Sun dan Li (2017) menganalisis mineral berbasis Fe pada batuan sedimen, Tebandeke dkk (2015) menganalisis mineral *clay*, serta diskriminasi

mineral besi dari pasir besi (Suba& Styriakova, 2015). Keberadaan kandungan besi oksida yang bersifat magnetik memberi peluang pada pemanfaatan metode magnetik. Beberapa kajian tentang karakteristik pasir besi dengan memanfaatkan metode magnetik sebelumnya pernah dilakukan oleh Yulianto dkk (2002) menggunakan sampel dari daerah Cilacap serta Mufit dkk (2006) menggunakan sampel dari Pariaman, Sumatera Barat. Dengan demikian, kemampuan dari metode-metode fisika ini dapat diandalkan untuk mengkaji kualitas dan karakteristik pasir besi di Sulawesi Utara.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Spektroskopi Sinar X

II.1.1. *X-Ray Fluorescence*

Teknik analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan teknik analisis suatu bahan dengan menggunakan peralatan spektrometer yang dipancarkan oleh sampel dari penyinaran sinar-X. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur berdasarkan pada panjang gelombang dan jumlah sinar X yang dipancarkan kembali setelah suatu material ditembak sinar X berenergi tinggi. Sinar-X yang dianalisis berupa sinar-X karakteristik yang dihasilkan dari tabung sinar-X, sedangkan sampel yang dianalisis dapat berupa sampel padat pejal dan serbuk. Dasar analisis alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah pencacahan sinar-X yang dipancarkan oleh suatu unsur akibat pengisian kembali kekosongan elektron pada orbital yang lebih dekat dengan inti atom (kulit K) oleh elektron yang terletak pada orbital yang lebih luar. Kekosongan elektron ini terjadi karena eksitasi elektron. Pengisian elektron pada orbital K akan menghasilkan spektrum sinar-X deret K, pengisian elektron pada orbital berikutnya menghasilkan spektrum sinar-X deret L, deret M, deret N dan seterusnya (Sumantry, 2002).

Data hasil pengukuran XRF berupa sumber spektrum 2 dimensi dengan sumbu-x adalah energi (keV) sedangkan sumbu-y adalah cacahan/ intensitas sinar-x yang dipancarkan oleh setiap unsur. Setiap unsur menghasilkan spektrum dengan energi yang spesifik. Energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan inti elektron dan juga energi yang dipancarkan oleh transisi merupakan karakteristik dari setiap unsur. Transisi dari kulit elektron L yang mengisi kulit K menghasilkan transisi, sedangkan kulit elektron M yang mengisi kulit K menghasilkan transisi. XRF sangat cocok untuk menentukan unsur seperti Si, Al, Mg, Ca, Fe, K, Na, Ti, S, dan P dalam batuan *siliciclastik* dan juga untuk unsur metal seperti Pb, Zn, Cd, dan Mn (Tucker dan Hardy, 1991).

II.1.2. *X-Ray Diffraction*

Metode atau teknik analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) atau difraksi sinar X merupakan salah satu cara yang akurat untuk mengetahui senyawa dan struktur kristal dari unsur senyawa (Silaban, 2001). Sinar X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara $0,5 \text{ \AA} - 2,5 \text{ \AA}$ dan memiliki energi foton antara $1,2 \times 10^3 \text{ eV} - 2,4 \times 10^5 \text{ eV}$ yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron energi tertinggi. Dengan karakteristik tersebut, sinar X mampu menembus zat padat sehingga dapat digunakan

untuk menentukan struktur kristal. Hamburan sinar ini dihasilkan bila suatu elektron logam ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara. Peristiwa pembentukan sinar X dapat dijelaskan yaitu pada saat menumbuk logam, elektron yang berasal dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada waktu mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi electron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar X. Proses ini terkenal sebagai proses *bremstrahlung*.

Untuk menganalisis struktur kristal dari bahan paduan dibutuhkan sinar-x yang monokromatik (hanya memiliki satu panjang gelombang) maka perlu dilakukan proses penyaringan menggunakan bahan penyaring (*filter*) yang sesuai, yaitu menggunakan logam bernomor atom lebih kecil dari target. Apabila suatu berkas sinar X monokromatis dilewatkan pada suatu bahan maka akan terjadi penyerapan dan penghamburan berkas sinar oleh atom-atom dalam bahan tersebut. Berkas sinar X yang jatuh akan dihamburkan ke segala arah, tetapi karena keteraturan letak atom-atom, pada arah-arrah tertentu gelombang hambur itu akan berinterferensi konstruktif (mengalami penguatan), sedang yang lainnya akan mengalami interferensi destruktif (saling menghilangkan).

Secara prinsip, dalam pengukuran akan ada seberkas sinar X terarah jatuh pada kristal dengan sudut θ dan sebuah detektor yang diletakkan untuk mencatat sinar yang sudut hamburnya sebesar θ . Ketika θ diubah, detektor akan mencatat puncak intensitas yang bersesuaian dengan orde- n yang divisualisasikan dalam difraktogram. Penentuan orientasi kristal dilakukan dengan mengamati pola berkas difraksi sinar X yang dipantulkan oleh kristal. Pola difraksi diamati sebagai fungsi sudut 2θ (Ngkoimani dkk, 2010). Pola difraksi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data standar.

II.2. Sifat dan Karakteristik Kemagnetan Pasir Besi

Pada prinsipnya sifat magnetik bahan dapat dibedakan atas bahan diamagnetik, paramagnetik, ferromagnetik, antiferromagnetik, dan ferrimagnetik (Tauxe, 2008). Pasir besi pada umumnya mengandung mineral-mineral magnetik berbentuk oksida besi yang masuk dalam kategori ferrimagnetik. Komposisi utama pasir besi umumnya adalah

magnetit (Fe_3O_4), hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) serta silikon oksida (SiO_2) (Yulianto dkk, 2006) serta senyawa-senyawa lain yang kandungannya lebih rendah.

Magnetisasi pada pasir besi atau sampel lainnya dapat diperoleh melalui (i) pemberian medan magnet induksi atau (ii) tanpa pemberian medan magnet induksi. Sifat-sifat yang muncul oleh proses tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis, konsentrasi, dan ukuran bulir mineral magnetik yang terkandung didalamnya (Tauxe, 2008). Adapun parameter-parameter yang diperoleh dengan cara pertama adalah parameter suseptibilitas magnetik dan kurva histeresis magnetik. Dari kurva histeresis dapat diekstraksi empat parameter magnetik yaitu parameter saturasi magnetik, saturasi magnetik remanen, koersivitas, dan koersivitas remanen.

Ketua dan anggota peneliti sudah sangat familiar dengan metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian ini. Kajian dengan memanfaatkan spektroskopi sinar X sudah umum dilakukan pada bidang fisika. Sementara kajian berupa pemanfaatan metode magnetik secara khusus metode kemagnetan batuan (*rock magnetism*) telah dilakukan oleh ketua peneliti pada berbagai objek alamiah seperti sedimen, tanah, serta debu vulkanik, dan telah dipublikasikan baik dalam bentuk seminasi internasional dan nasional maupun naskah pada jurnal ilmiah internasional berindeks (lihat lampiran 4).

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT

III.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas serta karakteristik endapan pasir besi pada beberapa daerah di Sulawesi Utara. Hal-hal yang akan ditentukan secara rinci dalam penelitian ini adalah komposisi unsur, kandungan Fe dan Titanium, mineralogi, serta sifat-sifat magnetik terutama suseptibilitas dan parameter-parameter histeresis (satuarasi magnetik, saturasi magnetik remanen, koersivitas, dan koersivitas remanen).

III.2. Manfaat Penelitian

Kajian tentang endapan pasir besi sangat perlu dilakukan sehubungan dengan potensi sumber daya alam yang banyak terdapat di pesisir pantai Sulawesi Utara tersebut dapat berkontribusi bagi pengembangan ekonomi daerah. Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi tentang bagaimana kualitas dan karakteristik pasir besi pada berbagai lokasi di Sulawesi Utara serta perbandingannya dengan daerah lain di Indonesia. Penelitian ini bersinergi dengan program penelitian prioritas Universitas Sam Ratulangi yang berfokus pada pengembangan potensi sumber daya alam terutama dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi berbasis kearifan lokal. Pada akhirnya, penelitian ini akan merekomendasikan beberapa hal sebagai kontribusi nyata Universitas Sam Ratulangi kepada pihak pemerintah dan masyarakat terkait hasil-hasil penelitian yang dilakukan.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan secara terstruktur, mulai dari survey, pengambilan sampel di lapangan, karakterisasi/pengukuran di laboratorium, dan analisis data. Pengambilan sampel dilakukan pada daerah pantai timur Sulawesi Utara yaitu di daerah Belang, Hais, dan Minanga, serta pada daerah pantai barat Sulawesi Utara yaitu Lalow, Inobonto, dan Lolan (Gambar 4.1). Setelah dipreparasi, sampel-sampel pasir besi akan dikarakterisasi melalui serangkaian pengukuran, yaitu:

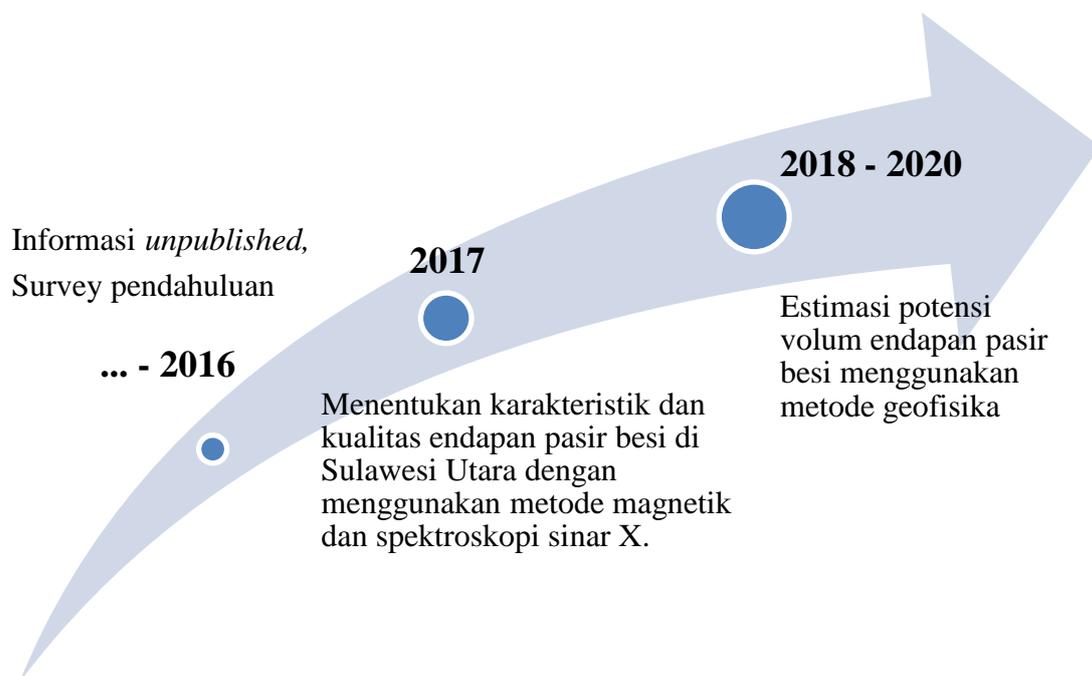
- Pengukuran suseptibilitas magnetik di Laboratorium Kemagnetan Batuan ITB. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan magnetik yang berkorelasi tinggi dengan kandungan besi oksida pada sampel.
- Pengukuran parameter-parameter histeresis magnetik menggunakan *vibrating sample magnetometer* yang terdapat di BATAN Serpong. Hasil pengukuran digunakan untuk menganalisis koersivitas dan domain dari mineral magnetik pada sampel pasir besi.
- Pengukuran *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk karakterisasi mineral dan struktur kristal. Pengukuran ini akan dilakukan di Badan Tenaga Nuklir (BATAN) Serpong.
- Pengukuran *X-Ray Fluorecence* (XRF) untuk menentukan komposisi unsur pada sampel pasir besi. Pengukuran akan dilaksanakan di Universitas Negeri Malang.

Peta jalan (*road map*) dan rancangan penelitian dalam bentuk *fish bone diagram* berturut-turut disajikan pada Gambar 4.2 dan 4.3. Target capaian/luaran yang dapat menjadi indikator keberhasilan dari penelitian ini adalah :

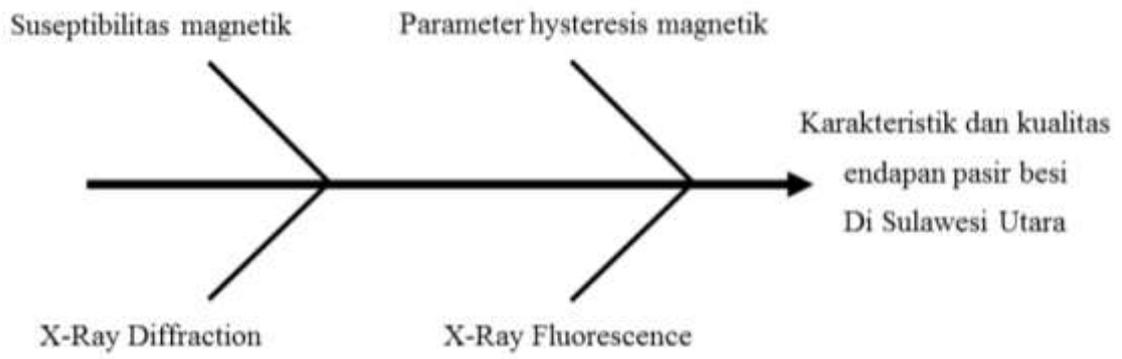
1. Satu buah publikasi ilmiah yang disajikan dalam seminar nasional.
2. Satu buah publikasi pada jurnal ilmiah nasional.



Gambar 4.1. Lokasi pengambilan sampel, meliputi tiga lokasi di wilayah pantai timur lengan utara Sulawesi (Belang, Hais, dan Minanga) serta tiga lokasi lainnya di pantai barat lengan utara Pulau Sulawesi (Lalow, Inobonto, Lolan).



Gambar 4.2. Road map penelitian.



Gambar 4.3. *Fish bone diagram* dari penelitian.

BAB V. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

V.1. Hasil Pengukuran Magnetik

V.1.1. Suseptibilitas Magnetik

Tabel 1 menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik yang diukur pada dua frekwensi, masing-masing adalah suseptibilitas magnetik pada frekwensi 470 Hz (χ_{LF}) dan pada 4700 Hz (χ_{HF}). Sampel-sampel pasir besi tersebut diukur pada empat sebaran ukuran bulir yang berbeda. Nilai χ_{LF} berkisar antara $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Suseptibilitas magnetik terendah dimiliki oleh sampel dari daerah Lalow dan tertinggi dari daerah Hais. Jika dibandingkan maka sampel-sampel dari daerah pantai timur semenanjung utara pulau sulawesi memiliki rata-rata nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel-sampel dari daerah pantai barat.

Perbandingan nilai χ_{LF} berdasarkan sebaran ukuran bulir menunjukkan bahwa pasir berbulir halus (*fine grain*) memiliki χ_{LF} yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pasir berbulir lebih besar/kasar (*medium* dan *coarse grain*). Besar nilai χ_{LF} pada pasir berbulir kasar (*coarse*) berkisar 5 – 12% dari nilai χ_{LF} pasir berbulir halus. Khusus pada pantai di daerah Lolan, kecenderungan pasirnya adalah berukuran halus.

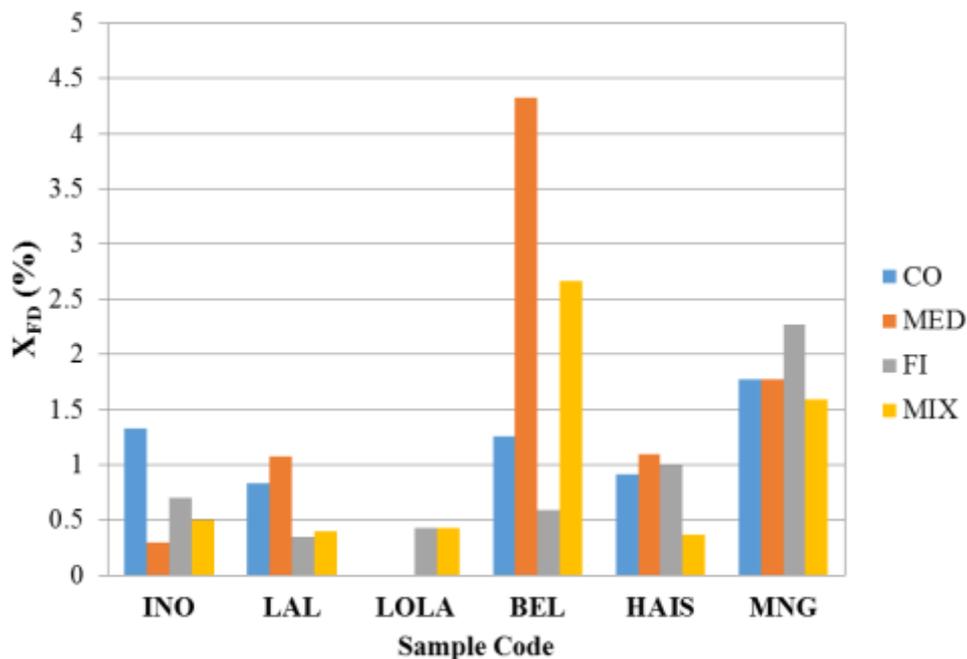
Tabel 1. Nilai suseptibilitas magnetik pada enam lokasi di Sulawesi Utara

Kode sampel	$\chi_{LF} (10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1})$				$\chi_{HF} (10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1})$			
	Co	Med	Fi	Mix	Co	Med	Fi	Mix
INO	16.23	71.34	304.63	106.16	16.01	71.12	302.50	105.63
LAL	7.73	14.99	134.13	175.29	7.67	14.83	133.67	174.60
LOLA	---	---	359.87	256.84	---	---	358.31	255.74
BEL	10.67	11.81	84.07	15.92	10.54	11.30	83.57	15.50
H AIS	17.27	270.25	350.86	436.38	17.11	267.26	347.39	434.76
MNG	24.24	290.52	352.95	234.84	23.81	286.29	344.94	231.10

Nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekwensi (χ_{FD}) pada setiap sebaran ukuran bulir ditampilkan pada Gambar 4.1. Parameter ini merupakan representasi dari konsentrasi mineral superparamagnetik dalam sampel dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$\chi_{FD} = \left(\frac{\chi_{LF} - \chi_{HF}}{\chi_{LF}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

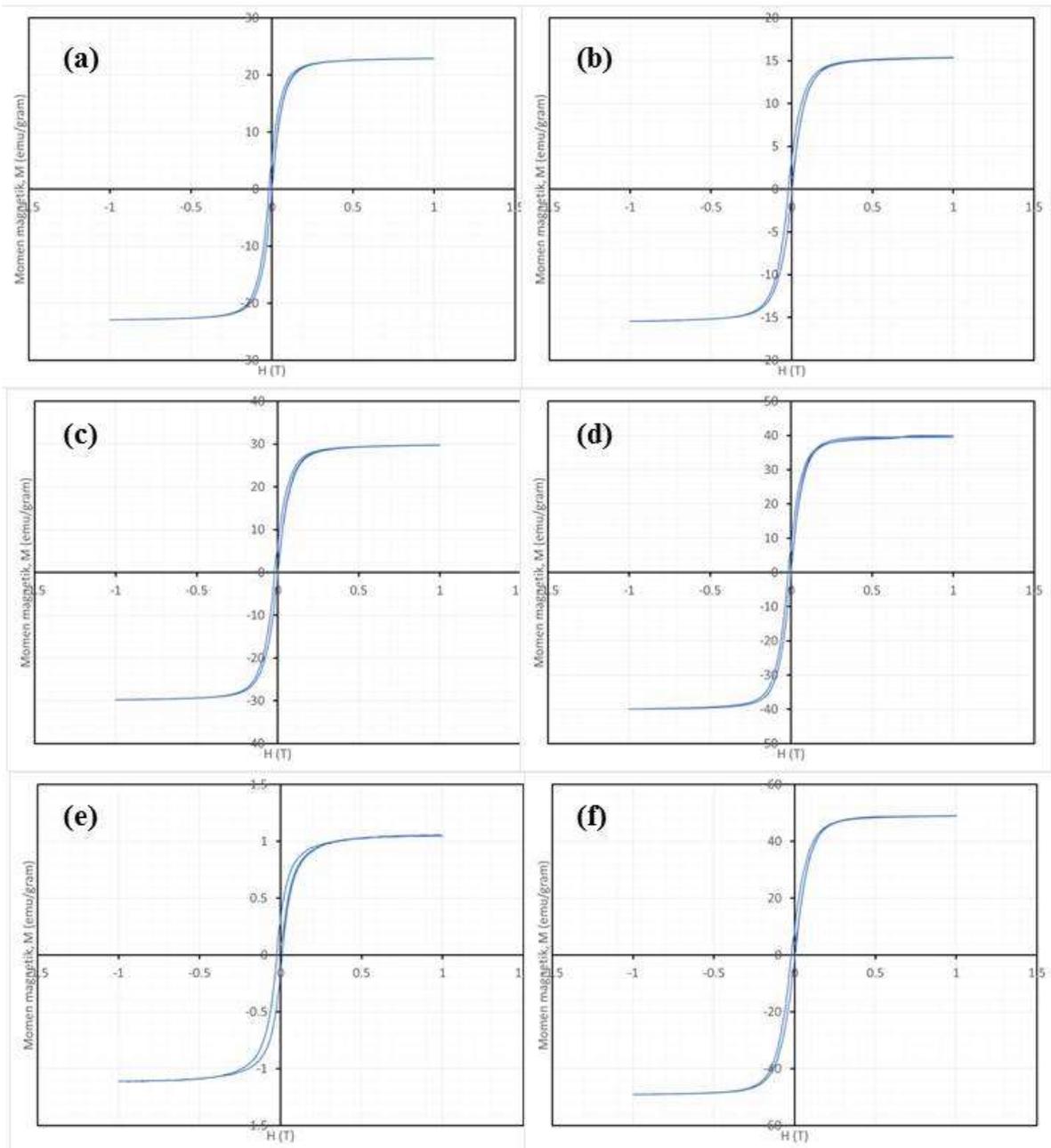
Dari Gambar 5.1 terlihat bahwa sampel-sampel dari daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki konsentrasi mineral superparamagnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel-sampel dari pantai barat. Nilai χ_{FD} tertinggi diperoleh pada sampel dari daerah Belang secara khusus pada ukuran bulir medium, yaitu 4,32%.



Gambar 5.1. Suseptibilitas bergantung frekwensi pada sebaran ukuran bulir pasir besi.

V.1.2. Histeresis Magnetik

Gambar 5.2 menunjukkan kurva histeresis magnetik pada enam sampel yang diukur. Keseluruhan kurva cenderung ber-type normal dan diduga kuat merupakan representasi dari mineral ferimagnetik berdomain pseudo-single domain. Nilai momen magnetik terukur dari sampel-sampel tersebut bervariasi mulai dari 1 hingga 50 emu/gram. Adapun parameter-parameter histeresis yang dapat diekstrak dari kurva tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

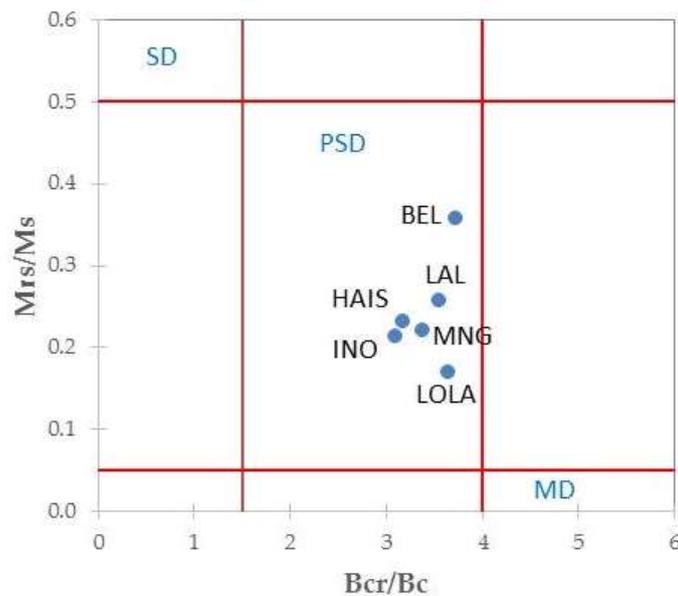


Gambar 5.2. Kurva histeresis dari sampel (a) Minanga, (b) Inobonto, (c) Lalow, (d) Hais, (e) Belang, dan (f) Lolan.

Gambar 5.3 menunjukkan diagram *Day* atau *Day plot* dari data histeresis. Hasil menunjukkan bahwa mineral ferimagnetik pada semua sampel memiliki *domain state* tunggal semu (pseudo-single domain).

Tabel 2. Parameter histeresis pada sampel pasir besi di Sulawesi Utara. Ms : Magnetisasi Saturasi; Mrs : Magnetisasi Remanen Saturasi; Bc : Koersivitas Magnetik; Bcr : Koersivitas Remanen Magnetik

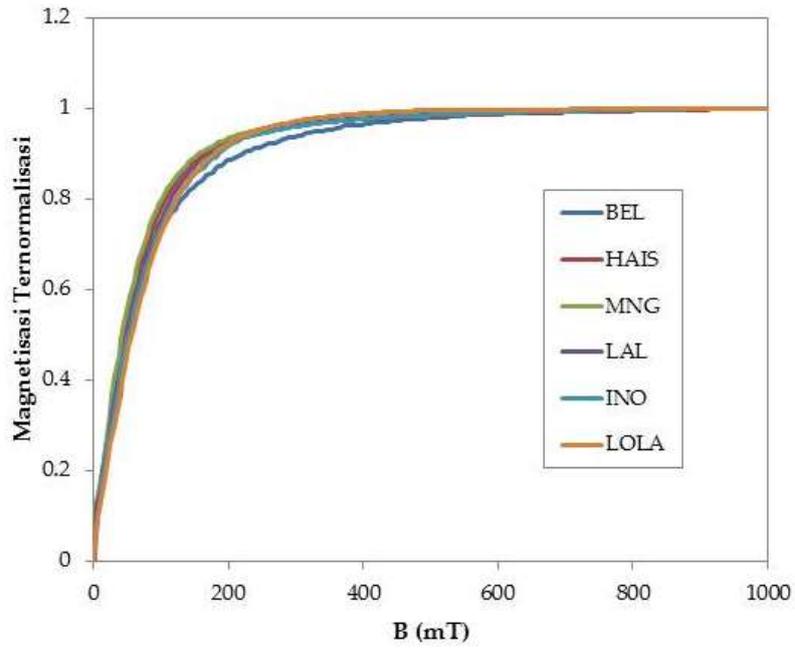
Kode Sampel	Ms emu/g	Mrs emu/g	Bc mT	Bcr mT
BEL	0,98	0,35	15,55	58,00
HAIS	38,24	8,86	9,15	29,00
MNG	22,07	4,86	10,05	34,00
LAL	28,54	7,32	11,05	39,25
INO	14,74	3,16	13,25	41,00
LOLA	47,81	8,11	14,55	53,00



Gambar 5.3. Domain state dari sampel-sampel yang diukur adalah *pseudo-single domain*.

V.1.3. Isothermal Remanent Magnetization

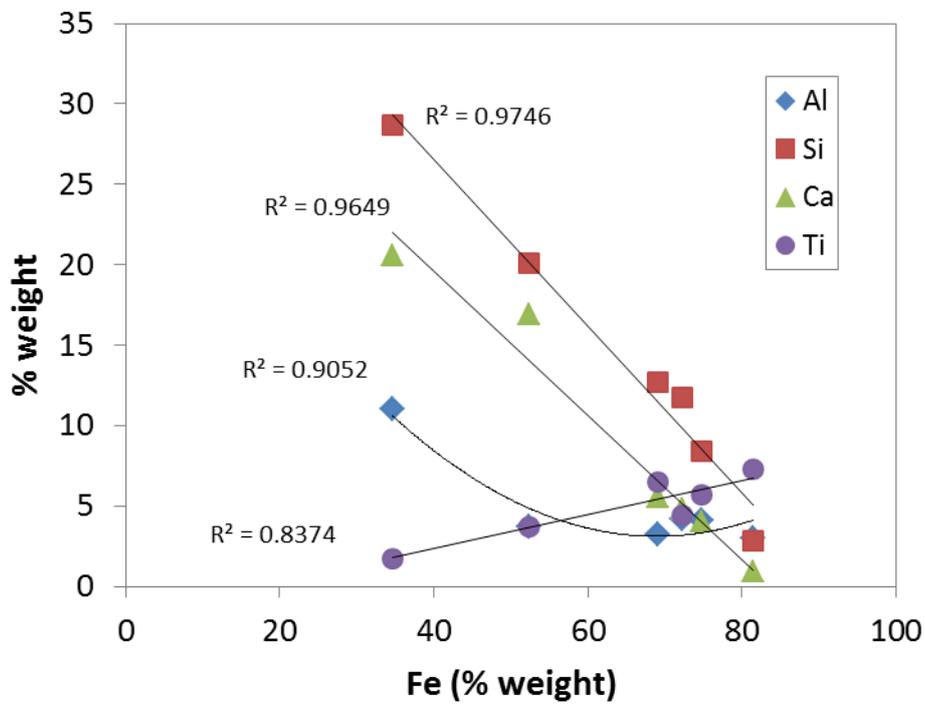
Isothermal Remanent Magnetization (IRM) digunakan untuk mendiskriminasi mineral magnetik pada sampel. Gambar 5.4 menunjukkan grafik akuisisi IRM dengan nilai saturasi medan magnetik di bawah 300 mT. Hal ini mengindikasikan bahwa mineral magnetik yang dominan dalam sampel adalah magnetit atau Fe_3O_4 .



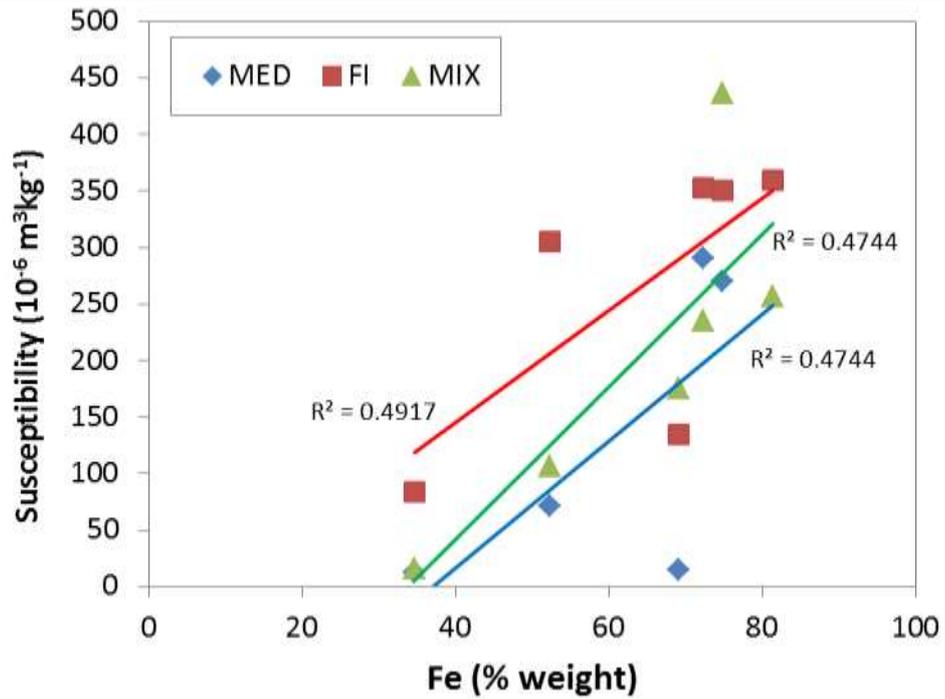
Gambar 5.4. Kurva akuisisi IRM dari semua sampel.

V.2. Hasil Pengukuran Spektroskopi Sinar X

V.2.1. X-Ray Fluorescence (XRF)

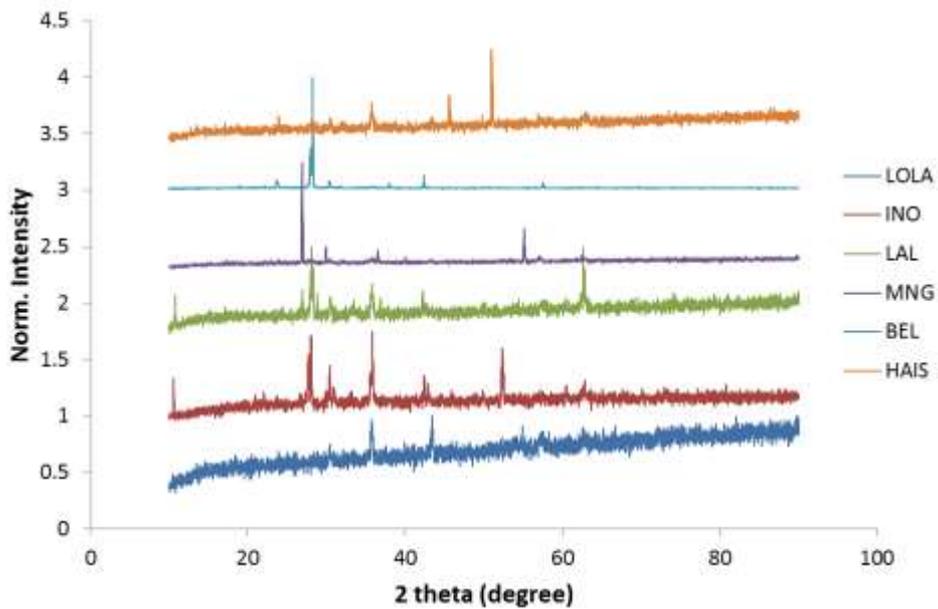


Gambar 5.5. Hubungan antara persentase berat beberapa unsur terhadap Fe.



Gambar 5.6. Hubungan antara suseptibilitas magnetik dengan kandungan Fe dalam sampel.

V.2.2. X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 5.7. Difraktogram sampel pasir besi pada beberapa lokasi di Sulawesi Utara

V.3. Luaran yang Telah Dicapai

1. Presentasi materi pada Seminar Nasional MIPAnet yang dilaksanakan pada bulan Agustus 2017 di Universitas Sam Ratulangi Manado (sertifikat terlampir).
2. Publikasi makalah pada jurnal ilmiah nasional ber-ISSN, MIPA Online (*published*)

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan sementara dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Nilai suseptibilitas magnetik pasir besi pada lokasi yang diukur bervariasi dari $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dengan nilai rata-rata tertinggi suseptibilitas adalah pada pasir berukuran halus (*fine grains*).
2. Pasir besi pada daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pantai barat.
3. Konsentrasi mineral superparamagnetik tertinggi berada pada daerah Belang.
4. Mineral magnetik yang dominan dari sampel-sampel pasir besi yang diteliti adalah magnetit dengan *domain state* adalah *pseudo-single domain*.
5. Kandungan Fe pada sampel-sampel pasir besi di Sulawesi Utara relatif tinggi, yaitu pada pantai timur berkisar 34,6 – 74,82% sedangkan dari daerah pantai barat berkisar antara 52,3 – 81,6%.

VI.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk daerah-daerah pesisir lainnya di Sulawesi Utara untuk memperoleh peta sebaran potensi pasir besi di pesisir Sulawesi Utara.
2. Perlu dilakukan kajian ketebalan endapan pasir besi pada daerah-daerah yang kandungan dan kualitas pasir besinya tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Mufit, F., Fadhillah, Amir, H., Bijaksana, S. 2006. Kajian Tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika* 1, 1-5.
- Mukasa-Tebandeke, I.Z., Ssebuwufu, P.J.M., Nyanzi, S.A., Schumann, A., Nyakairu, G.W.A., Ntale, M., Lugolobi, F. 2015. The Elemental, Mineralogical, IR, DTA, and XRD Analyses Characterized Clays and Clay Minerals of Central and Eastern Uganda. *Advances in Materials Physics and Chemistry* 5, 67-86.
- Ngkoimani, L., Usman, I., Endang, P., Jahidin. 2010. Analisa Kandungan Mineral Batuan pada Situs Kontu Kowuna Kabupaten Muna Menggunakan Difraksi Sinar X. *Jurnal Aplikasi Fisika* 6(2), 104-110.
- Rusianto, T., Wildan, M.W., Abraha, K., Kusmono. 2012. The Potential of Iron Sand from The Coast South of Bantul Yogyakarta as Raw Ceramic Magnet Materials. *Jurnal Teknologi* 5(1), 62-69.
- Silaban, M. 2001. Studi Mineral Lempung Hidrotermal dan Aplikasinya untuk Pemboran Panas Bumi. *Proceeding of the 5th INAGA Annual Scientific Conference & Exhibitions*.
- Sumantry, T. 2002. Aplikasi XRF Untuk Identifikasi Lempung Pada Kegiatan Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VII, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN*, 279-282.
- Sun, S., Li, Y.L. 2017. Geneses and Evolutions of Iron-Bearing Minerals in Banded Iron Formation of > 3760 to ca. 2200 Million-Year-Old: Constraints from Electron Microscopy, X-Ray Diffraction and Mossbauer Spectroscopic Investigation. *Precambrian Research* 289, 1-17.
- Tauxe, L., 2008. *Essentials of Rock and Paleomagnetism*. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA 92093-0220, 513 p.
- Tucker, M., dan Hardy, R. 1991. *Techniques in Sedimentology*, Edited By Maurice Tucker. Blackwell Scientific Pub., London.
- Vasudevan, G. 2016. Performance on Used Iron Sand as Concrete Admixture. *Prosiding 3rd International Conference on Civil, Biological, and Environmental Engineering*, 10-13.
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W. 2002. Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilacap. *Jurnal Fisika – Himpunan Fisika Indonesia* A5 (0527).
- Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., Kurnia, D. 2006. Synthesis of MnZn Ferrite from Iron Sand. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS) Proceeding*, 954-956.
- Zhang, Z., Li, J., Li, X., Huang, H., Zhou, L., Xiong, T. 2012. High Efficiency Iron Removal from Quartz Sand using Phosphoric Acid. *International Journal of Mineral Processing* 114-117, 30-34.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

SURAT PERNYATAAN TANGGUNG JAWAB BELANJA

Yang bertanda tangan di bawah ini

- 1 Nama : Dr. Gerald Hendrik Tamuntuan, M.Si.
- 2 Alamat : Jl. Pramuka no. 122, Sario Kotabaru - Manado

berdasarkan Surat Keputusan Nomor : PUU: 1466/UN12.17.3.4/KU/2017 dan Perjanjian / Kontrak Nomor:/UN12.13/LT/2017 mendapatkan Anggaran Penelitian:

Pemanfaatan Metode Magnetik dan Analisa Spektroskopi Sinar X untuk Menentukan Karakteristik dan Kualitas Endapan Pasir Besi di Sulawesi Utara

sebesar Rp. 30.000.000,- (Tiga Puluh Juta Rupiah)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Biaya kegiatan penelitian di bawah ini meliputi:

No	Uraian	Jumlah (Rp)
1.	Honorarium	2.000.000,-
2.	Belanja Bahan	15.420.000,-
3.	Biaya Perjalanan	4.000.000,-
4.	Biaya Sewa	8.580.000,-
	Total	30.000.000,-

2. Jumlah uang tersebut pada angka 1, benar-benar dikeluarkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian dimaksud;
3. Bersedia menyimpan dengan baik seluruh bukti pengeluaran belanja yang telah dilaksanakan;
4. Bersedia untuk dilakukan pemeriksaan terhadap bukti-bukti pengeluaran oleh aparat pengawas fungsional Pemerintah;
5. Apabila dikemudian hari, pernyataan yang saya buat ini mengakibatkan kerugian Negara maka saya bersedia dituntut penggantian kerugian negara dimaksud sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Manado, November 2017



Ketua Peneliti,

Dr. Gerald Hendrik Tamuntuan, M.Si.

FOTO-FOTO KEGIATAN PENELITIAN

1. Lokasi Pengambilan Sampel di Daerah Lalow, Inobonto, dan Lolan



2. Lokasi Pengambilan Sampel di Daerah Belang, Hais, Minanga



LUARAN PENELITIAN

Sertifikat pemakalah dalam seminar nasional





dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Analisis Suseptibilitas Dan Histeresis Magnetik Pada Endapan Pasir Besi Di Sulawesi Utara

Gerald Tamuntuan ^{a*}, Seni Tongkukut^a, Guntur Pasau^a

^aJurusan Fisika, FMIPA, Unsrat, Manado

KATA KUNCI

Pasir Besi
Suseptibilitas Magnetik
Histeresis Magnetik
Sulawesi Utara

ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran suseptibilitas dan hysteresis magnetic untuk mengetahui karakteristik magnetic endapan pasir besi pada beberapa lokasi di Sulawesi Utara. Lokasi pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah 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 yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetic pada sampel-sampel pasir yang diukur bervariasi dari $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Pengukuran suseptibilitas magnetik pada empat distribusi ukuran bulir pasir yang berbeda menunjukkan bahwa nilai rata-rata tertinggi suseptibilitas adalah pada pasir berukuran halus (*fine grains*). Secara umum, pasir besi pada daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pantai barat. Konsentrasi mineral superparamagnetik tertinggi berada pada daerah Belang. Mineral magnetik yang dominan dari sampel-sampel pasir besi yang diteliti adalah magnetit dengan *domain state pseudo-single domain*.

KEYWORDS

Iron Sand
Magnetic Susceptibility
Magnetic Hysteresis
North Sulawesi

ABSTRACT

Magnetic susceptibility and hysteresis parameters of iron sand deposits at several locations in North Sulawesi have been measured in order to determine their magnetic characteristics. Samples were taken from six locations which is three locations on the east coast of the northern arm of Sulawesi Island (Belang, Hais and Minanga) and three others from the western coastal areas (Lalow, Inobonto and Lolan). The result shows that magnetic susceptibility of the sand samples vary from $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ to $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Measurement of magnetic susceptibility in four different grain size distributions shows that fine grains sand have the highest susceptibility value. In general, magnetic susceptibility value of iron sand samples from the east coast of the north arm of Sulawesi Island was higher than the west coast. Concentration of superparamagnetic mineral from Belang area was higher than other locations. The predominant magnetic minerals of the iron sand samples are magnetite with the domain state pseudo-single domain.

TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2017

1. Pendahuluan

Sulawesi Utara merupakan daerah yang kaya akan sumber daya mineral ekonomis. Selain emas yang saat ini sudah banyak dieksploitasi oleh perusahaan tambang nasional/internasional, sumber daya mineral lain yang potensial adalah

pasir besi yang keberadaannya banyak terdapat di wilayah pesisir pantai barat dan timur Sulawesi Utara. Pasir besi di beberapa tempat telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri baja, pembuatan beton (Vasudevan, 2016), keramik magnet (Rusianto dkk, 2012) serta bahan dasar industri magnet permanen. Kandungan mineral-

*Corresponding author: Jurusan Fisika FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: gtamuntuan@gmail.com

mineral magnetik besi oksida pada endapan pasir besi seperti magnetit, hematit, dan maghemit juga dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk tinta kering (toner), pewarna, dan campuran untuk cat (Yulianto dkk, 2006).

Endapan pasir besi umumnya terbentuk sebagai hasil pelapukan dan erosi batuan ber kandungan Fe tinggi yang terendapkan di suatu tempat, antara lain di pesisir pantai. Keberadaan endapan ini di Sulawesi Utara telah teridentifikasi pada beberapa daerah baik di pesisir pantai timur maupun barat semenanjung utara Pulau Sulawesi, serta beberapa daerah lain di Bolaang Mongondow. Sumber daya alam tersebut dapat menjadi komoditas potensial daerah. Namun masalahnya, hingga saat ini hampir tidak ditemukan informasi ataupun pemetaan tentang kualitas serta karakteristik dan komposisi mineral magnetik oksida besi pada endapan pasir besi di berbagai wilayah Sulawesi Utara.

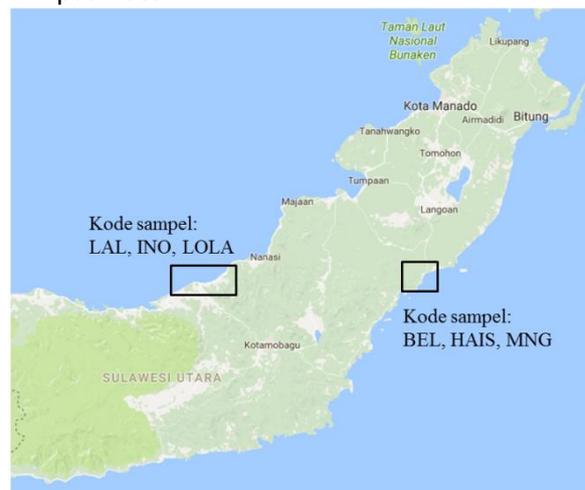
Potensi endapan pasir besi pada suatu daerah biasanya ditentukan oleh dua hal yaitu volume endapan serta kualitas kandungan Fe. Belakangan diketahui bahwa tingkat oksidasi Fe ternyata berpengaruh terhadap kualitas pasir besi. Karakteristik lokasi serta variasi proses pembentukan menyebabkan terdapatnya mineral-mineral besi oksida dengan komposisi yang berbeda pada setiap daerah.

Kajian tentang kualitas kandungan Fe dan oksida besi pada pasir besi dapat dilakukan secara fisika ataupun kimia (Zhang dkk, 2012). Secara fisika, penentuan mineralogi dan karakteristik yang berkaitan dengan kualitas endapan pasir besi dapat dilakukan dengan metode magnetik batuan (*rock magnetism*). Metode ini relatif sederhana, cepat dalam mendapatkan hasil, dan tidak merusak sampel (Bijaksana dkk, 2013). Suba dan Styriakova (2015) telah memanfaatkan metode magnetik untuk diskriminasi mineral besi dari pasir besi. Beberapa kajian tentang karakteristik pasir besi dengan memanfaatkan metode magnetik sebelumnya pernah dilakukan juga oleh Yulianto dkk (2002) menggunakan sampel dari daerah Cilacap serta Mufit dkk (2006) menggunakan sampel dari Pariaman, Sumatera Barat. Dengan demikian, kemampuan dari metode-metode fisika ini dapat diandalkan untuk mengkaji kualitas dan karakteristik pasir besi di Sulawesi Utara.

2. Material dan Metode

Penelitian telah dilaksanakan secara terstruktur, mulai dari survey, pengambilan sampel di lapangan, karakterisasi / pengukuran di laboratorium, dan analisis data. Sampel yang digunakan adalah endapan pasir besi pada daerah pantai timur Sulawesi Utara yaitu di daerah Belang, Hais, dan Minanga, serta pada daerah pantai barat Sulawesi Utara yaitu Lalow, Inobonto, dan Lolan (Gambar 1). Setelah dipreparasi, sampel-sampel pasir besi akan dikarakterisasi melalui serangkaian pengukuran, yaitu:

- Pengukuran suseptibilitas magnetik pada dua frekwensi yaitu 470 Hz (χ_{LF}) dan 4700 Hz (χ_{HF}) menggunakan Bartington MS2B di Laboratorium Kemagnetan Batuan ITB. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan magnetik yang berkorelasi tinggi dengan kandungan besi oksida pada sampel. Data suseptibilitas magnetik pada dua frekwensi selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai suseptibilitas bergantung frekwensi (χ_{FD}) yang dapat mengindikasikan kandungan mineral superparamagnetik dalam sampel.
- Pengukuran histeresis magnetik menggunakan *vibrating sample magnetometer* (VSM) yang terdapat di BATAN Serpong. Hasil pengukuran digunakan untuk menganalisis koersivitas dan domain dari mineral magnetik pada sampel pasir besi.

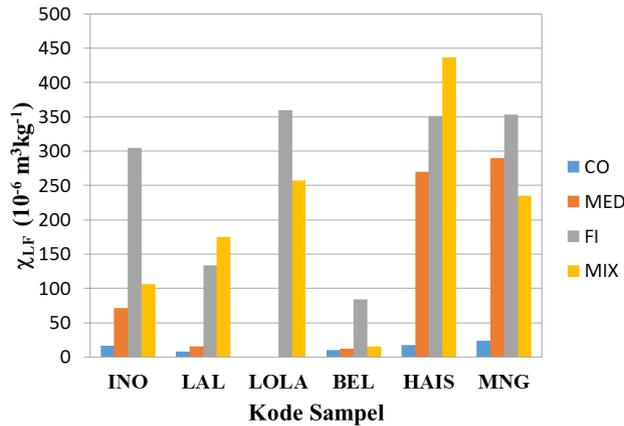


Gambar 1. Kode dan lokasi pengambilan sampel

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas magnetik diukur pada dua frekwensi, masing-masing pada frekwensi 470 Hz (χ_{LF}) dan pada 4700 Hz (χ_{HF}). Sampel-sampel pasir besi tersebut diukur pada empat sebaran ukuran bulir yang berbeda (CO: coarse, MED: medium, FI: fine, MIX: campuran). Gambar 2 menunjukkan data pengukuran χ_{LF} . Nilai χ_{LF} berkisar antara $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Suseptibilitas magnetik terendah dimiliki oleh sampel dari daerah Lalow dan tertinggi dari daerah Hais. Jika dibandingkan maka sampel-sampel dari daerah pantai timur semenanjung utara pulau Sulawesi memiliki rata-rata nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel-sampel dari daerah pantai barat.



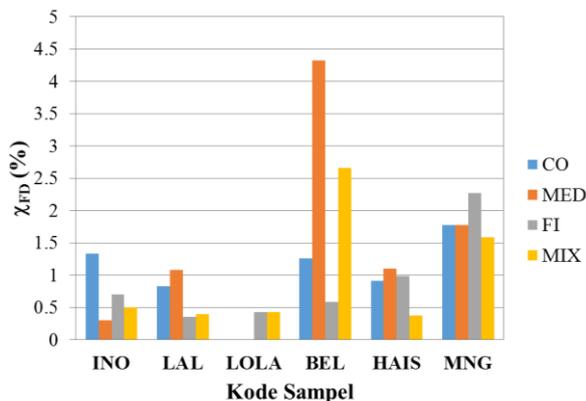
Gambar 2. Suseptibilitas magnetic sampel pasir besi pada empat sebaran ukuran bulir berbeda

Perbandingan nilai χ_{LF} berdasarkan sebaran ukuran bulir menunjukkan bahwa pasir berbulir halus (*fine grain*) memiliki χ_{LF} yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pasir berbulir lebih besar/kasar (*medium* dan *coarse grain*). Besar nilai χ_{LF} pada pasir berbulir kasar (*coarse*) berkisar 5 – 12% dari nilai χ_{LF} pasir berbulir halus. Khusus pada pantai di daerah Lolan, kecenderungan pasirnya adalah berukuran halus.

Nilai suseptibilitas magnetik bergantung frekwensi (χ_{FD}) pada setiap sebaran ukuran bulir ditampilkan pada Gambar 3. Parameter ini merupakan representasi dari konsentrasi mineral superparamagnetik dalam sampel (Tamuntuan dkk, 2010) dan dihitung berdasarkan persamaan:

$$\chi_{FD} = \left(\frac{\chi_{LF} - \chi_{HF}}{\chi_{LF}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

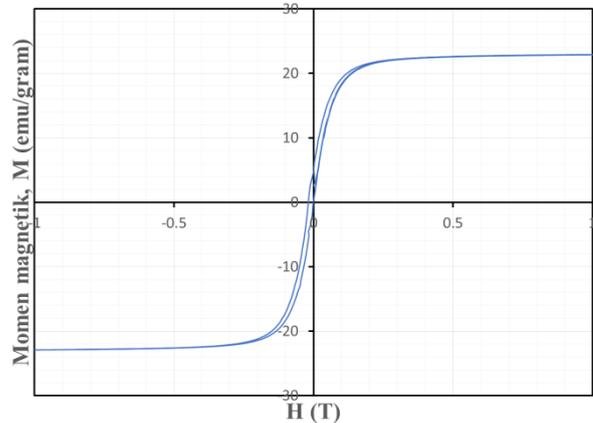
Dari Gambar 3 terlihat bahwa sampel-sampel dari daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki konsentrasi mineral superparamagnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel-sampel dari pantai barat. Nilai χ_{FD} tertinggi diperoleh pada sampel dari daerah Belang secara khusus pada ukuran bulir medium, yaitu 4,32%.



Gambar 3. Nilai suseptibilitas magnetic bergantung frekwensi (χ_{FD}).

3.2. HisteresisMagnetik

Gambar 4 menunjukkan salah satu kurva histeresis magnetik dari sampel yang diukur. Kurva-kurva histeresis dari semua sampel adalah ber-type normal dan diduga kuat merupakan representasi dari mineral ferimagnetik berdomain pseudo-single domain (Tauxe, 2008). Nilai momen magnetik terukur dari sampel-sampel tersebut bervariasi mulai dari 1 hingga 50 emu/gram. Adapun nilai dari parameter-parameter histeresis yang dapat diperoleh dari kurva tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

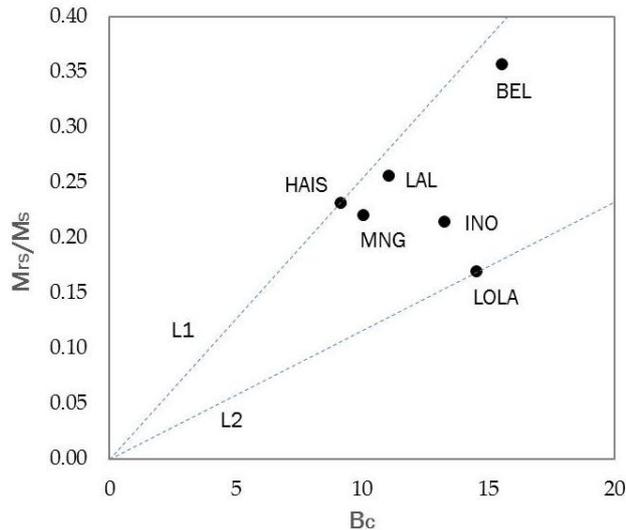


Gambar 4. Kurva histeresis magnetik sampel pasir besi dari daerah Minanga. Bentuk kurva ber-type normal dan sempit mengindikasi mineral magnetik berdomain *pseudo-single domain*.

Gambar 5 menunjukkan grafik antara M_{rs}/M_s dan B_c yang digunakan untuk membedakan secara relatif ukuran bulir mineral magnetik dalam sampel. Semakin mendekati garis L1 maka ukuran bulir magnetik semakin kecil secara relatif.

Tabel 1. Parameter histeresis pada sampel pasir besi di Sulawesi Utara. M_s : Magnetisasi Saturasi; M_{rs} : Magnetisasi Remanen Saturasi; B_c : Koersivitas Magnetik; B_{cr} : Koersivitas Remanen Magnetik

Kode Sampel	M_s emu/g	M_{rs} emu/g	B_c mT	B_{cr} mT
BEL	0,98	0,35	15,55	58,00
HAIS	38,24	8,86	9,15	29,00
MNG	22,07	4,86	10,05	34,00
LAL	28,54	7,32	11,05	39,25
INO	14,74	3,16	13,25	41,00
LOLA	47,81	8,11	14,55	53,00



Gambar 5. Domain state dari sampel-sampel yang diukur adalah *pseudo-single domain*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Nilai suseptibilitas magnetik pasir besi pada lokasi yang diukur bervariasi dari $7,73 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $436,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dengan nilai rata-rata tertinggi suseptibilitas adalah pada pasir berukuran halus (*fine grains*).
- 2) Pasir besi pada daerah pantai timur semenanjung utara Pulau Sulawesi memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah pantai barat.
- 3) Konsentrasi mineral superparamagnetik tertinggi berada pada daerah Belang.
- 4) Mineral magnetik yang dominan dari sampel-sampel pasir besi yang diteliti adalah magnetit berdomain *pseudo-single domain* (PSD).

Daftar Pustaka

Bijaksana, S., Huliselan, E., Safiuddin, L.O., Fitriani, D., Tamuntuan, G., Agustine, E. 2013. Rock

Magnetic Methods in Soil and Environmental Studies: Fundamentals and Case Studies. *Procedia Earth and Planetary Science* 6, 8-13.

Mufit, F., Fadhillah, Amir, H., Bijaksana, S. 2006. Kajian Tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantai Sunur, Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika* 1, 1-5.

Rusianto, T., Wildan, M.W., Abraha, K., Kusmono. 2012. The Potential of Iron Sand from The Coast South of Bantul Yogyakarta as Raw Ceramic Magnet Materials. *Jurnal Teknologi* 5(1), 62-69.

Suba, J., dan Styriakova, D. 2015. Iron Minerals Removal from Different Quartz Sands. *Procedia Earth and Planetary Science* 15, 849-854.

Tamuntuan, G., Bijaksana, S., Gaffar, E., Russell, J., Safiuddin, L.O., Huliselan, E. 2010. The Magnetic Properties of Indonesian Lake Sediment: A Case Study of a Tectonic Lake in South Sulawesi and Maar Lakes in East Java. *ITB Journal of Science* 42A (1), 31-48.

Tauxe, L., 2008. *Essentials of Rock and Paleomagnetism*. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA 92093-0220, 513 p.

Vasudevan, G. 2016. Performance on Used Iron Sand as Concrete Admixture. *Prosiding 3rd International Conference on Civil, Biological, and Environmental Engineering*, 10-13.

Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W. 2002. Karakterisasi Magnetik dari Pasir Besi Cilaca. *Jurnal Fisika - Himpunan Fisika Indonesia* A5 (0527).

Yulianto, A., Bijaksana, S., Loeksmanto, W., Kurnia, D. 2006. Synthesis of MnZn Ferrite from Iron Sand. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS) Proceeding*, 954-956.

Zhang, Z., Li, J., Li, X., Huang, H., Zhou, L., Xiong, T. 2012. High Efficiency Iron Removal from Quartz Sand using Phosphoric Acid. *International Journal of Mineral Processing* 114-117, 30-34.

Format Data Luaran (dapat diupload melalui: <http://lppm.unsrat.ac.id/> klik Data Luaran Penelitian)

PUBLIKASI JURNAL

No	Nama Dosen (Ketua dan Anggota)	Nama Jurnal	Jenis Jurnal* (isi menurut no urut)	Judul	ISSN	VOL	NO	Halaman (...s/d...)	URL (http://...)	Tahun
1	Gerald Tamuntuan, Seni Tongkukut, Guntur Pasau	MIPA UNSRAT ONLINE	3	Analisis Suseptibilitas dan Histeresis Magnetik pada Endapan Pasir Besi di Sulawesi Utara	2302-3899	6	2	105 - 108	https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo/article/view/18008	2017

* Keterangan :

1. Jurnal Internasional 2. Jurnal Nasional Terakreditasi 3. Jurnal Nasional Tidak Terakreditasi (mempunyai ISSN)

PEMAKALAH FORUM ILMIAH

No	Nama Dosen (Ketua dan Anggota)	Nama Forum	Jenis Forum* (isi menurut no urut)	Judul Makalah	Institusi Penyelenggara	Waktu Pelaksanaan	Tempat Pelaksanaan	Status** (isi menurut no urut)	Tahun
1	Gerald Tamuntuan, Seni Tongkukut, Guntur Pasau	Seminar Nasional dan Rapat Tahunan (Semirata) MIPA-net	2	Pemanfaatan Metode Magnetik dan Analisa Spektroskopi Sinar X untuk Menentukan Karakteristik dan Kualitas Endapan Pasir Besi di Sulawesi Utara	Universitas Sam Ratulangi	24 – 25 Agustus 2017	Manado	1	2017

Keterangan

*) : 1. Internasional
2. Nasional

**) : 1. Pemakalah Biasa
2. Invited/Keynote Speaker

3. Regional