KARAKTERISASI MINERAL MAGNETIK LINDI *(Leachate)* TPA AIR DINGIN KOTA PADANG MENGGUNAKAN *SCANNING ELECTRON MICROSCOPICE* (SEM).

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains

Oleh:

YOSI APRI MALITA

NIM. 12753

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

2015

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul	:	Karakterisasi Mineral Magnetik Lindi (leachate) TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscopice*
Nama	:	Yosi Apri Malita
NIM	:	12753
Program Studi	:	Fisika
Jurusan	:	Fisika
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 9 Januari 2015

Disetujui oleh,

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Hj.Ratnawulan, M.Si	Fatni Mufit, S.Pd, M.Si
NIP.19590619 198503 1 002	NIP. 19660603 199203 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama	: Yosi Apri Malita
NIM	: 12753
Program Studi	: Fisika
Jurusan	: Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

Karakterisasi Mineral Magnetik Lindi (leachate) TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscopice*

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

Padang, 9 Januari 2015

Tim Penguji

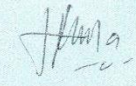
	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Hj.Ratnawulan, M.Si	
Sekretaris	: Fatni Mufit, S.Pd, M.Si	
Anggota	: Drs. Mahrizal, M.Si	
Anggota	: Dr. Hamdi, M.Si	
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si	

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 9 Januari 2015

Yang menyatakan,



Yosi Apri Malita

ABSTRAK

Yosi Apri Malita : Karakterisasi Mineral Magnetik Lindi (leachate) TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Pengelolaan sampah di Indonesia masih bercampur, antara material organik dan anorganik dan juga mempunyai timbunan sampah yang sangat tinggi. Meningkatnya curah hujan akan berdampak buruk terhadap timbunan sampah tersebut, dimana material-material organik di dalam sampah akan mengalami pembusukan dan akan menghasilkan limbah cair (lindi). Agar dapat mengelola sampah dengan baik pada bagian akhirnya harus membutuhkan sebuah tempat pembuangan akhir (TPA) sehingga lindi yang dihasilkan dari proses pembusukan sampah bisa tersalurkan dengan baik di kolam-kolam tempat penampungan yang berada di tempat pembuangan akhir (TPA) yang disebut kolam lindi. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi mineral magnetik lindi (leachate) TPA Air Dingin Kota Padang yang terletak di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat morfologi (ukuran dan bentuk bulir) dan komposisi unsur pada lindi di enam titik pada kolam lindi dan sampel sungai, coring dan selokan TPA Air Dingin Kota Padang.

Karakterisasi mineral magnetik dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) bertujuan untuk melihat morfologi (ukuran dan bentuk bulir) yang diikuti dengan *Energy Dispersive Spectroscope* (EDS) bertujuan untuk menentukan komposisi unsur. Penelitian ini menggunakan 10 sampel yang diambil dari enam titik lindi pada kolam dan 4 titik dari sungai, coring dan selokan TPA Air Dingin Kota Padang. Sampel lindi, sungai, dan selokan terlebih dahulu diekstraksi dengan menggunakan metode *methanol soap bath* yang bertujuan untuk memisahkan mineral magnetik dan nonmagnetik.

Hasil analisa morfologi mineral magnetik dengan menggunakan SEM diketahui, bahwa pada sampel lindi, sungai, coring, dan selokan TPA Air Dingin Kota Padang secara umum mineralnya berbentuk bulat (*spherules*) dan persegi (*rectangle*) serta banyak terdapat rengkahan. Selain itu ukuran bulir mineral magnetik termasuk ke dalam kelompok *multidomain* yaitu berukuran > 20 µm. Hasil analisa EDS menunjukkan beberapa unsur dominan pada lindi, sungai, coring dan selokan adalah Fe, O, Ti, Mg, Al, C, dan Si.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang maha memiliki ilmu dan maha luas ilmu-Nya berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan judul "Karakterisai Mineral Magnetik Lindi (Leachate) TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM)".

Kelancaran kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara moril maupun secara materil. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., sebagai pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ibu Fatni Mufit, S.Pd., M.Si., sebagai pembimbing II dan sekaligus sebagai ketua tim penelitian Penentuan Zona Pencemaran Air Tanah dan Karakterisasi Magnetik Logam Berat Sebagai Polutan Pada Lindi (*Leachate*) TPA Sampah Menggunakan Metoda Kemagnetan Batuan (*Rock Magnetic Methods*) dan Geolistrik (Studi Kasus pada TPA Sampah Air Dingin Kota Padang yang telah melibatkan penulis dalam penelitian ini.

3. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si, Bapak Dr. Hamdi, M.Si, dan Bapak Dr. Gusnedi, M.Si., sebagai tim dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si., sebagai penasehat akademik dan sekaligus sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Dra. Hidayati, M.Si. sebagai Ketua Prodi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Kepada seluruh staf pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah membekali ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama perkuliahan.
8. Edi Kurnia, S,Si, Yori Deswita, Robby Marcian, Yosi Permata Sari, Rizaldi, Mulyandri, Iswandi, teman-teman tim geolistrik 2010 dan adik-adik Fisika 2011, terima kasih atas bantuan teknis selama pengambilan data.
9. Khusus dan teristimewa kepada kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan disertai dengan doanya untuk penulis dengan tiada henti-hentinya.
10. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian Ibu Fatni Mufit, S.Pd, M.Si dengan judul Penentuan Zona Pencemaran Air Tanah dan Karakterisasi Magnetik Logam Berat Sebagai Polutan Pada Lindi (*Leachate*) TPA Sampah Menggunakan Metoda Kemagnetan Batuan (*Rock Magnetic Methods*) dan Geolistrik (Studi Kasus pada TPA Sampah Air Dingin Kota Padang yang didanai oleh DP3M Dikti melalui BOPTN UNP Padang. Penulisan skripsi ini kemungkinan masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari karena keterbatasan. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan agar tugas ini dapat disempurnakan, akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca, Amiin.

Padang, 13 Juli 2014

Yosi Apri Malita
Nim.12753

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK i
KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Rumusan Masalah 6
C. Batasan Masalah 7
D. Tujuan Penelitian 7
E. Manfaat Penelitian 7
BAB II KAJIAN TEORI
A. Kajian Teoritis 9
1. Lindi *(leachate*) 9
2. Logam Berat Pada Lindi 12
3. Unsur-unsur Penyusun Mineral Magnetik 13
4. Mineral Magnetik 15
5. Mineral Manetik Sebagai Indikator Pencemaran Lingkungan 19
6. Morfologi Magnetik 21
7. Kemagnetan Bahan 26
8. Penelitian Relevan 31
9. *Scanning Electron Microscope* (SEM) 31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian 36
B. Tempat dan Waktu Penelitian 36
C. Instrumen Penelitian 36
D. Prosedur Penelitian 40
E. Teknik Pengumpulan Data 44
F. Teknik Analisa Data 46

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian 49
B. Pembahasan 84

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan 90
B. Saran 91

DAFTAR PUSTAKA .....

LAMPIRAN 95

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Skema Proses Terjadinya Lindi..... 11

Gambar 2. Tabel Periodik dan Unsur Transisi Golongan keempat..... 14

Gambar 3. Diagram *Ternary* yang menggambarkan komposisi mineral dalam keluarga oksida titanium besi.....17

Gambar 4. Struktur Kristal *Magnetite*..... 18

Gambar 5. Struktur Kristal *Hematit*e 19

Gambar 6. Bentuk bulir mineral magnetik lindi berbentuk bulat (*spherules*)..... 23

Gambar 7. Bentuk bulir mineral magnetik lindi berbentuk oktahedral dan dalam bentuk sudut..... 24

Gambar 8. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi\chi$<0). (b) Suseptibilitas ($\chi\chi$) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik 27

Gambar 9. (a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan megnet (H) yang diberikan dan ($\chi\chi$>0). (b) Suseptibilitas ($\chi\chi$) tergantung pada temperatur (T) untuk bahan paramagnetik..... 29

Gambar 10. Kurva Histerisis..... 30

Gambar 11. Cara Kerja SEM 34

Gambar 12. Ekman Grap 37

Gambar 13. SEM *type* Phenom Pro X dan *type* HITACHI S-3400N…….. 39

Gambar 14. Gambar sketsa kolam tempat pengambilan sampel TPA Air Dingin Kota Padang..... 42

Gambar 15. Diagram skema sederhana untuk menampilkan jalur elektron primer dan emisi *backscattered electron* dan elektron sekunder..... 46

Gambar 16. Contoh dari Keluaran EDS……... 47

Gambar 17. Morfologi SEM dari Sampel Lindi Titik 1A Perbesaran 500x …….... 50

Gambar 18. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 1A dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b).2000x……...…… 51

Gambar 19. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 2D Perbesaran 500x…… 52

Gambar 20. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 2D dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b). 2000x……..……..... 53

Gambar 21. . Morfologi SEM dari Sampel Lindi 4E Perbesaran 500x ……. 54

Gambar 22 Morfologi SEM dari Sampel Lindi 4E dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b) 2000x……..…….....55

Gambar 23. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 6C Perbesaran 500x…….…. 56

Gambar 24. Morfologi dari Sampel Lindi 6C dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b). 2000x ……..…….....57

Gambar 25. Morfologi SEM dari Sampel Lindi Kolam 4E Perbesaran 500x ….. 58

Gambar 26. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 7C dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b). 2000x ……... 59

Gambar 27. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 8E Perbesaran 500x……. 60

Gambar 28. Morfologi SEM dari Sampel Lindi 8E dengan Perbesaran: (a). 1000x.

(b). 2000x…… 61

Gambar 29. Komposisi Unsur EDS Lindi 1A…… 62

Gambar 30. Komposisi Unsur EDS Lindi 2D … 64

Gambar 31. Komposisi Unsur EDS Lindi 4E…… 65

Gambar 32. Komposisi Unsur EDS Lindi 6C 67

Gambar 33. komposisi Unsur EDS Lindi 7C ……..…… 68

Gambar 34. Komposisi Unsur EDS Lindi 8E…….. 70

Gambar 35. Morfologi SEM dari Sampel S.0 Perbesaran 60x…… 71

Gambar 36. Morfologi SEM dari Sampel Sungai Titik S.0 dengan Perbesaran

a) 500x, b) 1000x…….. 72

Gambar 37. Morfologi SEM dari Sampel S.8 Perbesaran 60x…… 73

Gambar 38. Morfologi SEM dari Sampel Sungai Titik S.8 dengan Perbesaran

a) 500x, b) 1000x…….. 74

Gambar 39. Morfologi SEM dari Sampel Coring Titik A Atas Perbesaran 100x
…… 75

Gambar 40. Morfologi SEM dari Sampel Coring Titik A Atas dengan Perbesaran

a) 400x, b) 1000x…….. 76

Gambar 41. Morfologi SEM dari Sampel Selokan Perbesaran 100x…….. 77

Gambar 42. Morfologi SEM dari Sampel Coring Titik A Atas dengan Perbesaran

a) 400x, b) 1000x…….. 78

Gambar 43. Komposisi Unsur EDS Sungai Titik S.0……. 79

Gambar 44. Komposisi Unsur EDS Sungai Titik S.8……. 80

Gambar 45. Komposisi Unsur EDS Coring A Atas…… 81

Gambar 46 . Komposisi Unsur EDS Selokan Titik S.K 7…… 83

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 1A 63

Tabel 2. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 2D…… 65

Tabel 3. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 4E…… 66

Tabel 4. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 6C ….. 68

Tabel 5. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 7C… .. . 69

Tabel 6. Komposisi Unsur dari Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Titik 8E 71

Tabel 7.Komposisi Unsur dari Sungai TPA Air Dingin Kota Padang Titik S.0 80

Tabel 8. Komposisi Unsur dari Sungai TPA Air Dingin Kota Padang Titik S.8… 81

Tabel 9. Komposisi Unsur dari Coring TPA Air Dingin Kota Padang Titik A Atas 82

Tabel 10. Komposisi Unsur dari Selokan TPA Air Dingin Kota Padang Titik S.K 7..... 83

Tabel 11. Perbandingan Persentase Logam Berat Sampel TPA Air Dingin Kota Padang…… 89

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Dokumentasi Survei Tempat Pengambilan Sampel……..... 95

Lampiran 2. Dokumentasi Proses Pengambilan Sampel 96

Lampiran 3. Dokumentasi Preparasi Sampel dan Pengeringan Sampel 97

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pengelolaan sampah di Indonesia masih bercampur, dimana tidak ada penggolongan material organik dan anorganik. Permasalahan sampah sangat dipengaruhi oleh faktor, seperti: 1) jumlah penduduk, 2) keadaan sosial ekonomi masyarakat, dan 3) kemajuan teknologi. Meningkatnya jumlah penduduk, lahan yang terbatas, dan diiringi dengan pola komsumtif masyarakat, maka secara tidak langsung akan berdampak pada peningkatan volume, jenis, dan jumlah sampah yang dihasilkan (Iswand, 2012). Hal ini akan menjadi salah satu faktor yang akan mempengaruhi lingkungan.

Salah satu faktor yang mempengaruhi lingkungan adalah pembuangan dan pengelolaan sampah. Sampah ialah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, disenangi atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industri) dan bersifat padat. Terlebih dengan terus meningkatnya volume kegiatan penduduk perkotaan, lahan tempat pembuangan akhir (TPA) sampah makin terbatas. Kondisi ini makin memburuk manakala pengelolaan sampah di masing-masing daerah masih kurang efektif, efesien dan berwawasan lingkungan serta tidak terkoordinasi dengan baik. Oleh karena itu perlu dilakukan penanganan khusus tentang permasalahan sampah.

Permasalahan sampah timbul karena tidak seimbangnya produksi sampah dengan pengelolaan dan semakin menurunnya daya dukung alam sebagai tempat pembuangan sampah. Permasalahn ini muncul disebabkan sulitnya pengumpulan, pengangkutan, pembuangan pemanfaatan, dan pemusnahan akhir sampah baik yang berasal dari kantor, sampah rumah tangga, sampah industri, maupun sampah dari pasar dengan demikian akan tejadi penumpukan dan timbunan sampah.

Timbunan sampah kota yang cukup tinggi akan menyebabkan masalah yang sangat besar terutama bagi penduduk yang berada di dekat daerah tersebut, penanganan sampah merupakan permasalahan yang kompleks, karena harus memperhitungkan sistem tranportasi, penggunaan lahan, perkembangan masyarakat dan daerah serta kesehatan masyarakat. Oleh karena itu diperlukan penanganan secara khusus dalam pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah yang baik, bukan untuk kepentingan kesehatan saja, tetapi juga untuk keindahan lingkungan. Pengelolaan sampah yang dimaksud disini adalah meliputi pengumpulan, pengangkutan, sampai pemusnahan atau pengolahan sampah sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu kesehatan masyarakat dan menyebabkan pencemaran lingkungan (Soekidjo, 2011).

Menurut Juandi (2009), pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah merupakan salah satu masalah yang dihadapi oleh Negara berkembang seperti Indonesia, baik limbah industri maupun limbah rumah tangga. Dengan demikian potensi timbunan sampah tersebut dapat menghasilkan limbah cair atau yang dikenal dengan lindi, hal tersebut didukung dengan iklim indonesia yang memiliki curah hujan tinggi.

Meningkatnya curah hujan di Indonesia akan sangat berdampak buruk pada timbunan sampah tersebut, dimana material-material organik di dalam sampah akan mengalami pembusukan dan akan menghasilkan limbah cair (lindi). Lindi (*leachate*) merupakan limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal kedalam timbunan sampah, dan melarutkan serta membilas materi-materi terlarut termasuk materi organik hasil dekomposisi. Materi-materi organik tersebut akan mengalami penguraian dengan senyawa-senyawa lainnya sehingga menghasilkan lindi (*leachate*). Untuk dapat mengelola timbunan sampah dengan baik pada bagian akhirnya harus membutuhkan sebuah tempat pembuangan akhir (TPA).

TPA akan menerima segala resiko akibat pola pembuangan sampah terutama yang berkaitan dengan kemungkinan terjadinya pencemaran lindi (*leachate*) ke badan air maupun air tanah, pencemaran udara oleh gas, dan efek rumah kaca serta berkembang biaknya vektor penyakit seperti lalat. Potensi pencemaran *leachate* maupun gas dari suatu *landfill* ke lingkungan sekitarnya cukup besar mengingat proses pembentukan lindi *(leachate)* dan gas dapat berlangsung dalam waktu yang cukup lama yaitu 20-30 tahun setelah TPA ditutup (Thobanoglous, 1993).

Tempat pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin Kota Padang terletak di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, yang sudah beroperasi sejak tahun 1989 pada awalnya menggunakan sistem open dumping dalam menangani sampah di TPA, kemudian selama tahun 1993-1996 beralih menggunakan sistem *sanitary landfill*. *Sanitary landfill* adalah sistem pengolahan sampah yang mengembangkan lahan cekungan dengan syarat tertentu yaitu jenis dan porositas

tanah, dimana pada dasar cekungan dilapisi Geotekstil untuk menahan peresapan lindi pada tanah serta dilengkapi dengan saluran lindi. Namun selanjutnya pada tahun 1986 sampai sekarang TPA Air Dingin Kota Padang kembali mengolah sampah secara *open dumping* karena alasan biaya.

Suatu Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah yang telah dirancang sedemikian rupa untuk menampung dan mengolah sampah yang dihasilkan pada suatu kota dapat dengan mudah berubah menjadi *open dumping* bila pengelola TPA tidak secara konsekuen menerapkan aturan-aturan yang berlaku. Akibatnya kualitas air lindi akan bervariasi dan berflukstasi (Damanhuri, 1995).

Kualitas dari lindi *(leachate)* sangat bervariasi dan berflukstsi tergantung dari beberapa hal seperti variasi dan proporsi komponen sampah yang ditimbun, curah hujan dan musim, umur timbunan sampah, pola operasional yang dijalankan, dan waktu dilakukannya sampling. Degradasi sampah yang terjadi selama pengoperasian TPA terdiri dari beberapa fase/tahap, dimana durasi untuk masing-masing fase ini tergantung kepada distribusi kandungan organik di *landfill*, ketersediaan nutrien dan kelembaban sampah. Fase yang terjadi akan mempengaruhi kualitas lindi yang dihasilkan oleh suatu *landfill*. Kandungan logam berat akan memingkat pada lindi saat mengalami fase asam, dimana pH rendah sehingga logam terlarut. Sebaliknya kandungan logam akan turun pada saat fase fermentasi dan maturasi, dimana nilai Ph meningkat atau mencapai netral (Komala, 2008).

Lindi pada umumnya bersifat toksik karena mengandung logam berat dan berbagai polutan organik lainnya yang dapat mencemari tanah dan air tanah

(Damaryanti, 2011). Lindi (*leachate*) merembes ke dalam tanah dan mengalir ke permukaan tanah. Air lindi yang mengalir di permukaan tanah masuk ke dalam kolam penampungan. Lindi dapat membahayakan kesehatan bagi masyarakat jika tempat penampungan sampah dioperasikan tanpa sistem pengelolaan yang baik dan tidak relevan . Pola penanganan dan pengelolaan yang kurang tepat dan kurang baik yang tidak relevan akan menyebabkan lindi masuk dan merembes ke dalam air tanah dan akan menjadi masalah yang serius bagi lingkungan sekitarnya dan kesehatan makhluk hidup lainnya yang berada di lingkungan tersebut. Kondisi seperti ini dapat menyebabkan rusak dan berkurangnya ekosistem pada lingkungan tersebut bukan hanya dalam skala lokal namun dapat juga berakibat dalam skala global. Perusakan ekosistem ini akan terjadi apabila kontaminan lindi ini masuk dalam rantai makanan makhluk hidup dan akan mengakibatkan suatu ekosistem akan rusak dan bahkan akan mengalami kepunahan.

Menurut Arif (1989) lindi merupakan bahan pencemar yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan mencemari lingkungan dan biota perairan, karena dalam lindi tersebut terdapat berbagai senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri phatogen. Selain itu juga mengandung amoniak, timbal, dan mikroba parasit seperti kutu air (*Sarcoptes sp*) yang menyebabkan gatal-gatal pada kulit (Sutomo, 2000). Air lindi biasanya mengandung senyawa- senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, fulfat, tanah dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, magnesium, fosfat, sulfat dan senyawa logam berat) yang tinggi. Logam berat yang sering ditemukan

dalam air lindi adalah arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga dan timbal (Langmore, 1998).

Huliselan dan Satria (2007) telah melakukan penelitian tentang mineral magnetik pada lindi yang terdapat di Jelekong Bandung yang menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung pada lindi adalah *magnetite* (Fe_3O_4) yang berukuran cukup besar dan memiliki domain jamak (*multidomain*, MD). Selain itu, bulir-bulir mineral magnetik lindi cenderung berbentuk bulat atau flamboid sehingga diyakini berasal dari sumber-sumber yang bersifat *anthropogenic* seperti sampah.

Berdasarkan penjelasan diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang **"Karakterisasi Mineral Magnetik Lindi TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscopice* (SEM)".** Dengan mengetahui morfologi (bentuk dan ukuran bulir), komposisi unsur dan jenis meineral magnetik yang terkandung di dalam sampel lindi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang peneliti kemukakan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana morfologi mineral magnetik lindi (*leachate*) pada TPA Sampah Air Dingin Kota Padang?
2. Apa komposisi unsur yang terkandung dalam lindi (*leachate*) pada TPA Sampah Air Dingin Kota Padang?

C. Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Karakterisasi yang dilakukan dibatasi pada menentukan, morfologi (bentuk dan ukuran bulir), komposisi unsur dan jenis mineral magnetik lindi (*leachate*) TPA Air Dingin Kota Padang menggunakan SEM.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui morfologi (ukuran bulir, dan bentuk bulir) mineral mgnetik lindi (*leachate*) TPA Air Dingin Kota Padang.
2. Mengetahui komposisi unsur lindi (*leachate*) TPA Sampah Air Dingin Kota Padang.

E. Manfaat Penelitian yaitu:

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu:

1. Hasil pengukuran menggunakan SEM adalah morfologi dan unsur mineral magnetik. Informasi yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu indikator terjadinya pencemaran lingkungan oleh lindi daerah di sekitar TPA Air Dingin Kota Padang
2. Sebagai acuan/referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian lanjutan yang relevan
3. Bagi penulis merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi Sastra-1 (satu) Progarm Studi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Padang

serta menambah pemahaman dan wawasan penulis mengenai penggunaan SEM.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Lindi (*leachate*)

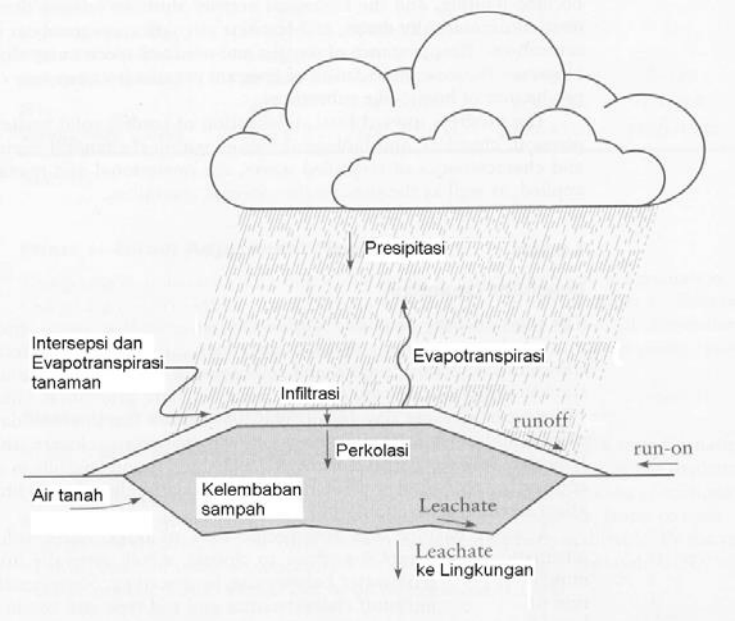
Lindi (l*eachate*) adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan, dan membilas materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis (Damanhuri, 1996). Lindi (*leachate)* adalah cairan yang mengandung unsur-unsur terlarut dan tersuspensi atau cairan yang melewati *landfill* dan bercampur serta tersuspensi dengan zat-zat atau materi yang ada dalam tempat penimbunan (*landfill*) tersebut (Thobanoglous, 1993). Cairan dalam *landfill* merupakan hasil dari dekomposisi sampah dan cairan yang masuk ke tempat pembuangan seperti aliran dan drainase permukaan, air hujan dan air tanah.

Lindi (*leachate)* merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memeiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik (Darmasetiawan, 2004).

Menurut Dinas Kebersihan Kota, lindi *(leachate)* merupakan cairan hasil dekomposisi sampah maupun rembesan air yang melewati suatu timbunan sampah. Lindi dalam ilmu kesehatan lingkungan (refuse) adalah kombinasi dari

perembesan air hujan langsung, dan cairan apapun yang keluar sebagai hasil dari konsolidasi dari material-material sampah *landfill*. Lindi adalah cairan yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas zat-zat terlarut. Cairan tersebut mengandung bahan organik yang tinggi sebagai hasil dekomposisi sampah dan juga berasal dari proses infiltrasi dari air limpasan (Royadi, 2006).

Defenisi lindi secara umum adalah cairan sampah yang ditimbulkan oleh proses dekomposisi sampah padat dan perkolasi air ke dalam timbunan sampah. Sampah padat dengan kandungan air minimum 25% akan mengalami pembusukan secara organik oleh pengurai menghasilkan lindi sebagai salah satu hasilnya. Lindi yang dihasilkan merupakan cairan kotor yang berbau busuk yang berasal dari sampah dan biasanya bewarna kuning, coklat, dan hitam. Cairan in I muncul dari tempat penampungan sampah terbuka ataupun tertutup yang disertai lapisan tanah penutup. Cairan lindi yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh faktor cuaca, yaitu tinggi rendahnya curah hujan yang terjadi.



Gambar 1. Skema Proses Terjadinya Lindi (Damanhuri, 2008)

Gambar 1 diatas memperlihatkan mekanisme masuknya air lindi ke air tanah. Evapotranspirasi merupakan penguapan air yang ada di permukaan bumi ke atmosfer kemudian menjadi awan. Pada keadaan jenuh awan itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya terjadi presipitasi. Menurut Chay (2010), "presipitasi adalah peristiwa klimatik yang bersifat alamiah yaitu perubahan bentuk uap air di atmosfer menjadi curah hujan yang sebagai akibat proses kondensasi". Dapat dikatakan bahwa kualitas air lindi yang dihasilkan akan banyak tergantung pada masuknya air dari luar, sebagian besar dari air hujan, kemiringan permukaan, kondisi iklim, dan sebagainya. Kemampuan tanah dan sampah untuk menahan uap air dan kemudian menguapkannya bila

memungkinkan, menyebabkan perhitungan timbulan lindi agak rumit untuk diprakirakan (Damanhuri, 2008).

2. Logam Berat Pada Lindi

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaan terletak pada dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup (Heryanto, 2004).

Kandungan logam berat dan kandungan mineral magnetik yang sifatnya antropogenik diakibatkan oleh mekanisme pembentukan lindi yang sama. Dengan menggunakan beberapa asumsi bahwa kandungan logam berat dan kandungan mineral magnetik pada lumpur lindi dipengaruhi oleh komposisi sampah, lapisan tanah penutup, alas tumpukan sampah (*liner*), umur TPA. Mineral magnetik yang bersifat antropogenik mempunyai sifat-sifat magnetik yang berbeda dengan mineral magnetik alamiah, diantaranya sampah-sampah bahan industri. Lindi yang diambil dari kolam lindi di sekitar TPA, tidak saja terdiri dari bagian cair tetapi juga mempunyai bagian padat berupa lumpur yang dihasilkan oleh proses pengendapan partikel-partikel padatan yang terikut dalam aliran lindi (Huliselan, 2009).

Kandungan logan berat pada lindi di antaranya: Fe, Cu, Mn, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, dan Zn (Bijaksana dan Huliselan, 2009).

3. Unsur-unsur Dasar Penyusun Mineral Magnetik

Unsur-unsur di alam lebih banyak berupa senyawa dibandingkan dalam keadaan bebas yang bersesuaian dengan bentuk unsurnya. Unsur yang mengandung mineral magnetik berasal dari unsur transisi periode keempat. Semua unsur transisi merupakan unsur-unsur logam yang bersifat lunak, mengkilap, dan penghantar listrik, panas yang baik serta memiliki sifat megnetik (Mc. Murry dan Fay, 2012).

Unsur transisi ini terdapat di antara unsur-unsur golongan alkali tanah dan unsur-unsur golongan boron, yaitu unsur-unsur periode keempat di dalam sistem periodik seperti Gambar 4. Unsur taransisi golongan keempat ini terdiri atas Skadium (Sc), Titanium (Ti), Vanadium (V), Kromium (Cr), Mangan (Mn), Besi (Fe), Kobalt (Co), Nikel (Ni), Tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Skadium dan seng mempunyai sifat yang berbeda dari unsur-unsur transisi deret pertama lainnya dari Ti hingga Cu.

Gambar 2. Tabel periodik dan unsur transisi golongan keempat

Menurut Achmad (2001), bilangan oksida yang umum adalah +2 dan +3 atau keduanya. Salah satu unsur yang memiliki bilangan oksida ini adalah Fe. Terbentuknya Fe^{2+} dan Fe^{3+} untuk mendapatkan kestabilan dengan melepaskan elektron. Proses pelepasan elektron pada Fe sebagai berikut:

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$$

$$Fe \rightarrow Fe^{3+} + 3e^{-}$$

Konfigurasi Fe^{3+} lebih stabil daripada Fe^{2+} jika ditinjau dari konfigurasi elektronnya. Konfigurasi elektron Fe dalam keadaaan Fe^{3+} adalah $[Ar]3d^5$, sedangkan untuk Fe^{2+} konfigurasi elektronnya adalah $[Ar]3d^6$. Kestabilan Fe^{3+} terjadi karena orbital *d* terisi setengah penuh.

Besi (Fe) yang merupakan unsur yang melimpah di kerak bumi yaitu sekitar 6,2% massa kerak bumi dan jarang ditemukan dalam keadaan bebas. Umumnya besi (Fe) ditemukan dalam bentuk mineral (biji besi), seperti *hematite* (Fe_2O_3), *siderite* ($FeCO_3$) dan *magnetite* (Fe_3O_4). Besi yang bereaksi dengan asam klorida akan menghasilkan gas hidrogen dengan reaksi sebagai berikut:

$$Fe(s) + 2H(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$$

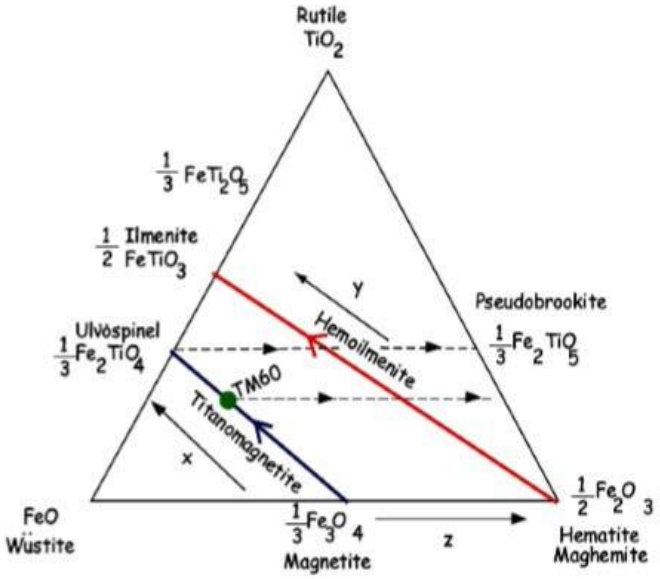
Reaksi tersebut menujukkan proses terjadinya gas hidrogen dan oksidasi Fe menjadi ion Fe^{2+}. Salah satu proses oksidasi Fe menjadi ion Fe^{3+} di alam karena adanya reaksi Fe terhadap larutan asam sulfat pekat. Contoh senyawa Fe^{2+} di alam antara lain FeO, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeCl_2$ dan FeS. Apabila terdapat oksigen yang cukup dalam larutan Fe^{2+}, maka ion Fe^{2+} ini akan mudah teroksidasi menjadi ion Fe^{3+}. Sedangkan untuk senyawa Fe^{3+} di alam dapat berupa Fe_2O_3 dan $FeCl_3$.

4. Mineral Magnetik

Umumnya mineral-mineral yang terdapat di alam ini dapat dieksplorasi dan dimanfaatkan oleh manusia. Sehingga mineral-mineral yang ada di muka bumi ini menjadi sumber alam yang sangat bermanfaat bagi manusia. Mineral merupakan bahan padatan anorganik yang terbentuk melalui reaksi-reaksi kimia dan secara alamiah. Mineral merupakan penyusun utama batuan oleh karena itu, mineral terdapat dalam berbagai jenis batuan. Mineral ini memiliki 3 sifat bahan magnetik yaitu diamagetik, paramagnetik dan ferromagnetik. Dari ketiga sifat bahan magnetik ini

istilah mineral magnetik biasanya hanya untuk mineral yang tergolong ferromagnetik (Bijaksana, 2002).

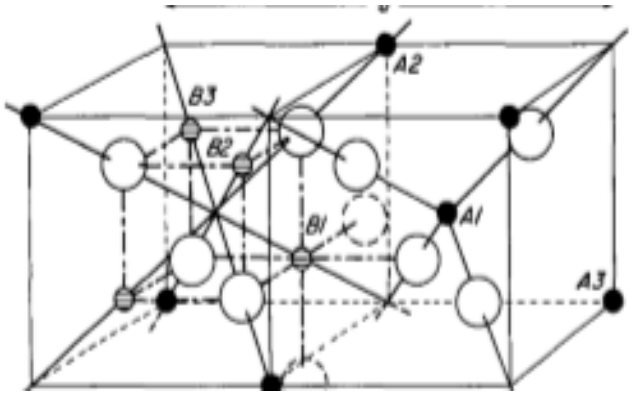
Bahan yang bersifat ferromagnetik memiliki kemagnetan yang paling kuat. Ferromagnetik umumnya tergolong ke dalam keluarga Oksida Titanium Besi, Sulfida Besi dan Hidroksida Besi. Keluarga Oksida Titanium Besi terdiri dari mineral *magnetite* (Fe_3O_4), *hematite* (α-Fe_2O_3) dan *maghemite* (γ-Fe_2O_3). Keluarga Sulfida Besi terdiri dari mineral *Greigite* (Fe_3S_4) dan *phyrhotite* (Fe_7S_8), sedangkan yang termasuk ke dalam keluarga Hidroksida Besi adalah *goethite* (α-FeOOH). Keluarga oksida titanium besi merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral-mineral magnetik yang paling dominan terdapat di alam. Mineral anggota keluarga oksida titanium besi yang memiliki berbagai macam komposisi yang menggambarkan variasi *iron oxide*, tetapi hanya cendrung mengikuti dua deret yang betul-betul penting yaitu*: titanomagnetite* dan *hemoilmenite*. Pada deret *titanomagnetite* ditemukan sebagai mineral *ulvospinel* dan mineral *magnetite*, sedangkan pada deret *hemoilmenite* ditemukan mineral *ilmenite*, mineral *hematite* dan mineral *maghemite* (Tauxe, 2007). Pada puncak segitiga hanya ditemukan TiO_2 saja, pada ujung sebelah kiri terdapat *Wustite* (FeO), sementara pada ujung sebelah kanan terdapat *Hematite / Maghemite* (Fe_2O_3). Hal ini bisa diperhatikan dari diagram *ternary* yang memberikan gambaran mengenai tiga jenis mineral yang saling berhubungan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram *Ternary* yang menggambarkan komposisi mineral dalam keluarga oksida titanium besi (Sumber: Tauxe, 2007)

a. *Magnetite* (Fe_3O_4)

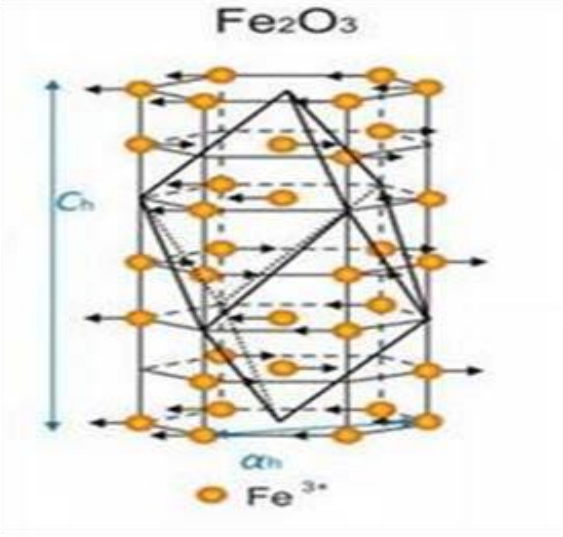
Magnetite adalah salah satu mineral magnetik yang sangat penting di bumi. Hal ini terjadi karena banyak terdapat pada batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Jenis *magnetite* yang dapat dilihat dari butirannya adalah pada oksida besi (Butler, 1998). *Magnetite* (Fe_3O_4) merupakan inverse dari struktur (AB_2O_4). Atom oksigen berbentuk kisi berpusat muka dan berupa oktahedral atau tetrahedral. Untuk setiap unit sel tetrahedral A memiliki 4 inti dan 8 inti untuk setiap sel oktahedral pada bagian B (Tauxe, 2007). Seperti yang dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Kristal *Magnetite*
(Sumber: Dunlop dan Ozdemir, 1997)

b. *Hematite* (α-Fe_2O_3)

Mineral *hematite* bersifat ferromagnetik (Evans dan Heller, 2003). *Hematite* secara umum banyak ditemukan dalam tanah dan juga sedimen yang merupakan pembawa magnetisasi utama sebagai informasi penting dalam studi lingkungan (Jelenska, 2008). Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal, seperti Gambar 5. *Hematite* mengkristal dalam struktur korundum dengan ion oksigen dalam kerangka heksagonal dengan momen magnetik ion Fe^{3+} (Hunt, 1991).



Gambar 5. Struktur Kristal *Hematit*e
(Sumber: Dunlop dan Ozdemir, 1997)

c. *Maghemite* (γ-Fe_2O_3)

Maghemite merupakan mineral yang teroksidasi penuh dari *magnetite* (Jalenska, 2008). Ikatan kimia *maghemite* hampir sama dengan *hematite*, hal ini terlihat pada diagram *ternary* yang terletak pada posisi yang sama (Gambar 5), akan tetapi kedua mineral ini tidak memiliki susunan kristal yang sama (Evans dan Heller, 2003). *Maghemite* memiliki struktur kristal yang sama dengan *magnetite*.

5. Mineral Magnetik Sebagai Indikator Pencemaran Lingkungan

Keberadaan mineral magnetik di alam yang sangat banyak dan beragam sehingga sulit untuk mengidentifikasinya (Huliselan dan Bijaksana, 2007). Keberadaan suatu mineral magnetik dan kelimpahannya di alam dapat menggambarkan keadaan atau kondisi suatu lingkungan. Kelimpahan *antrophogenic* polutan di lingkungan baik yang berasal dari pembangkit listrik,

hasil pembakaran bahan bakar, aktifitas industri, aktifitas jalan raya, limbah, dan lain-lain akan menghasilkan kelimpahan mineral magnetik di lingkungan.

Kelimpahan mineral magnetik di lingkungan ternyata memiliki hubungan yang erat dengan proses-proses pencemaran dan kelimpahannya kemudian dipakai untuk mengestimasi status pencemaran (Chaparro dkk., 2008). Sejumlah penelitian yang telah banyak dilakukan sebelumnya membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat, maka makin tinggi pula parameter magnetik, terutama nilai suseptibilitas. Debu dan abu terbang juga berasal dari sumber antropogenik yang mengandung tingkat logam berat yang sangat tinggi. Bahan magnet dapat menggabungkan logam berat dalam atom kisi atau membentuk partikael terpisah dan logam berat yang diserap pada permukaan partikel magnet.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Blundell (2009) Medeteksi Polusi Udara di Permukaan Tanah dengan menggunakan Pengukuran Magnetik, daerah yang di teliti yaitu industri, sisi jalan dengan lalu lintas yang padat, perumahan penduduk yang padat dan daerah hijau. Dari hasil penelitian ini ditemukan bahwa pada daerah industri, sisi jalan dengan lalu lintas yang padat, perumahan penduduk yang padat ditemukan jenis mineral feromagnetik sedangkan untuk daerah hijau ditemukan jenis mineral diamagnetik. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi kandungan logam berat nilai suseptibilitasnya juga tinggi, karena abu terbang yang berasal dari industri, sisi jalan dengan lalu lintas yang padat dan perumahan mengandung logam berat yang sangat tinggi.

Lu S G (2008) Karakterisasi Magnetik dan Mineralogi Magnetik dari Tanah Hangzhou Urban dan Implikasi Perusahaan Lingkungan mengatakan bahwa, pengukuran magnetik menunjukkan bahwa tanah perkotaan memiliki nilai tambahan magnet yang signifikan, yang ditandai dengan suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi (rata-rata 128 $\times$ 10^{-8} $m^3 \cdot kg$). Nilai Suseptibilitas magnetik tanah perkotaan menunjukkan korelasi negatif yang sangat signifikan dengan frekuensi suseptibilitas, bahwa mekanisme peningkatan magnetik tanah perkotaan berbeda dari kontribusi mineral feromagnetik pedogenik tanah yang di alam. Dikaitkan dengan bulir magnet yang pseudo-tunggal domain (PSD) dan multi domain (MD, berasl dari antropogenik kegiatan industri, pembakaran bahan bakar dan polusi lalu lintas. Penemuan ini menunjukkan bahwa pengukuran magnetik dapat digunakan sebagai alat potensial untuk pemantauan polusi tanah, pemetaan distribusi spasial pencemaran, dan membedakan sumber polutan di tanah perkotaan.

6. Morfologi Mineral Magnetik

Morfologi sangat erat kaitannya dalam penentuan sifat mineral magnetik (Huliselan dan Bijaksana, 2007). Morfologi mencakup bentuk dan ukuran bulir dari mineral magnetik.

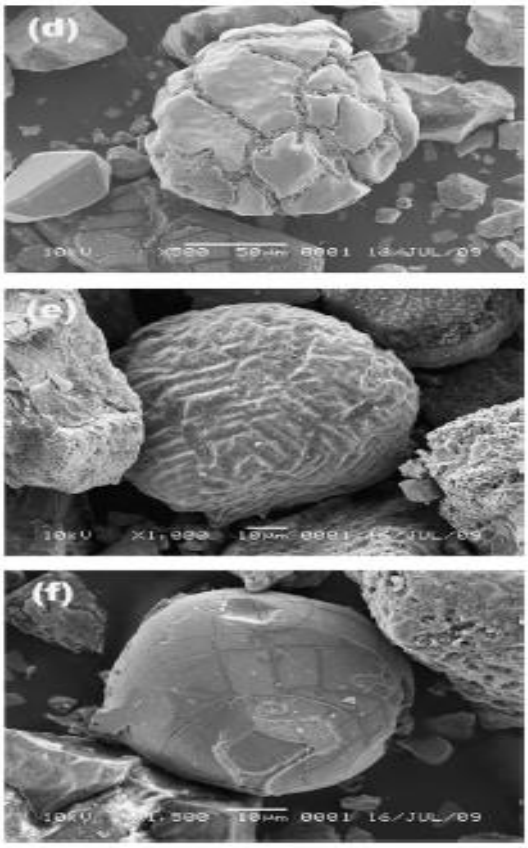
a. Bentuk Bulir Mineral Magnetik

Beberapa bentuk bulir magnetik yang diketahui adalah sebagai berikut:

1) Bentuk Bulir Bulat (*spherules*)

Bulir magnetik yang berbentuk bulat menandakan bahwa mineral-mineral magnetik berasal dari proses-proses antropogenik (Huliselan, 2009). Secara alamiah proses antropogenik terjadi pada temperatur tinggi dalam proses dan produksi material yang berhubungan dengan Fe. Pada proses-proses dengan temperatur tinggi ini biasanya akan menghasilkan mineral-mineral magnetik berbertuk bulat. Selain itu, bulir magnetik yang berbentuk bulat sering berasosiasi dengan unsur C, Al, Ca, Na, Si (Huliselan, 2009).

Pada penelitian sebelumnya oleh Huliselan dan Bijaksana (2010) *Scanning electron microscopy* dan Karakterisasi Magnetik Oksida Besi di TPA Sampah Lindi pada TPA Sarimurti Bandung. Hasil dari analisa morfologi dengan SEM, TPA Sarimurti (d-f), menunjukkan bahwa bentuk mineral-mineral magnetik pada lindi cenderung berbentuk bulat (*spherules*) tidak sempurna serta ada rengkahan, seperti terlihat pada gambar 6.



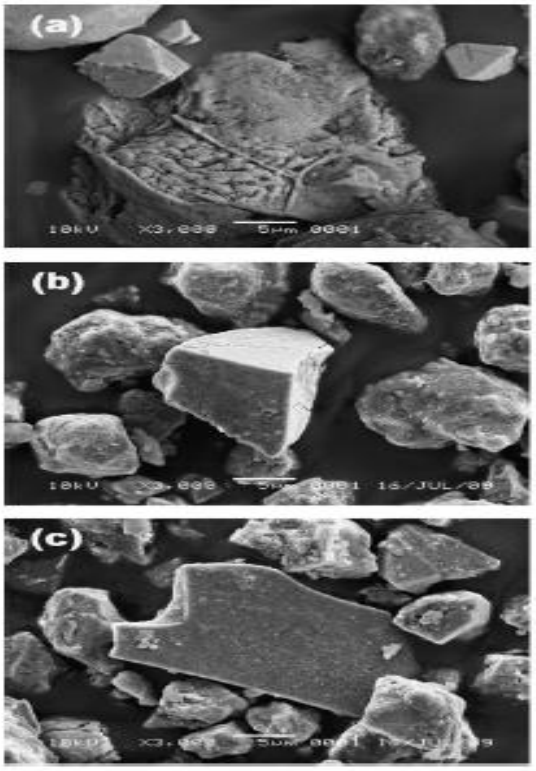
Gambar 6. Bentuk bulir mineral magnetik lindi berbentuk bulat (*spherules*) tidak sempurna serta ada rengkahan (d-f)
(Sumber Huliselan dan Bijaksana 2010)

2) Bentuk Bulir Persegi

Bulir magnetik yang berbetuk lonjong menandakan bahwa mineral magnetik belum terproduksi secara sempurna dan biasanya bulir memiliki banyak rekahan pada permukaanya. Bulir berbentuk seperti ini biasa ditemukan pada sedimen yang pada saat proses transportasi mineral mengalami erosi (Huliselan, 2009).

Pada penelitian sebelumnya oleh Huliselan dan Bijaksana (2010) *Scanning electron microscopice* dan Karakterisasi Magnetik Oksida Besi di

TPA Sampah Lindi pada TPA Jelekong Bandung. Hasil dari analisa morfologi dengan SEM, TPA Jelekong (a-c) menunjukkan bahwa bentuk mineral-mineral magnetik pada lindi cenderung berbentuk oktahedral dan dalam bentuk sudut untuk, seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk bulir mineral magnetik lindi berbentuk oktahedral dan dalam bentuk sudut (a-c)
(Sumber Huliselan dan Bijaksana 2010)

Dengan demikian, berdasarkan karakteristik dan morfologi mineral magnetik, diketahui bahwa sumber pencemar pada lindi TPA Jelekong berasal dari tanah dan batuan, sedangkan untuk TPA Sarimurti sumber pencemar berasal dari sampah padat yang ditimbun di TPA.

b. Ukuran Bulir Magnetik

Sifat dari mineral magnetik sangat dipengaruhi oleh ukuran bulir magnetik. Ukuran bulir magnetik dari suatu bahan akan mempengaruhi kestabilannya. Perilaku magnetik berdasarkan jenis domain dibagi menjadi tiga bagian yaitu *single-domain* (SD), *multidomain* (MD), *pseudo-single domain* (PSD) (Hunt, 1991).

1) *Single-domain* (SD)

Single-domain adalah domain tunggal yang mempunyai ukuran bulir kecil dari 0.1 µm yang momen magnetiknya searah (Butler, 1998). Stabilitas magnetisasi pada bulir *single-domain* jauh lebih baik dibandingkan dengan bulir *multidomain*. *Single-domain* ini biasanya disebut *hard magnetic* (Dunlop dan Ozdemir, 1997).

2) *Multidomain* (MD)

Soft Magnetik biasanya disebut juga untuk *multidomain*, karena sangat mudah dipengaruhi oleh medan luar (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Bulir *multidomain* memiliki ukuran besar dari 10 µm (Butler, 1998). Struktur bulirnya memiliki lebih dari satu domain dengan arah yang berbeda. Untuk *magnetite* memiliki ukuran bulir besar dari 20 µm bahkan sampai 100 µm (Hunt, 1991).

3) *Pseudo-Single Domain* (PSD)

Selain bulir-bulir *single-domain* dan *multidomain*, ada juga bulir-bulir yang berukuran transisi. Bulir-bulir ini disebut dengan bulir berdomain tunggal semu atau *pseudo-single domain* (PSD). Interval ukuran bulir PSD untuk *magnetite* adalah 0.1 – 20 μm (Hunt, 1991).

Ukuran bulir mineral magnetik lindi *(leachate*) pada TPA Sampah Jelekong di luar kota Bandung dan TPA Sampah Sarimukti Bandung Barat, ukuran bulir magnetik yang ditemukan didominasi oleh ferrimagnetik sepeerti *magnetite* (Fe_3O_4) yang berdomain *pseudo-single* (PSD) dan *multidomain* (MD) (Huliselan dan Bijaksana, 2007).

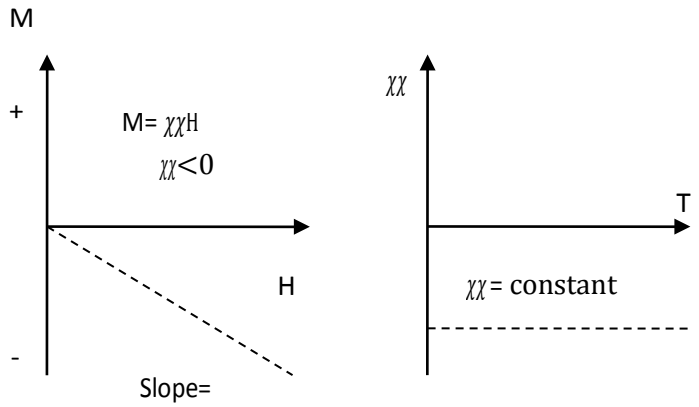
7. Kemagnetan Bahan

Bahan magnetik adalah suatu bahan yang memiliki sifat kemagnetan dalam komponen pembentuknya. Sifat magnetik suatu bahan sangat bergantung pada kandungan mineral magnetik, ukuran bulir, temperatur dan tekanan. Salah satu cara untuk menentukan mineral penyusun suatu bahan adalah dengan melihat respon bahan tersebut terhadap medan magnet. Semua bahan mempunyai sifat kemagnetan, hanya saja kemagnetan suatu bahan berbeda antara yang satu dengan yang lainnya (Hunt, 1991). Berdasarkan perilaku molekulnya di dalam medan magnetik luar, bahan magnetik terdiri atas tiga kategori, yaitu: diamagnetik, paramagnetik, dan ferromagnetik.

a. Diamagnetik

Diamagnetik adalah sifat dasar yang ada disemua bahan walaupun sangat kecil sekali dipengaruhi oleh magnet (Hunt, 1991). Diamagnetik memiliki

suseptibilitas magnetik (χ) kecil dan negatif ($\chi \approx -10^{-5}$) (Butler, 1998). Selain itu, suseptibilitas magnetik (χ) untuk bahan diamagnetik tidak bergantung pada temperatur (Hunt, 1991). Jika pada bahan diamagnetik dilewatkan medan magnet, maka bahan ini akan menghasilkan induksi magnetik yang kecil dan melawan arah medan magnet yang digunakan (Butler, 1998). Magnetisasi bahan diamagnetik sebanding dengan medan magnet (H) yang digunakan. Magnetisasi tersebut akan berkurang atau nol jika medan magnet (H) dihilangkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8. Contoh bahan yang bersifat diamagnetik adalah *Quartz* (SiO_2), *Calcite* ($CaCO_3$), air (Hunt, 1991).



Gambar 8. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi\chi$<0). (b) Suseptibilitas ($\chi\chi$) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik (Hunt, 1991).

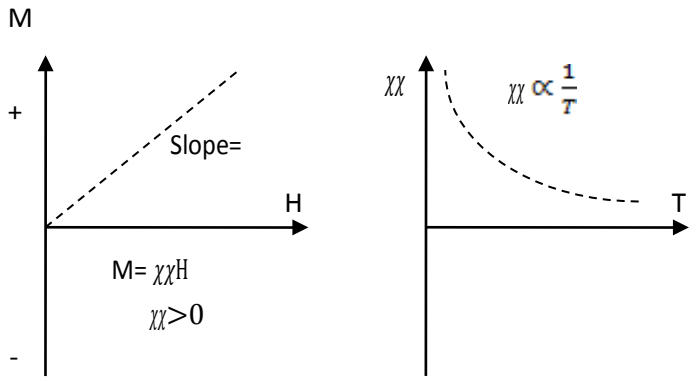
b. Paramagnetik

Bahan paramagnetik dapat dipengaruhi oleh magnet tetapi tidak dapat dibuat menjadi magnet. Bahan paramagnetik mempunyai suseptibilitas magnetik (χ) tergantung pada temperatur (Butler, 1998). Hal ini dinyatakan dengan Hukum Curie:

$$\chi = \frac{c}{T} \qquad (1)$$

dimana T adalah temperatur mutlak dan c adalah konstanta *Curie*.

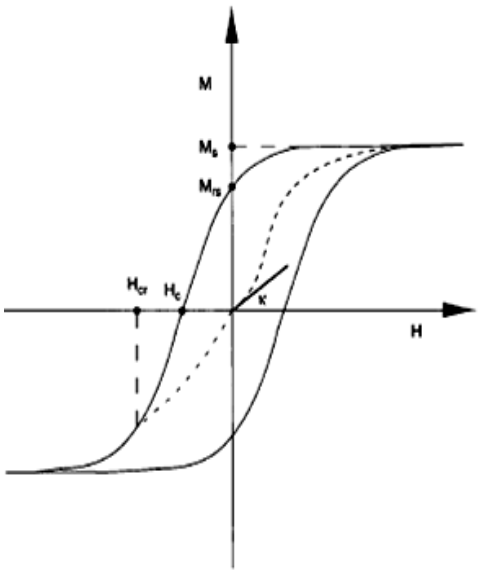
Sifat material paramagnetik yaitu dapat memperoleh magnetisasi hanya dari induksi medan magnet eksternal, magnetisasinya memiliki arah yang sama dengan medan magnet induksi, dapat dilihat pada Gambar 9. Hal ini menyebabkan nilai suseptibilitasnya menjadi positif ($\chi > 0$). Seperti bahan diamagnetik, magnetisasi paramagnetik nol jika medan luar dihilangkan. Contoh bahan paramagnetik adalah s*iderite* ($FeCO_3$), *pyrite* (FeS_2) (Hunt, 1991).



Gambar 9. (a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan megnet (H) yang diberikan dan (χχ>0). (b) Suseptibilitas (χχ) tergantung pada temperatur (T) untuk bahan paramagnetik (Hunt, 1991)

c. Ferromagnetik

Bahan ferromagnetik sangat kuat dibandingkan dengan diamagnetik dan paramagnetik. Bahan ferromagnetik memiliki suseptibilitas magnetik (χ) positif dan besar (χ ≈ 50 sampai 10000). Bahan ferromagnetik akan berubah sifat menjadi paramagnetik apabila dipanaskan di atas temperatur *Curie* (Butler, 1998). Sifat magnet yang kuat dari bahan ini mampu menghasilkan magnetisasi meskipun medan magnet luar dihilangkan (Dunlop dan Ozdemir, 1997). Contoh bahan ferromagnetik adalah besi, nikel dan kobalt (Hunt, 1991).



Gambar 10. Kurva Histerisis (Evan dan Heller, 2003)

Gambar 10. memperlihatkan apabila sebuah bahan diberikan medan magnet, maka akan diperoleh magnetiksasi saturasi (Ms) yaitu magnetiksasi menjadi konstan walaupun medan magnet ditambahkan terus menerus sedangkan jika medan magnet dikurangi hingga mencapai nol, didapatkan bahwa magnetiksasinya berada pada saturasi remanen (M_{Rs}) dan tidak kembali ke nol. Jika diberikan medan magnet pada arah yang berlawanan, maka pada titik tertentu diperoleh induksi magnetiknya menjadi nol. Medan pada titik ini disebut koersivitas (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 (Ho_R), yang terjadi jika medan diberikan dan kemudian dihilangkan sehingga saturasi remanen akan berkurang menjadi nol.

9. Penelitian Yang Relevan

Penelitian tentang lindi juga sudah dilakukan oleh Huliselan dan Bijaksana (2007) identifikasi mineral magnetik pada lindi (*leachate*) pada TPA Jelekong di luar kota Bandung. Hasil analisa penelitian tersebut menunjukkan bahwa mineral magnetik yang terkandung pada lindi adalah *magnetitie* (Fe_3O4) yang berukuran cukup besar dan memiliki domain jamak (multidomain, MD). Selain itu bulir-bulir mineral magnetik lindi cenderung berbentuk bulat atau flamboid sehingga diyakini berasal dari sumber-sumber yang bersifat *anthropogenic* seperti sampah.

Penelitian dengan menggunakan SEM telah pernah dilakukan oleh Irvan (2008) yang mengidentifikasi mineral magnetik pada Lumpur Sidoarjo, Jawa Timur. Irvan (2008) mendapatkan hasil *morphology* dan kandungan mineral magnetik pada Lumpur Sidoarjo, yang diperoleh dari indikasi bahwa, sebagian besar mineral tersebut terjadi pada lingkungan yang kurang oksigen (*anoxic*), sehingga mineral besi telah mengalami proses reduksi. Beberapa mineral magnetik tersebut berupa: mineral Fe-TiO, mineral sulfida besi, baik berupa intermediate mineral (*monoclinic pyrrhotite* dan *hexagonal pyrrhotite*) dan *pyrite*.

10. *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Konsep awal yang melibatkan teori *Scanning Electron Microscope* pertama kali diperkenalkan di Jerman (1935) oleh M. Knoll. Konsep standar SEM modern dibangun oleh Von Ardenne pada tahun 1938 yang ditambahkan scan kumparan ke mikroskop elektron (Handayani, dkk, 2007).

SEM adalah instrumen yang sangat handal dalam melihat struktur permukaan material ataupun bahan dalam ukuran mikro. SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan sehingga SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop, yang maksudnya adalah pada jarak yang sangat dekat tetap dapat menghasilkan perbesaran yang maksimal tanpa memecahkan gambar (Irvan, 2008).

Besar panjang gelombang de Broglie elektron adalah:

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (2)$$

dengan h konstanta Planck dan p adalah momentum elektron. Momentun elektron dapat ditentukan dari energi kinetik melalui hubungan

$$K = \frac{p^2}{2m} \qquad (3)$$

dengan K energi kinetik elektron dan m adalah massanya. Dalam SEM, berkas elektron keluar dari filamen panas lalu dipercepat pada potensial tinggi V. Akibat percepatan tersebut, akhirnya elektron memiliki energi kinetik.

$$K = eV \qquad (4)$$

menggunakan persamaan (3) dan (4) dapat ditulis momentum elektron sebagai

$$p = \sqrt{2mmFFmm} \qquad (5)$$

dengan demikian panjang de Broglie yang dimiliki elektron adalah

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mmmmmm}} \qquad (6)$$

umumnya tegangan yang digunakan pada SEM adalah puluhan kiloVolt. Sebagai ilustrasi, misalkan SEM dioperasikan pada tegangan 20 kV maka panjang gelombang de Broglie elektron sekitar 9×10^{-12} m.

Bahan yang akan dikarakterisasi dengan teknik SEM tentulah bahan yang harus dapat berinteraksi dengan elektron. Suatu bahan dapat berinteraksi dengan elektron apabila bahan tersebut bersifat konduktor. Untuk bahan yang tidak bersifat konduktor, maka karakterisasi dengan teknik SEM dapat dilakukan bila bahan tersebut dilapisi terlebih dahulu dengan bahan konduktor (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

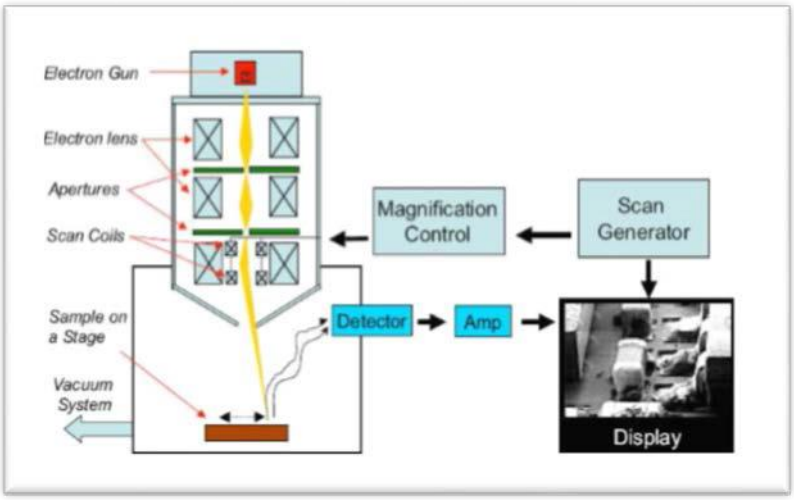
Cara kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

(1) *Electron gun* menghasilkan *electron beam* dari filamen. Pada *Electron gun* digunakan *tungsten hairpin gun* dengan filamen berupa lilitan *tungsten* yang berfungsi sebagai katoda. Tegangan yang diberikan kepada lilitan mengakibatkan terjadinya pemanasan. Katoda kemudian membentuk gaya yang dapat menarik elektron ke anoda.

(2) Lensa magnetik (*electron lens*) memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel.

(3) Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.

Ketika elektron mengenai sampel, maka akan terjadi hamburan elektron menjadi elektron sekunder atau *backscattered electron* dari permukaan sampel dan akan dideteksi oleh *detector*, Sehingga signal dari *detector* dikuatkan oleh a*mplifier* dan dimunculkan dalam bentuk gambar pada monitor CRT. Seperti yang terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Cara Kerja SEM
(Sumber: Oktaviana, 2009)

SEM dilengkapi dengan *Energy Dispersion Spectroscope* (EDS). EDS adalah sebuah teknis analisis yang digunakan untuk analisis komposisi unsur kimia pada sampel. Ada empat komponen utama dari setup EDS yaitu sumber sinar, detektor

sinar-X, prosesor pulsa, dan analisa. Sebuah detektor digunakan untuk mengkonversi sinar-X kedalam bentuk sinyal, kemudian informasi ini dikirim ke prosesor pulsa yang berperan dalam mengukur sinyal, dan selanjutya melewati ke sebuah *analyzer* untuk menampilkan data dan analisis.

Akurasi dari spektrum EDS dapat dipengaruhi oleh banyak faktor. Jendela di depan detektor dapat menyerap energi rendah sinar-X (EDS detektor tidak dapat mendeteksi unsur-unsur dengan umur atom kurang dari 4, yaitu H, He, dan Li). *Over-voltage* di EDS mengubah puncak ukuran dan meningkatkan *over- voltage* pada SEM. Keakuratan spektrum juga dapat dipengaruhi oleh sifat sampel.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Hasil pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) terhadap hasil ekstraksi dari Lindi TPA Sampah Air Dingin Kota Padang, memberikan informasi tentang morfologi lindi yang memiliki ukuran dan bentuk bulir yang sama. Ukuran bulir magnetik pada lindi berukuran lebih besar dari 20 μm dan termasuk dalam kelompok *multidomain* (MD). Ukuran bulir mineral magnetik didominasi dengan bentuk bulat (*spherules*) dan banyak rengkahan karena berasal dari proses antropogenik. Hasil pengamatan yang sama dari sampel sungai, coring dan selokan ukuran bulir magnetik lebih besar dari 20 μm dan termasuk dalam kelompok *multidomain* (MD).). Ukuran bulir mineral magnetik didominasi dengan bentuk persegi dan banyak rengkahan.
2. Dilihat dari hasil pengukuran menggunakan SEM yang dilengkapi dengan *Energy Dispersion Spectroscope* (EDS) terhadap hasil ekstraksi mineral magnetik lindi, memberikan informasi mengenai kamposisi unsur. Hasil analisa menunjukkan beberapa unsur dominan pada lindi adalah Fe, O, Ti, C, Mg, Al dan Si. Hasil pengukuran yang sama dari sampel sungai, coring dan selokan unsur yang dominan adalah Fe, O, Ti, C, Mg, Mn, Al dan Si.

B. Saran

Untuk mendapatkan informasi ukuran bulir magnetik lebih lengkap pengukuran tidak hanya dilakukan menggunakan SEM EDS saja, tetapi perlu dilakukan pengukuran lanjutan menggunakan *Anhysteretic Remanent Magnetization* (ARM). Ukuran bulir dan jenis mineral magnetik dapat dilihat dengan *King's Plot* dan *Lowrie and Fuller Test*, dan juga menggunakan *Ishotermal Remanent Magnetization*. Ukuran bulir dan jenis mineral dapat dilihat dengan Thompson's Plot.