

**IDENTIFIKASI JENIS DAN UKURAN BULIR MINERAL  
MAGNETIK PADA LINDI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR  
(TPA) SAMPAH AIR DINGIN KOTA PADANG MENGGUNAKAN  
METODE *X-RAY DIFFRACTION* (XRD)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**Oleh**

**ROBI MARCIAN**

**NIM. 01972**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2015**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **Identifikasi Jenis dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik pada Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang Menggunakan Metode X-Ray Diffraction (Xrd)**

Nama : Robi Marcian

NIM : 01972

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 30 Juli 2015

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Drs. Mahrizal, M.Si.  
NIP. 19510512 197603 1 00

Pembimbing II



Fatni Mufit, S.Pd., M.Si.  
NIP. 19731023 200012 1 002

PENGESAHAN LULUSAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Robi Marcian  
NIM : 01972  
Program Studi : Fisika  
Jurusan Fisika : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

IDENTIFIKASI JENIS DAN UKURAN BULIR MINERAL MAGNETIK PADA  
LINDI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH AIR DINGIN  
KOTA PADANG MENGGUNAKAN METODE *X-RAY DIFFRACTION* (XRD)

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

Padang, 5 Agustus 2015

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Drs. Mahrizal, M.Si.	
Sekretaris	: Fatni Mufit, S.Pd., M.Si.	
Anggota	: Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D.	
Anggota	: Harman Amir, S.Si, M.Si.	
Anggota	: Dra. Hidayati, 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 dan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 5 Agustus 2015  
Saya yang menyatakan



Robi Marcian

## ABSTRAK

**Robi Marcian :**      **Identifikasi Jenis dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik pada Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang Menggunakan Metode X-Ray Diffraction (XRD)**

Kota besar atau perkotaan memiliki pertumbuhan jumlah penduduk yang besar yang harus didukung oleh penyediaan sarana dan prasarana yang baik seperti tempat pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah kota Padang dilakukan dengan metode pemindahan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang menghasilkan limbah cair yaitu lindi yang berasal dari timbunan sampah. Lindi merupakan suatu cairan yang berwarna kuning, coklat atau hitam dan timbul akibat proses dekomposisi karena masuknya air, baik itu berupa air hujan ataupun air tanah, ke dalam tumpukan sampah. Apabila tidak dikelola dengan baik maka air permukaan yang digunakan oleh penduduk di sekitar TPA kemungkinan besar terkontaminasi oleh polutan yang disebut dengan air lindi (limbah cair/ *leachate*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan ukuran bulir mineral magnetik pada lindi TPA sampah Air Dingin kota Padang dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

Karakterisasi mineral magnetik dilakukan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) bertujuan untuk mengetahui jenis mineral magnetik dan ukuran bulir pada lindi. Penelitian ini menggunakan 9 sampel yang diambil dari 5 titik lindi pada kolam, 2 titik dari sungai, dan 2 titik dari selokan TPA Air Dingin Kota Padang. Sampel kolam lindi, sungai, dan selokan terlebih dahulu diekstraksi dengan menggunakan metode *methanol soap bath* yang bertujuan untuk memisahkan mineral magnetik dan nonmagnetik. Jenis mineral magnetik dapat diketahui dengan menganalisis puncak-puncak intensitas hasil pengukuran XRD tersebut menggunakan hukum Bragg, sedangkan ukuran bulir dapat diketahui menggunakan persamaan *Scherrer*.

Berdasarkan analisa data, hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki kandungan jenis mineral yang sama yaitu *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ) yang berasal dari sumber – yang bersifat *Anthropogenic*. Ukuran bulir mineral magnetik sampel selokan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang tergolong *multi-domain* (MD) . *Magnetite* memiliki ukuran terbesar yaitu 193,25  $\mu m$  dengan rata-rata ukuran bulir 63,90  $\mu m$ .

**Keywords :** *Lindi, Magnetite, X-Ray Diffraction*

## KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang maha memiliki ilmu dan maha luas ilmu-Nya karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Identifikasi Jenis dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik pada Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction* (XRD)”.

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. Bapak Drs. Mahrizal M.Si., sebagai pembimbing I dan sebagai penasehat akademik 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. Ibu Syafriani M.Si, Ph.D, bapak Harman Amir S.Si, M.Si dan ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai tim dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si., 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. 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.
7. Edi Kurnia, S,Si, Yori Deswita, Risaldi Putra, Yosi Permata Sari, Yosi Apri, Mulyandri, Iswandi, dan adik2 tim geolistrik 2011, terima kasih atas bantuan teknis selama pengambilan data.
8. Khusus dan teristimewa kepada kedua orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan semangat dan disertai dengan doanya untuk penulis dengan tiada henti-hentinya.
9. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan.
10. 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, 10 Juli 2015

Robi Marcian  
Nim.01972

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Kajian Teori.....	6
1. Lindi TPA sampah di Air Dingin.....	6
2. Logam berat ( <i>heavy metal</i> ) pada lindi.....	8
3. Kemagnetan bahan dan suseptibilitas magnetic .....	9
4. Mineral magnetic .....	12
5. Ukuran bulir magnetic .....	18
6. Mineral magnetik sebagai indikator pencemaran lingkungan.....	19
7. Sinar X ( <i>X-Ray</i> ) .....	21
8. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	24
B. Kerangka Berfikir.....	28
BAB III METODELOGI PENELITIAN .....	29
A. Jenis Penelitian .....	29
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
C. Instrument Penelitian .....	30
1. <i>Ekman Grap</i> .....	30
2. <i>X-Ray Diffractometer</i> .....	32
D. Prosedur Penelitian .....	33
1. Posedur Pengambilan sampel .....	33
2. Prosedur Pemilihan sampel.....	35
3. Prosedur ekstraksi sampel .....	35
4. Teknik pengumpulan data.....	37
5. Analisa dan intrepetasi data .....	38

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	41
A. Hasil Penelitian .....	41
1. Jenis mineral magnetik sampel TPA sampah Air Dingin Kota Padang.....	42
2. Ukuran bulir mineral magnetik sampel TPA sampah Air Dingin Kota Padang Sampel sungai dan Selokan .....	86
B. Pembahasan .....	93
1. Jenis mineral magnetic.....	93
2. Ukuran bulir .....	94
BAB V PENUTUP.....	96
A. Kesimpulan .....	96
B. Saran.. .....	97
DAFTAR PUSTAKA .....	98
Lampiran 1. Data hasil pengukuran sampel kolam Lindi .....	100
Lampiran 2. Data hasil pengukuran sampel Sungai.....	102
Lampiran 3. Data hasil pengukuran sampel Selokan.....	103
Lampiran 4. Data ukuran bulir sampel kolam Lindi .....	103
Lampiran 5. Data ukuran bulir sampel Sungai.....	107
Lampiran 6. Data ukuran bulir sampel Selokan.....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram ternary $\text{TiO}_2\text{-Feo-Fe}_2\text{O}_3$ .....	13
Gambar 2. Mineral magnetik Magnetite .....	15
Gambar 3. Mineral magnetik Hematite.....	15
Gambar 4. Mineral magnetik Maghemite .....	16
Gambar 5. Mineral magnetik Ilminite.....	17
Gambar 6. Mineral magnetik Greigite .....	17
Gambar 7. Skema tabung Sinar-X .....	22
Gambar 8. Skema difraksi bidang kisi .....	25
Gambar 9. Skema kerangka berfikir .....	28
Gambar 10. Peta lokasi pengambilan sampel .....	30
Gambar 11. Ekman Grap.....	31
Gambar 12. Geometri X-Ray diffraction(XRD) .....	32
Gambar 13. Sketsa lokasi pengambilan sampel.....	34
Gambar 14. Skema proses ekstraksi sampel .....	36
Gambar 15. Hasil pengukuran sampel TPA K-1A menggunakan XRD.....	42
Gambar 16. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel kolam TPA K-1A.....	43
Gambar 17. Kandungan jenis mineral pada sampel kolam TPA K-1A .....	46
Gambar 18. Hasil pengukuran sampel TPA K-2D menggunakan XRD.....	47
Gambar 19. Kandungan jenis mineral pada sampel kolam TPA K-2D .....	50
Gambar 20. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel kolam TPA K-2D.....	51
Gambar 21. Hasil pengukuran sampel TPA K-4E menggunakan XRD .....	52
Gambar 22. Kandungan jenis mineral pada sampel kolam TPA K-4E .....	55
Gambar 23. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel kolam	

TPA K-4E .....	56
Gambar 24. Hasil pengukuran sampel TPA K-6C menggunakan XRD .....	57
Gambar 25. Kandungan jenis mineral pada sampel kolam TPA K-6C .....	61
Gambar 26. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel kolam TPA K-6C .....	62
Gambar 27. Hasil pengukuran sampel TPA K-7C menggunakan XRD .....	63
Gambar 28. Kandungan jenis mineral pada sampel kolam TPA K-7C .....	65
Gambar 29. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel kolam TPA K-7C .....	66
Gambar 30. Hasil pengukuran sampel TPA SK-2 menggunakan XRD .....	68
Gambar 31. Kandungan jenis mineral pada sampel selokan TPA SK-2 .....	70
Gambar 32. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel selokan TPA SK-2 .....	71
Gambar 33. Hasil pengukuran sampel TPA SK-7 menggunakan XRD .....	72
Gambar 34. Kandungan jenis mineral pada sampel selokan TPA SK-7 .....	74
Gambar 35. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel selokan TPA SK-7 .....	76
Gambar 36. Hasil pengukuran sampel TPA S-0 menggunakan XRD .....	77
Gambar 37. Kandungan jenis mineral pada sampel sungai TPA S-0 .....	80
Gambar 38. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel selokan TPA S-0 .....	81
Gambar 39. Hasil pengukuran sampel TPA S-8 menggunakan XRD .....	82
Gambar 40. Kandungan jenis mineral pada sampel sungai TPA S-8 .....	84
Gambar 41. Analisis hasil pengukuran x-ray diffraction pada sampel selokan TPA S-8 .....	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan sifat magnetik dengan mineral magnetik.....	12
Tabel 2. Data hasil pengukuran XRD TPA K-1A kolam lindi .....	43
Tabel 3. Perbandingan hasil pengukuran TPA K-1A dengan database mineral .....	44
Tabel 4. Data hasil pengukuran XRD TPA K-2D kolam lindi .....	48
Tabel 5. Perbandingan hasil pengukuran TPA K-2D dengan database mineral .....	49
Tabel 6. Data hasil pengukuran XRD TPA K-4E kolam lindi .....	53
Tabel 7. Perbandingan hasil pengukuran TPA K-4E dengan database mineral .....	54
Tabel 8. Data hasil pengukuran XRD TPA K-6C kolam lindi .....	58
Tabel 9. Perbandingan hasil pengukuran TPA K-6C dengan database mineral .....	59
Tabel 10. Data hasil pengukuran XRD TPA K-7C kolam lindi .....	63
Tabel 11. Perbandingan hasil pengukuran TPA K-7C dengan database mineral .....	62
Tabel 12. Data hasil pengukuran XRD TPS K-2 kolam lindi .....	68
Tabel 13. Perbandingan hasil pengukuran TPS K-2 dengan database mineral .....	69
Tabel 14. Data hasil pengukuran XRD TPS K-7 kolam lindi .....	72
Tabel 15. Perbandingan hasil pengukuran TPS K-7 dengan database mineral .....	74
Tabel 16. Data hasil pengukuran XRD TPA S-0 kolam lindi .....	78
Tabel 17. Perbandingan hasil pengukuran TPA S-0 dengan database mineral .....	79

Tabel 18. Data hasil pengukuran XRD TPA S-8 kolam lindi .....	82
Tabel 19. Perbandingan hasil pengukuran TPA S-8 dengan database mineral .....	83
Tabel 20. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA K-1A .....	86
Tabel 21. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA K-2D .....	87
Tabel 22. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA K-4E .....	88
Tabel 23. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA K-6C .....	89
Tabel 24. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA K-7C .....	90
Tabel 25. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA S-0 .....	91
Tabel 26. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA S-8 .....	91
Tabel 27. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA SK-2 .....	92
Tabel 28. Ukuran bulir Kristal endapan kolam lindi TPA SK-7 .....	93

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Kota besar atau perkotaan memiliki pertumbuhan jumlah penduduk yang besar. Hal ini mengakibatkan terjadinya transformasi struktural misalnya perubahan dalam struktur demografi dan sosial ekonomi penduduk perkotaan. Pada sisi lain pertumbuhan tersebut seringkali menimbulkan masalah dalam menata perkotaan. Salah satunya adalah penyediaan sarana dan prasarana perkotaan, yang terkadang tidak dapat mengejar peningkatan kebutuhan masyarakat. Menurut Suripin, 2003 (dalam Irman,2005) prasarana dan sarana adalah bangunan dasar yang sangat diperlukan untuk mendukung kehidupan manusia yang hidup bersama-sama dalam suatu ruang yang terbatas, agar manusia dapat bermukim dengan nyaman dan dapat bergerak dengan mudah dalam segala waktu dan cuaca, sehingga dapat hidup dengan sehat dan dapat berinteraksi satu dengan lainnya dalam mempertahankan kehidupannya. Prasarana dan sarana perkotaan yang dimaksud salah satunya adalah pengelolaan sampah perkotaan.

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. Sampah telah menjadi masalah serius bagi setiap perkotaan. Terutama bagi kota yang memiliki tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi.

Kota Padang sebagai Ibukota Sumatera Barat mengalami perkembangan yang cukup pesat. Hal ini dapat dilihat dengan adanya pembangunan kawasan dari arah timur, utara, maupun selatan. Hal ini akan berdampak pada peningkatan jumlah penduduk yang akhirnya akan menambah jumlah sampah yang dihasilkan.

Pengelolaan sampah kota Padang dilakukan dengan metode pemindahan sampah dari Tempat Pembuangan Sementara (TPS) ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). TPA Air Dingin Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah merupakan tempat pembuangan akhir sampah kota Padang. TPA yang berjarak  $\pm 17$  km dari pusat kota dengan luas areal 30 ha ini telah beroperasi sejak tahun 1989. Selama hampir 22 tahun, TPA ini hanya digunakan untuk menampung sampah tanpa dilengkapi sarana dan fasilitas pengolahan dan pembuangan limbah cair (air lindi) yang baik. Penduduk di sekitar TPA Air Dingin Kelurahan Balai Gadang Kecamatan Koto Tangah terdiri dari  $\pm 100$  kepala keluarga (KK). Ada sekitar 40 KK yang tinggal berdekatan dengan TPA. Penduduk tersebut menggunakan air permukaan seperti air sumur dan air sungai untuk air minum, air mandi dan kebutuhan sehari-hari.

Lindi merupakan suatu cairan yang berwarna kuning, coklat atau hitam (Zouboulis, Chai, X.-L., and Katsoyiannis, 2004) dan timbul akibat proses dekomposisi karena masuknya air, baik itu berupa air hujan ataupun air tanah, ke dalam tumpukan sampah (Christensen, Kjeldsen, Bjerg, et al. 2001). Cairan ini muncul baik di tempat penampungan sampah terbuka ataupun yang disertai

lapisan tanah penutup (Aziz, Alias, Adlan, et al., 2007). Air lindi mengandung bahan organik dan logam berat yang tinggi. Jika tidak dikelola dengan baik air lindi ini merupakan kontributor utama pencemar tanah, air permukaan, dan air tanah di sekitar lokasi kawasan Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

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.

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* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 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. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi jenis mineral magnetic dan ukuran bulir pada lindi di TPA Air Dingin kota Padang dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian berjudul **“Identifikasi Jenis dan Ukuran Bulir Mineral Magnetik pada Lindi**

## **Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang Menggunakan Metode *X-Ray Diffraction* (XRD)”**

### **B. Batasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terarah, maka penulis membatasi masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Sampel dalam penelitian ini diambil pada endapan lindi, sampel endapan sungai dan selokan dilokasi tempat pembuangan akhir sampah.
2. Sampel yang dipilih adalah sampel yang mempunyai nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi dan mewakili dari ketiga tempat pengambilan sampel.

### **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah jenis magnetik apa dan berapa ukuran bulir mineral magnetik yang terkandung pada lindi di tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Air Dingin kota Padang?

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan ukuran bulir mineral magnetik pada lindi tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Air Dingin kota Padang dengan menggunakan metode *X-Ray Diffraction* (XRD).

### **E. Manfaat Penelitian**

1. Manfaat penelitian ini agar dapat digunakan sebagai monitoring awal dalam upaya memantau pencemaran lingkungan sekitar di tempat pembuangan akhir sampah, serta dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan dan evaluasi TPA sampah.

2. Pada bidang Geofisika merupakan aplikasi dari ilmu geofisika, sehingga menambah pengetahuan tentang kajian kemagnetan batuan dan magnetik lingkungan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kajian Teori

##### 1. Lindi (*leachate*)

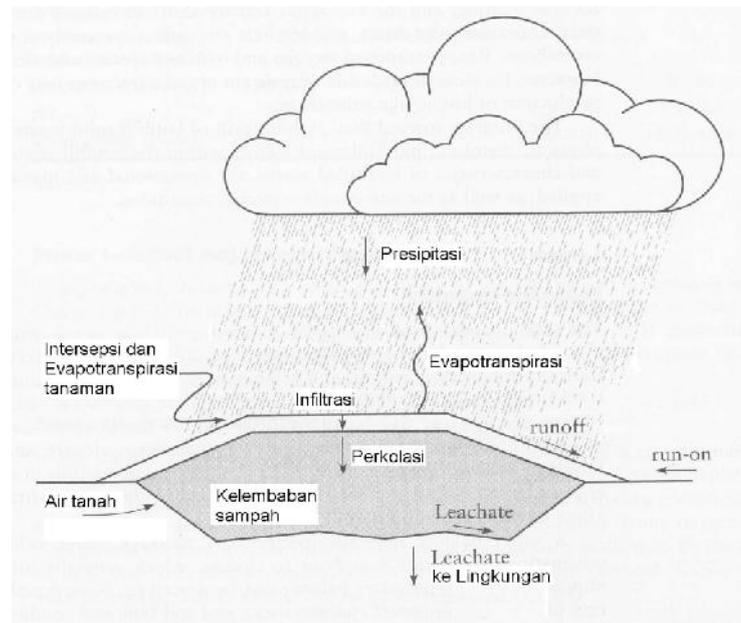
Lindi (*leachate*) adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan, dan membilas materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis (Damanhuri, 1996). Lindi (*leachate*) adalah cairan yang mengandung unsur-unsur terlarut 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 memiliki 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 ini 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 titik-titik 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 diperkirakan (Damanhuri, 2008).

## 2. Logam berat (*heavy metals*) pada lindi

Logam berat (*heavy metals*) merupakan logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari  $5\text{g/cm}^3$ . Beberapa logam berat yang beracun adalah arsen (As), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan seng (Zn). Besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu) dan seng (Zn), tergolong logam berat *esensial* bagi tanaman, namun dibutuhkan dalam jumlah sedikit (*mikro*), kelebihan unsur-unsur ini menyebabkan tanaman mengalami keracunan (*toxicity*) dan bila kekurangan akan menunjukkan gejala defisiensi (*deficiency*) (Syekhfani, 2013).

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

Pengaruh logam berat bagi tubuh adalah dapat menyebabkan keracunan karena logam berat dapat dikatakan sebagai bahan beracun. Sebagai contoh logam berat air raksa (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan krom (Cr). Namun, meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut dalam jumlah yang sangat kecil/sedikit. Tetapi apabila kebutuhan yang sangat kecil tersebut tidak terpenuhi dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan yang sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam esensial tubuh. Bila logam-

logam esensial yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka berubah fungsi menjadi racun. Contoh dari logam berat esensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Fardiaz, 1995).

Unsur pencemar seperti logam berat yang masuk ke badan air yang berasal dari lindi akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas di badan air tersebut. Berbagai macam pencemar tanah dan air tanah yang terdiri dari logam-logam, senyawa organik dan radionuklida yang toksik. Keberadaan logam berat dalam air tanah tergantung pada pH lingkungan sekitar tanah tersebut (Babich dan Stotzky, 1978).

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

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).

### 3. Kemagnetan bahan dan suseptibilitas magnetik

Bahan-bahan yang terdapat di alam semesta masing-masing memiliki sifat-sifat yang khas (karakteristik) yang dapat dimanfaatkan untuk proses industri. Perkembangan, penemuan dan pemilihan bahan-bahan sangat menentukan proses dan hasil suatu industri, karena bahan-bahan memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda dimana sifat dan karakteristik bahan ditentukan oleh struktur intern penyusun bahan tersebut.

Salah satu jenis bahan di alam yang banyak digunakan untuk proses industri adalah jenis bahan magnetik. Berdasar sifat kemagnetannya bahan magnetik dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu: diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik. Masing-masing jenis bahan tersebut memiliki sifat dan karakteristik yang khas dan berbeda-beda (Istiyono, 2009).

#### a. Ferromagnetik

Bahan ferromagnetik sangat mudah di pengaruhi medan magnetik karena mempunyai resultan medan magnet atomis yang besar, sehingga apabila bahan ini diberi medan magnet dari luar maka elektron-elektronnya akan mengusahakan dirinya untuk menimbulkan medan magnet atomis tiap tiap atom/molekul searah dengan medan magnet luar. Contoh bahan ferromagnetik yaitu: baja, *cobalt*, gadalinium, nikel, dan lain-lain.

Walaupun demikian bahan/logam tadi dapat hilang sifat kemagnetannya apabila mencapai suhu tertentu. Suhu tertentu ini disebut

suhu curie. Jadi, suhu curie adalah suhu yang dapat mengakibatkan hilangnya sifat kemagnetan.

b. Paramagnetik

Bahan paramagnetic dapat dipengaruhi oleh medan magnet luar, tetapi tidak semudah bahan ferromagnetik. Sebagian besar magnet atomisnya mengikuti arah medan magnet, tetapi ada sebagian kecil yang justru melawan arah medan magnet luar. Contoh bahan paramagnetik yaitu antara lain, mangan, platina, aluminium, dan lain lain.

c. Diamagnetik

Bahan diamagnetik sangat sulit dipengaruhi oleh medan magnet luar. Bahkan, apabila diberi pengaruh medan magnet dari luar, resultan medan atomisnya akan membentuk arah yang melawan arah medan magnet luar. Jika magnet ini dimasukkan ke dalam medan magnet luar, akan menimbulkan induksi magnet yang lebih kecil di banding bahan paramagnetik. Berarti bahwa  $M$  bahan lebih kecil dari  $M$ . Contohnya, bismuth, timbal, antimon, air raksa, emas, air, fosfor, dan tembaga.

Kemudahan suatu benda magnetik untuk termagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan (Kahfi, 2008) yang dirumuskan dengan persamaan:

$$\mathbf{M} = \chi \mathbf{H} \quad (1)$$

Suseptibilitas dalam satuan SI dan emu dinyatakan dengan persamaan:

$$\chi = 4\pi \chi'$$

adalah suseptibilitas magnetik dalam satuan SI dan  $\chi$  adalah suseptibilitas magnetik dalam satuan emu (Syirojudin, 2010).

Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu benda. Nilai suseptibilitas magnetik untuk setiap bahan berbeda-beda, hal ini bergantung dengan jenis bahan. Suseptibilitas magnetik ini akan menentukan sifat magnetik pada setiap bahan. Harga pada batuan semakin besar apabila dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik.

Tabel 1. Hubungan antara Sifat Magnetik dan Suseptibilitas Magnetik (Dearing, 1999 dalam Eksanti 2013)

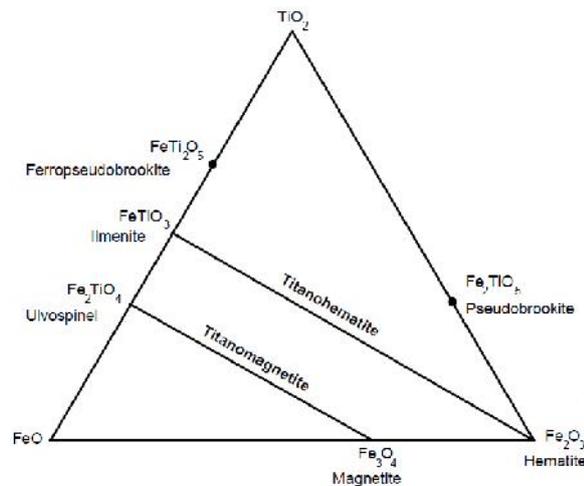
Sifat Magnetik	Suseptibilitas Magnetik
Ferromagnetik	Suseptibilitas magnetik tinggi dan berharga positif
	Contoh: Besi (Fe), Nike (Ni), Khrom (Cr)
Ferrimagnetik	Suseptibilitas magnetik tinggi dan berharga positif
	Contoh: Fe <sub>2</sub> S (magnetite, pyrotite, maghemite, greigite)
Antiferromagnetik	Suseptibilitas sedang dan berharga positif
	Contoh: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (hematite, goethite)
Parramagnetik	Suseptibilitas rendah dan berharga positif
	Contoh: biotite, olivine.
Diamagnetik	Suseptibilitas rendah dan berharga negatif
	Contoh: air, material organik

#### 4. Mineral magnetik

Batuan terbuat dari campuran alami yang disebut dengan mineral, yang biasanya membentuk kristal. Menurut Graha (1987) mineral adalah suatu zat (fasa) padat dari unsur kimia atau persenyawaan kimia yang dibentuk oleh proses-proses anorganik, dan mempunyai susunan tertentu

dan penempatan atom-atom secara beraturan di dalamnya atau dikenal sebagai struktur kristal. Kandungan mineral magnetik yang terdapat dalam suatu bahan mempengaruhi sifat magnetik bahan tersebut. Dilihat dari sifat magnetiknya, suatu bahan dapat digolong menjadi diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik. Mineral yang tergolong ferromagnetik biasanya diidentikkan dengan istilah mineral magnetik. Mineral yang bersifat ferromagnetik umumnya tergolong dalam oksida titanium besi, sulfida besi dan hidroksida besi.

Beberapa mineral magnetik yang tergolong ke dalam keluarga oksida titanium besi yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), *hematite* ( $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan *maghemite* ( $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida besi adalah *Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) dan *pyrhotite* ( $\text{Fe}_7\text{S}_8$ ), sedangkan yang tergolong dalam hidroksida besi adalah *goethite* ( $-\text{FeOOH}$ ). Keluarga oksida titanium besi merupakan mineral magnetik bumi yang penting karena dianggap sebagai mineral-mineral magnetik yang paling dominan. Keluarga oksida ini bisa digambarkan melalui diagram segitiga (*ternary diagram*)  $\text{TiO}_2\text{-FeO-Fe}_2\text{O}_3$  seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram *Ternary* TiO<sub>2</sub>-FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Butler, 1998)

Posisi dari kiri ke kanan menandakan meningkatnya rasio Fe<sup>3+</sup> terhadap Fe<sup>2+</sup>, sementara dari bawah ke atas menandakan peningkatan Ti<sup>4+</sup> terhadap besi. Pada puncak segitiga hanya ditemukan Ti<sup>4+</sup> saja, pada ujung sebelah kiri terdapat *ferrous oxide* (FeO) dengan bilangan oksidasi yaitu Fe<sup>2+</sup>, sementara pada ujung sebelah kanan terdapat *ferric oxide* (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan bilangan oksidasi Fe<sup>3+</sup>. Pada diagram segitiga ini ada dua kelompok oksida titanium besi Mineral-mineral magnetik pada keluarga oksida titanium besi utama, yaitu kelompok *titanomagnetite* dan kelompok *titanohematite*. *Titanomagnetite* merupakan mineral kubus dengan struktur *inverse spinel* dan *titanohematite* dicirikan dengan simetri *rhombohedral* (Evans dan Heller, 2003). Kedua mineral ini mempunyai komposisi yang sama tapi berbeda struktur, sebagai contoh *maghemite* dan *hematite*, menempati posisi yang sama dalam diagram *ternary*.

a. Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)

Mineral *magnetite* merupakan salah satu mineral magnetik yang penting di bumi, yang terdapat pada batuan beku, sedimen dan batuan metamorf. *Magnetite* juga merupakan mineral magnetik yang terkuat karena mineral ini merekam NRM (*Natural Remanent Magnetization*) yang stabil (Butler, 1998). *Magnetite* bersifat ferrimagnetik dengan Temperatur Curie 580 °C dan magnetisasi saturasi 90-93 Am<sup>2</sup>/kg. *Magnetite* ini merupakan deret *titanomagnetite* (Fe<sub>3-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>4</sub>) (Evans dan Heller, 2003). *Magnetite* memiliki komposisi kimia Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, berwarna hitam mengkilat seperti pada Gambar 2. Batuannya keras dan sangat berat, tidak terbelah-belah, tidak tembus cahaya dan menunjukkan kilauan logam. *Magnetite* mempunyai sifat kemagnetan yang sangat kuat dan memiliki kandungan mineral Fe paling tinggi dimana strukturnya berbentuk oktahedral (Butler, 1998).



Gambar 2. Mineral Magnetik *Magnetite* (Maulana, 2011)

b. *Hematite* ( -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

*Hematite* kebanyakan terdapat di alam terutama pada tanah dan sedimen yang berhubungan dengan lingkungan. Mineral *hematite* bersifat antiferromagnetik dengan magnetisasi spontan sekitar 2.5 KA/m dan Temperatur Curie 680 °C. Besi bisa diganti dengan titanium

sehingga *hematite* termasuk ke dalam deret *titanohematite* ( $\text{Fe}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ) (Evans dan Heller, 2003). *Hematite* merupakan mineral berwarna gelap yang membuatnya mudah dibedakan dengan *magnetite* dan mempunyai struktur heksagonal seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mineral Magnetik *Hematite* (Maulana, 2011)

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

Formula kimianya sering diidentikkan dengan *hematite*. Hal ini disebabkan karena kedua jenis mineral itu mirip dan terletak di posisi yang sama pada diagram *ternary*, akan tetapi mereka tidak memiliki bentuk magnetik atau susunan kristal yang sama. *Maghemite* merupakan mineral yang teroksidasi penuh dari *magnetite*, mempunyai struktur kristal kubus dan banyak terdapat di tanah seperti pada Gambar 4. Temperatur Curiannya sekitar  $645\text{ }^\circ\text{C}$  dan magnetisasi spontan berkurang dari  $480\text{ kA/m}$  ke  $380\text{ kA/m}$  yang merupakan mineral tak stabil (Evans dan Heller, 2003). Untuk membedakannya *hematite* ditulis dengan  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  sedangkan *maghemite*  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .



Gambar 4. Mineral Magnetik *Maghemite* (Maulana, 2011)

d. *Ilmenite* ( $\text{FeTiO}_2$ )

*Ilmenite* adalah mineral magnetik yang bersifat anisotrop yaitu mineral yang mempunyai sifat fisik yang berbeda-beda jika dilihat pada semua keadaan. *Ilmenite* tersebar dalam banyak batuan dan pasir, kristalnya mempunyai bentuk yang sama dengan *hematite* yaitu berbentuk heksagonal seperti pada Gambar 5.

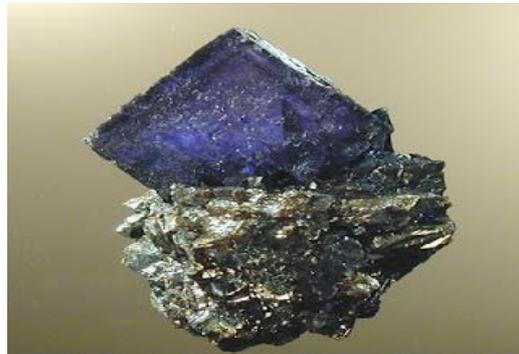


Gambar 5. Mineral Magnetik *Ilmenite* (Maulana, 2011)

e. *Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ )

*Greigite* ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) adalah sulfida besi yang ekuivalen dengan *magnetite*, memiliki struktur mineral kubus (Gambar 6) bersifat ferrimagnetik kuat serta memiliki magnetisasi spontan  $\sim 125$  kA/m dan titik Curie sebesar  $\sim 330$   $^{\circ}\text{C}$ . *Greigite* banyak terjadi dalam sedimen

*lacustrine* dan *marine*. Titik Curie *greigite* ini sama dengan besi sulfida yang lain seperti *pyrrhotite*.



Gambar 6. Mineral Magnetik *Greigite* (Maulana, 2011)

f. *Goethite* (  $\text{-FeOOH}$  )

Mineral magnetik yang signifikan dari *iron oxyhydroxide* adalah *goethite* (  $\text{-FeOOH}$  ) dengan magnetisasi spontan jauh lebih kecil dari *magnetite* yaitu sekitar 2 kA/m dan temperatur Curie 120 °C. *Goethite* memiliki struktur mineral heksagonal dan bersifat antiferromagnetik serta banyak ditemukan pada tanah dan sedimen.

## 5. 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  $\mu\text{m}$  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) *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  $\mu\text{m}$  (Hunt, 1991).

### 3) *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  $\mu\text{m}$  (Butler, 1998). Struktur bulirnya memiliki lebih dari satu domain dengan arah yang berbeda. Untuk *magnetite* memiliki ukuran bulir besar dari 20  $\mu\text{m}$  bahkan sampai 100  $\mu\text{m}$  (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 seperti *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang berdomain *pseudo-single* (PSD) dan *multidomain* (MD) (Huliselan dan Bijaksana, 2007).

## 6. Mineral Magnetik sebagai Indikator Pencemaran Lingkungan

Metode kemagnetan batuan saat ini sudah banyak di kembangkan secara luas untuk mencari masalah lingkungan. Prinsip yang mendasarinya

adalah adanya asumsi bahwa kehadiran dan kelimpahan mineral magnetik mungkin mencerminkan kondisi lingkungannya (Fitriani dan Huliselan, 2010).

Keberadaan mineral magnetik pada lingkungan salah satunya disebabkan oleh berbagai macam polutan seperti pada pencemaran udara yang disebabkan oleh hasil pembakaran kendaraan bermotor di jalan raya. Pada air tanah pencemaran disebabkan oleh suatu cairan yang dihasilkan dari pemaparan air hujan pada timbunan sampah yang disebut lindi.

Jenis mineral magnetik yang pernah ditemukan sebagai polutan adalah *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ). Kajian mineral magnetik dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran lingkungan salah satunya dilihat pada sampel lindi yang diidentifikasi jenis mineral magnetiknya.

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).

Menurut Huliselan dan Bijaksana (2007), Lindi yang berasal dari TPA Sarimukti memiliki suseptibilitas magnetik bervariasi pada kisaran 58.50-203.13 dan mengandung *magnetite* ( $Fe_3O_4$ ) sebagai salah satu pencemar lingkungan yang cenderung berbulir jamak (*multi domain*) dengan ukuran bulir  $> 10 \mu m$ . Penelitian yang dilakukan oleh Silvia Candra (2013) tentang pemetaan nilai suseptibilitas magnetik pada *Top Soil* sebagai indikator penyebaran logam berat di sekitar jalan Soekarno-Hatta Malang

menyatakan bahwa munculnya logam berat pada pengujian XRF dengan nilai suseptibilitas yang tinggi yaitu dengan rentang  $592,7 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg sampai  $9847 \times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mahrizal (2013) Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Di Kota Padang, mengatakan bahwa nilai suseptibilitas magnetik yang paling besar yaitu pada pabrik-pabrik yang kebanyakan berlokasi di kecamatan Lubuk Kilangan. Hal ini mungkin disebabkan karena di kawasan Lubuk Kilangan terdapat pabrik P.T Semen Padang. Partikel oksida besi sebenarnya tidak lebih dari fraksi yang kecil dari total debu, tetapi ada bukti (evidence) bahwa partikel tersebut sangat berisiko terhadap kesehatan, terutama yang ukurannya lebih kecil. Secara nyata berdasarkan fakta bahwa partikel besi merupakan tracer yang sangat baik untuk mengetahui total particulate content dalam atmosfer dan konsentrasinya yang berhubungan dengan logam berat yang secara potensial berbahaya untuk tumbuhan, binatang, dan manusia.

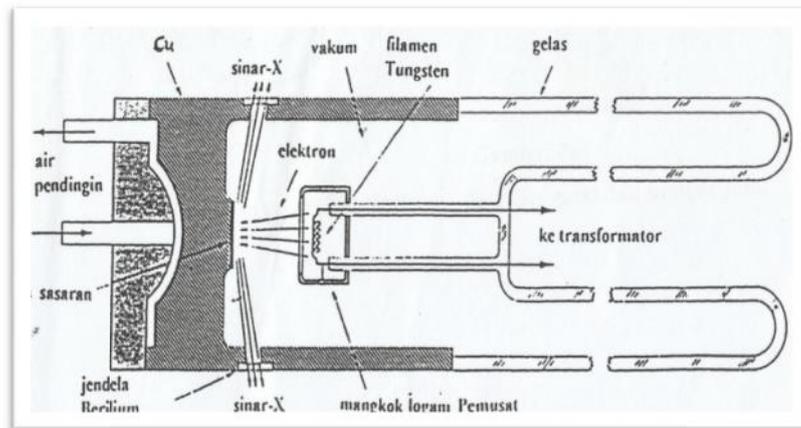
## **7. Sinar X (X-Ray)**

Sinar-X ditemukan pada tahun 1895 oleh Wilhelm Conrad Rontgen di Universitas Wurtzburg Jerman, karena asalnya tidak diketahui waktu itu maka dinamakan sinar-X. Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 1 Amstrong ( $10^{-10}$  m). Panjang gelombang ini kira-kira sama dengan jarak antar atom dalam kristal. Oleh karena itu, sinar-X dapat didifraksi oleh atom-atom dalam material berbentuk kristal. Dengan mengamati pola difraksi sinar-X yang dihasilkan suatu material maka

struktur kristal material tersebut dapat diketahui (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

Ada dua cara utama untuk memproduksi sinar-X. Cara pertama adalah dengan memberikan percepatan kepada partikel bermuatan listrik. Partikel yang bermuatan listrik yang dipercepat akan memancarkan gelombang elektromagnetik. Peristiwa ini disebut *bremmstrahlung*. Panjang gelombang yang dipancarkan dalam peristiwa ini bermacam-macam, tetapi ada panjang gelombang minimum (frekuensi maksimum) yang dapat dihasilkan. Nilai ini bergantung pada energi partikel yang dipercepat (Abdullah dan Khairurrijal, 2010).

Disamping melalui proses *bremmstrahlung* cara yang kedua untuk menghasilkan sinar-X adalah melalui transisi elektron antar kulit atom logam masa menengah. Atom-atom dengan nomor atom sekitar 28-30 seperti tembaga memiliki tingkat-tingkat energi elektron sedemikian sehingga beda energi antar tingkat berdekatan sama dengan energi foton sinar-X. Sifat tingkat energi yang demikian menjadikan material logam dari unsur tersebut dimanfaatkan untuk menghasilkan sinar-X (Abdullah dan Khairurrijal, 2010). Skema tabung sinar-X dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Tabung Sinar-X (Amilius, Sudjono, dan Rusnaeni, 1999)

Tabung sinar-x terdiri dari sumber elektron, katoda, anoda (logam sasaran) dan tabung vakum. Sumber elektron yang biasanya dipakai adalah filamen logam yang dipanaskan, biasanya logam Tungsten. Filamen atau katoda yang berperan sebagai sumber elektron memiliki tegangan biasanya 30-50 kV terhadap anoda (logam sasaran). Anoda atau logam sasaran merupakan sasaran yang akan ditembak oleh elektron yang dipercepat. Umumnya logam sasaran yang dipakai adalah Cu, Cr, Fe, Co, Mo dan Ag. Katoda dan anoda ini ditempatkan pada tabung yang vakum bertujuan untuk menghindari halangan pada gerakan elektron agar perjalanan katoda ke anoda tidak terganggu (Amilius, Sudjono, dan Rusnaeni, 1999).

Katoda dalam tabung sinar-X dihubungkan dengan kutub negatif suatu sumber listrik tegangan tinggi, kemudian dipanaskan pada suatu filamen agar lebih mudah memancarkan elektron. Sedangkan anoda yang terbuat dari logam berat dihubungkan dengan kutub positif sumber listrik tegangan tinggi. Anoda didinginkan dengan air untuk menyalurkan kelebihan kalor yang timbul karena benturan berkas elektron dengan

permukaan anoda tersebut. Beda potensial yang tinggi berfungsi untuk mempercepat elektron-elektron disepanjang tabung yang dipancarkan dari katoda. Sehingga setelah sampai di anoda elektron-elektron tersebut memiliki energi kinetik yang sangat besar, dan apabila menumbuk logam target (kutub anoda) pada ujung tabung maka anoda akan memancarkan sinar. Sinar yang dipancarkan ini disebut sinar-X.

Peristiwa dalam tabung sinar-X dapat menghasilkan spektrum sinar-X. Dimana elektron yang terjadi oleh filamen ditolak oleh katoda dipercepat menuju anoda dengan kecepatan yang tinggi. Energi kinetik elektron ini sebagian besar diubah menjadi panas, sedangkan sebagian lagi menjadi sinar-X yang terpancar kesegala arah. Radiasi yang terjadi terdiri dari berbagai panjang gelombang dengan intensitas yang berbeda. Jadi terjadi spektrum yang disebut spektrum kontinu sinar-X atau sinar-X putih. Variasi intensitas ini tergantung pada tegangan tinggi yang diterapkan pada katoda (Amilius, Sudjono, dan Rusnaeni, 1999).

Jika tegangan tinggi dinaikkan, maka intensitas semua panjang gelombang naik dan batas panjang gelombang pendek bergeser kenilai lebih rendah. Sampai suatu tegangan tinggi tertentu, yang karekteristik logam sasaran dan bentuk spektrumnya adalah kontinu. Spektrum ini disebabkan oleh perlambatan tiba-tiba elektron yang menumbuk logam sasaran. Sebagian elektron langsung melepaskan seluruh energinya menjadi foton sinar-X, sebagian lagi menyerahkan sebagian energinya dalam tumbukan dengan atom-atom di dalam logam sasaran, dengan jumlah tumbukan yang

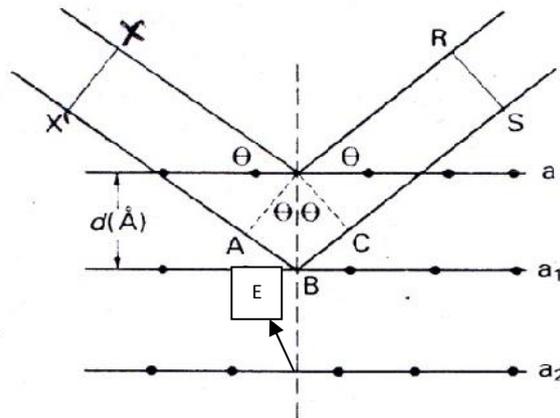
berbeda-beda, sehingga menyebabkan panjang gelombang yang berbeda-beda dengan intensitas yang berbeda juga. Makin tinggi tegangan tinggi katoda, makin tinggi energi kinetik elektron dan makin tinggi energi sinar-X atau jumlah foton per detik dan energi rata-rata per foton.

## 8. *X-Ray Diffraction (XRD)*

Analisis mengenai pola difraksi dimulai tahun 1936, beberapa ahli seperti Hanawalt, Rind dan Frevel, bersama-sama mengumpulkan berbagai pola difraksi dari bahan-bahan yang senyawa kimianya telah diketahui. Pola difraksi berkas diperoleh dari difraksi berkas sinar-X oleh bidang hkl pada suatu kristal. Perbedaan orientasi bidang hkl akan menghasilkan pola puncak-puncak yang terletak pada suatu sudut difraksi tertentu. Berdasarkan perbedaan pola difraksi yang diperoleh dapat mengidentifikasi jenis mineral magnetik pada suatu bahan (Santosa A, 2008).

Difraksi sinar-X (*X-ray diffraction*) merupakan salah satu metoda karakterisasi material sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Metode ini menggunakan sebuah sinar-X yang terdifraksi seperti sinar yang direfleksikan dari setiap bidang, dibentuk oleh atom-atom kristal dari material. Pola difraksi yang terbentuk dengan berbagai sudut timbul menyatakan karakteristik dari sampel. Susunan ini diidentifikasi dengan membandingkannya dengan sebuah *database* internasional.

Setiap unsur atau senyawa memiliki pola difraksi tertentu untuk dapat diidentifikasi menggunakan teknik difraksi sinar-X. Pola difraksi yang dihasilkan berisi data intensitas dan sudut difraksinya. Jarak antar bidang dapat dihitung dengan hukum Bragg. Skema proses difraksi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema Difraksi Bidang Kisi (Hardy dan Tucker, 1991)

Gambar 8 menunjukkan adanya sinar-X yang datang pada sebuah permukaan kristal dengan setiap lapisan atom-atom terpisah sejauh  $d$  masing-masing dengan jarak yang sama. Panjang jarak antar sektor  $XX'$  dan  $RS$  untuk setiap sinar tampak dibedakan dengan nilai yang diketahui dan dijadikan sebagai kelipatan ( $n$ ) dari panjang gelombang ( $\lambda$ ), sehingga jarak tempuh dari sinar datang yang saling menguatkan yang karena fasanya sama adalah :

$$\delta = n\lambda \quad (2)$$

Atom  $E$  yang terdapat pada kristal akan menghamburkan seberkas sinar-X yang datang menumbuk suatu material kristal. Sinar datang

berikutnya akan dihamburkan oleh atom  $E$ . Proses penghamburan sinar ini harus menempuh jarak sepanjang  $DE + EC'$ , sehingga panjang jarak tempuh sinar datang ini dapat dirumuskan menjadi:

$$\delta = AB + CB = 2 BC \quad (3)$$

Menggunakan perumusan trigonometri dasar didapatkan bahwa:

$$BC = BE \sin \theta \quad (4)$$

Dimana  $BE = d$ , sehingga persamaan (2) menjadi

$$AB + BC = 2 d \sin \theta \quad (5)$$

Dari persamaan (1) telah diketahui bahwa jarak tempuh sinar datang adalah  $\delta = n \lambda$ , maka persamaan (1) dapat dikonversikan dengan persamaan (5) sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (6)$$

Atau didapatkan persamaan

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (7)$$

Persamaan ini dikenal sebagai Hukum Bragg, yang merupakan persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar-X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi.

Seberkas sinar-X yang dijatuhkan pada sampel (kristal) berdasarkan persamaan Bragg memperlihatkan bidang kristal itu akan membiaskan

sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar atom dalam kristal. Bidang kristal yang terdapat pada dalam sampel akan membuat intensitas pembiasan yang dihasilkan akan semakin kuat, sehingga puncak-puncak pada pola *X-ray diffraction* akan semakin jelas dan setiap puncak akan mewakili satu bidang kristal tertentu.

Salah satu metode untuk mengamati difraksi sinar-X oleh kristal yang sering digunakan saat ini adalah metode *powder diffraction*. Metode ini menggunakan sampel dalam bentuk serbuk untuk mengidentifikasi kristal. Pada metode *powder diffraction*, detektor dirotasi pada berbagai sudut. Intensitas sebagai fungsi sudut yang dibentuk oleh detektor dan sinar-X dapat diukur dan sudut yang dihasilkan sama dengan  $2\theta$ . Detektor yang berada pada sudut yang tidak memenuhi hukum Bragg tidak ada cacahan yang diukur pada sampel, sebaliknya detektor akan mengukur jika berada pada posisi sudut yang memenuhi hukum Bragg sehingga akan dideteksi cacahan tinggi dengan bentuk profil intensitas (Abdullah dan Khairurrijal, 2010). Hasil yang dikeluarkan dari *diffractometer* disebut dengan difraktogram berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai  $2\theta$  tertentu. Puncak-puncak yang teridentifikasi mewakili setiap bidang kristal tertentu.

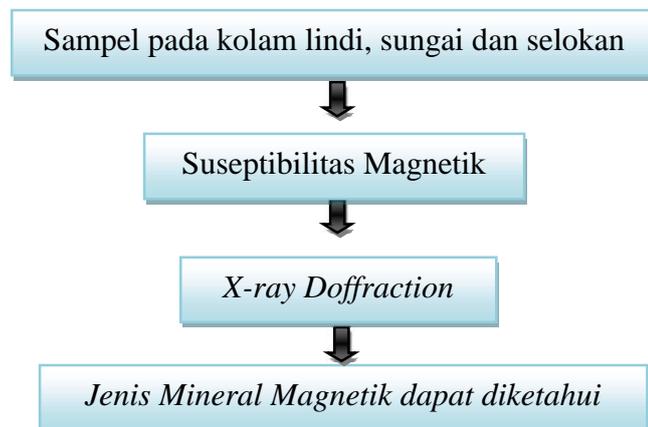
## 9. Kerangka Berfikir

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan konsentrasi mineral magnetik pada lindi tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Air Dingin kota Padang. Penentuan jenis mineral magnetik yang terkandung pada lindi

dilakukan dengan menggunakan metode *X-ray Diffraction*. Dari pengukuran *X-ray Diffraction* maka dapat diidentifikasi jenis mineral magnetik yang terkandung pada lindi TPA sampah Air Dingin kota Padang.

Setelah sampel diperoleh dari kolam lindi, sungai dan selokan maka akan dilakukan pengukuran suseptibilitas magnetik. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai suseptibilitas, sampel diambil adalah sampel yang mempunyai nilai suseptibilitas tinggi. Kemudian akan diperoleh jenis mineral magnetik dari sampel tersebut menggunakan *X-ray Doffraction*

Bagan kerangka berpikir penelitian secara ringkas dapat digambarkan pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Kerangka Berfikir Penelitian

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan difraktogram dan perbandingan hasil pengukuran dengan *database* mineral yang dihasilkan menggunakan *x-ray diffraction* dapat diketahui jenis mineral magnetik yang terkandung pada sampel Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang. Hasil analisa data dapat diketahui bahwa:

1. Berdasarkan analisa data software *Hight Score plus* dan perbandingan dengan *database* mineral menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki kandungan jenis mineral yang sama yaitu *magnetite* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) . Sedangkan mineral non magnetik yang teridentifikasi pada hasil pengukuran disebabkan oleh sampel yang digunakan tidak melewati proses ekstraksi yang baik sehingga mineral nonmagnetik yang terdeteksi *x-ray diffractometer* berfungsi sebagai pengotor.
2. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa adanya mineral magnetik di kolam, sungai dan selokan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang berasal dari sumber- sumber yang bersifat *Anthropogenic*.
3. Ukuran bulir mineral magnetik sampel selokan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin Kota Padang tergolong *multi-domain*

(MD) . *Magnetite* memiliki ukuran terbesar yaitu 193,25  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata ukuran bulir 63,90  $\mu\text{m}$ .

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sampel yang digunakan harus melewati proses ekstraksi yang maksimal agar memudahkan untuk menemukan jenis mineral magnetik yang terkandung pada sampel.

### Kepustakaan

- Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2010. *Karakterisasi Nanomaterial Teori Penerapan dan Pengolahan Data*. Bandung: Rezki Putra.
- Amilius, Z, Sudjono, H. K, Rusnaeni, N. 1999. *Aplikasi X-Ray Diffraction dan Scanning Electron Microscope untuk Analisis Bahan*. Bandung: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia PUSLITBANG Fisika Terapan.
- Aziz, H. A., S. Alias., M. N. Adlan., et al. 2007. Colour Removal from Landfill Leachate by Coagulation and Flocculation Processes. *Bioresource Technology*, v. 98, p 218-220.
- Budiman, Arif dan Jernih Wati Zendrato. 2013. Identifikasi Polutan Dalam Air Permukaan Di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin Padang. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung FMIPA UNILA*.
- Butler, R. F. 1998. *Paleomagnetism Magnetic Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific Publication.
- Chaparro, M.A.E., Sinitio, A.M., Ramasamy, V., Marinelli, C., Chaparro, M.A.E., Mullainathan, S., dan Murugesan, S. (2008) : Magnetic measurements and pollutants of sediments from Cauvery and Palaru River, India, *Environmental Geology*, 56, 425-437.
- Chay, Asdak. 2010. Diklat landfilling limbah-FTSL, "Pengelolaan Leachate (Lindi)". ITB. <http://www.itb.ac.id/wordpress/wp-content/bag7P/PenangananLindi.pdf>
- Christensen, T.H., Kjeldsen, P., Bjerg, P.L., et al. 2001. Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes, *Applied Geochemistry*, v. 16, p 659-718.
- Damanhuri, E. 1996. *Teknik Pembuangan Akhir*. Jurusan Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Bandung.
- Dunlop, D., & O. Ozdemir. 1997. *Rock Magnetism*. USA: Fundamentals and frontiers. Cambridge Universitas Press.
- Evans, M. dan F. Heller. 2003. *Environment Magnetism Principles and Application of Environmagnetics*. California: Academic Press.
- Eksanti, Solikha Diah, dkk. 2013. *Penerapan Metode Geomagnet Untuk Mengetahui Nilai Suseptibilitas Magnetik Lapisan Tanah Dibandingkan dengan Pengukuran Suseptibilitas Magnetik Secara Langsung Studi Kasus: Lapisan Tanah di Desa Pandensari Pujon, Malang*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Fardiaz, S. 1995. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.

- Fitiani, D. dan Huliselan, E.K. 2010. Magnetic Properties as a Proxy Indicator of Environmental Pollution. *Jurnal JTM*, Vol. XVI No. 3.
- Graha Dody, S. 1987. *Batuan dan Mineral*. Bandung: Nova.
- Heryanto, Polar. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Huliselan, Estavanus Kristian dan Satria Bijaksana. 2007. Identifikasi Mineral Magnetik pada Lindi (*Leachate*). *Jurnal Geofisika*, Vol.2.
- Huliselan, Estavanus Kristian dan Satria Bijaksana. 2007 . 2008. Kajian Sifat Magnetik Lindi (*Leachate*) di TPA Sarimukti Bandung Barat. *Prosiding Seminar Nasional Fisika 2008*.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmental Magnetism Workshop*. Minneapolis. University of Minneasota.
- Irman. 2005. Evaluasi Peran Serta Masyarakat dalam pelaksanaan Sistem Teknik Operasional Pengelolaan Sampah di Kota Padang. *Tesis*. Semarang: Universitas diponegoro.
- Istiyono, Edi. 2009. Analisis Sifat Magnetik Bahan yang Mengalami Proses Annealing dan Quenching. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009*.
- Malita Y.A.2014. Karakterisasi Mineral Magnetik Lindi (*Leachate*) TPA Air Dingin Kota Padang Menggunakan *Scanning Electron Microscopice* (SEM). FMIPA. Universitas Negeri Padang. Padang.
- Maulana, T. 2011. Mineral Data. [www.galleries.com](http://www.galleries.com). (didownload tanggal 31 Mei 2012).
- Mufit, Fatni, Fadhillah, Harman Amir, dkk. 2006. Kajian tentang Sifat Magnetik Pasir Besi dari Pantan Sunur, Pariaman, Sumatera Barat. *Jurnal Geofisika Vol.1*.
- Palendra, N. 2009. Identifikasi Jenis Mineral Magnetik Bijih Besi Daerah Surian dan Sungai Lasi, Kabupaten Solok dengan Menggunakan X-Ray Diffractometer. *Skripsi*. Padang: UNP.
- Rifai, H, E. Rahman, M. Irvan. 2011. *Ekstraksi Magnetik pada Methanol-Soap Bathed Muds*. Palembang: Jurnal Penelitian Sains 14 1(B).
- Rosanti, Dian farida. 2012. Korelasi antara Suseptibilitas Magnetk dengan Unsur Logam Berat pada Sekuensi Tanah di Pujon Malang. *Skripsi*. Malang: Universitas Negeri Malang.

- Santosa, A. 2008. *Analisis Struktur Kristal dan Komposisi Fasa Lapisan Tungsten Carbide/Coblat (WC-Co) yang dibuat dengan Menggunakan Metode HVOF*. Universitas Indonesia.
- Smallman, R. E., Bishop, R.J., 2000: *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*, Edisi keenam, Erlangga, Jakarta
- Syekhfani. (2013). *Soil-Logam Berat*, (Online), (<http://syekhfanismd.-lecture.ub.ac.id/2013/06/soil-logam-berat/>), diakses Tanggal 11 Maret 2014).
- Syirojudin, Muhamad. 2010. Penentuan Karakteristik Sesar Cimandiri Segmen Pelabuhan Ratu-Citarik Dengan Metode Magnet Bumi. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Zakaria. 2003. Analisis Kandungan Mineral Magnetik pada Batuan Beku dari Daerah Istimewe Yogyakarta dengan Metode X-Ray Diffraction. *Skripsi*. Kediri: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Haluoleo.
- Zouboulis, A.I., Chai, X.-L., and Katsoyiannis, I.A., 2004, *The Application of Bioflocculant for the Removal of Humic Acids from Stabilized Landfill Leachates*. *Journal of Environmental Management*, v. 70, p 35–41.