

**MONITORING MAGNETIK TERHADAP POLUSI KENDARAAN
BERMOTOR DI KOTA PADANG PANJANG**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



DELTA PERDANA

NIM. 01971

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : **Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Kendaraan Bermotor di Kota Padang Panjang.**

Nama : Delta Perdana

NIM : 01971

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 3 Agustus 2015

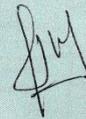
Disetujui oleh :

Pembimbing I



Drs. Mahrizal, M.Si.
NIP. 19510512 197603 1 005

Pembimbing II



Syafriani S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19740305 199802 2 001

PENGESAHAN LULUSAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Delta Perdana
NIM : 01971
Program Studi : Fisika
Jurusan Fisika : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

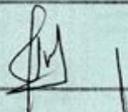
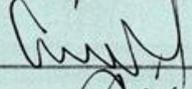
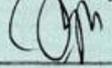
dengan judul

MONITORING MAGNETIK TERHADAP POLUSI KENDARAAN
BERMOTOR DI KOTA PADANG PANJANG

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

Padang, 11 Januari 2016

Tim Penguji

| | Nama | Tanda Tangan |
|------------|--------------------------------|---|
| Ketua | : Drs. Mahrizal, M.Si. |  |
| Sekretaris | : Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D. |  |
| Anggota | : Drs. H. Asrul, M.A. |  |
| Anggota | : Dra. Hidayati, M.Si. |  |
| Anggota | : Harman Amir, S.Si, M.Si. |  |

ABSTRAK

DELTA PERDANA: MONITORING MAGNETIK TERHADAP POLUSI KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA PADANG PANJANG

Polusi udara akibat kendaraan bermotor sudah mencapai titik yang mengkhawatirkan terutama di kota-kota besar yang disebabkan oleh kegiatan, seperti industri, asap kendaraan bermotor, pembakaran sampah rumah tangga dan aktifitas lainnya. Polusi udara akibat mineral magnetik bersumber dari gesekan-gesekan mesin, karatan pada kendaraan bermotor dan gas buang kendaraan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, dimana sumber polusi tersebut terbang bersama udara, sehingga menimbulkan polusi udara. Padang Panjang termasuk daerah yang padat dilalui kendaraan bermotor sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai monitoring magnetik terhadap polusi kendaraan bermotor di kota Padang Panjang. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menentukan tingkat polusi udara akibat kendaraan bermotor tersebut.

Penelitian ini menggunakan 30 sampel *topsoil*. Penentuan tingkat polusi udara dari kendaraan bermotor dapat ditentukan dengan menggunakan metoda kemagnetan batuan yaitu metoda Suseptibilitas Magnetik. Metoda suseptibilitas magnetik digunakan untuk mengetahui konsentrasi atau nilai suseptibilitas magnetik yang terkandung pada suatu sampel. Nilai suseptibilitas magnetik diketahui dengan menggunakan *Bartington Susceptibility Meter* tipe MS2B. Pengukuran yang dilakukan berdasarkan nilai suseptibilitas massa. Setelah diperoleh nilai suseptibilitas magnetiknya maka dapat ditentukan tingkat polusi tersebut (tinggi, sedang dan rendah).

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan maka diperoleh nilai rata-rata suseptibilitas magnetik pada semua titik pengambilan sampel berkisar antara $1133,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $1263,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar tinggi. Nilai suseptibilitas paling tinggi terdapat pada Kelurahan Ngalau yang menunjukkan tingkat polusi tercemar tinggi. Ditinjau dari jarak pengukuran dari pinggir jalan di Padang Panjang ini, nilai suseptibilitas paling tinggi terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan kemudian 1 m dan 2 m dari pinggir jalan.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin, rasa syukur yang mendalam penulis sampaikan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Kendaraan Bermotor di Kota Padang Panjang”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan dan memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis telah banyak mendapat motivasi, arahan, bimbingan, serta nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan ketulusan penulis mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si., sebagai penasehat akademis sekaligus sebagai pembimbing I atas motivasi, bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si., Ph.D., sebagai pembimbing II yang dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
3. Bapak Drs. H. Asrul, MA, Ibu Dra. Hidayati, M.Si, Bapak Harman Amir, S.Si, M.Si, sebagai penguji dan juga telah memberikan motivasi, saran dan arahan kepada penulis.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, ketua Jurusan Fisika FMIPA, UNP.

5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si., sebagai ketua Program Studi Fisika FMIPA UNP.
6. Bapak/Ibu Dosen staf pengajar di Jurusan Fisika FMIPA UNP
7. Bapak Drs. Mahrizal, M.Si, sebagai Ketua Laboratorium Geofisika FMIPA yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di Laboratorium Geofisika FMIPA UNP.
8. Orangtua dan keluarga tercinta yang mencurahkan perhatian, motivasi, dan do'a yang selalu mengiringi langkah penulis.
9. Teman-teman Jurusan Fisika UNP yang telah memberi dukungan dan motivasi.

Dipenghujung kata penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap pihak, dan penulis mengharapkan kritik dan saran demi kelengkapan skripsi ini. Semoga semua kritik, dan saran menjadi catatan positif untuk menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik.

Padang, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| B. Perumusan Masalah..... | 5 |
| D. Batasan Masalah..... | 5 |
| E. Pertanyaan Penelitian..... | 5 |
| F. Tujuan Penelitian | 5 |
| F. Manfaat Penelitian | 6 |
| BAB II KERANGKA TEORITIS | |
| A. Kajian Teoritis | 7 |
| 1. Pencemaran Udara | 7 |
| 2. Kemagnetan Bahan | 10 |
| 3. Mineral Magnetik..... | 13 |
| 4. Suseptibilitas Magnetik..... | 15 |
| 5. Tingkat Polusi Udara berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik | 15 |
| 6. Suseptibilitas Bergantung Frekuensi..... | 18 |
| B. Penelitian yang Relevan | 19 |
| C. Kerangka Berfikir | 20 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| A. Jenis Penelitian | 22 |
| B. Tempat dan Waktu Penelitian | 22 |
| C. Variabel Penelitian | 23 |
| D. Deskripsi Sampel | 23 |

| | |
|------------------------------------|----|
| E. Instrumen Penelitian | 24 |
| F. Rancangan Penelitian..... | 26 |
| G. Teknik Analisa Data..... | 29 |
| H. Interpretasi Data | 30 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Hasil Penelitian | 32 |
| B. Pembahasan | 48 |
| BAB V PENUTUP | |
| A. Kesimpulan | 55 |
| B. Saran | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| Tabel: | Halaman |
|--|----------------|
| 1 Interpretasi Nilai Suseptibilitas bergantung Frekuensi terhadap Konsentrasi Partikel Superparamagnetik | 18 |
| 2 Nilai Suseptibilitas Magnetik SA | 32 |
| 3 Nilai Suseptibilitas Magnetik SB | 34 |
| 4 Nilai Suseptibilitas Magnetik NGL | 36 |
| 5 Nilai Suseptibilitas Magnetik SGD | 38 |
| 6 Nilai Suseptibilitas Magnetik PU | 39 |
| 7 Nilai Suseptibilitas Magnetik GML | 41 |
| 8 Nilai Suseptibilitas Magnetik BL | 43 |
| 9 Nilai Suseptibilitas Magnetik KM | 45 |
| 10 Nilai Suseptibilitas Magnetik TH | 47 |
| 11 Nilai Suseptibilitas Magnetik BS | 48 |
| 12 Nilai Suseptibilitas Magnetik <i>Topsoil</i> | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | | Halaman |
|---------------|---|----------------|
| 1 | (a) Grafik Magnetisasi (M) Terhadap Medan Magnet (H) yang diberikan ($\chi < 0$) (b) Suseptibilitas (χ) Tidak Tergantung Pada Temperatur (T) untuk Diamagnetik | 11 |
| 2 | (a) Grafik Magnetisasi (M) Terhadap Medan Magnet (H) yang diberikan dan ($\chi < 0$) (b) Suseptibilitas (χ) Tidak Tergantung Pada Temperatur (T) Untuk Bahan Paramagnetik..... | 12 |
| 3 | Kerangka Berfikir Penelitian | 21 |
| 4 | Peta Kota Padang Panjang | 23 |
| 5 | Neraca Elektrik Digital | 24 |
| 6 | <i>Bartington Magnetik Suseptibility Meter MS2</i> | 25 |
| 7 | Titik Pengambilan Sampel | 26 |
| 8 | Sampel yang Siap untuk di Ukur | 27 |
| 9 | Nilai Suseptibilitas Magnetik SA | 33 |
| 10 | Nilai Suseptibilitas Magnetik SB | 35 |
| 11 | Nilai Suseptibilitas Magnetik NGL | 36 |
| 12 | Nilai Suseptibilitas Magnetik SGD | 38 |
| 13 | Nilai Suseptibilitas Magnetik PU | 40 |
| 14 | Nilai Suseptibilitas Magnetik GML | 42 |
| 15 | Nilai Suseptibilitas Magnetik BL | 44 |
| 16 | Nilai Suseptibilitas Magnetik KM | 45 |
| 17 | Nilai Suseptibilitas Magnetik TH | 47 |
| 18 | Nilai Suseptibilitas Magnetik BST | 49 |
| 19 | Nilai Suseptibilitas Magnetik <i>Topsoil</i> | 50 |
| 20 | Grafik plot data antara nilai suseptibilitas, jarak pengambilan, dan daerah pengambilan sampel..... | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Gambar | | Halaman |
|---------------|----------------------------------|----------------|
| 1 | Koordinat Geografis sampel | 59 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Aktifitas sehari-hari diberbagai bidang seperti industri, kendaraan bermotor, pembakaran sampah rumah tangga dan aktifitas lainnya adalah sebagian besar penyebab utama polusi udara. Polusi yang ditimbulkan kendaraan bermotor khususnya di negara-negara berkembang dewasa ini meningkat sangat tajam seiring dengan penambahan jumlah kendaraan bermotor yang semakin tinggi. Kendaraan bermotor yang menggunakan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengandung timah hitam (*Lead*) yang berperan sebagai penyumbang polusi terhadap kualitas udara dan kesehatan.

Polusi udara akibat emisi kendaraan bermotor sudah mencapai titik yang mengkhawatirkan terutama di kota-kota besar. Hal ini disebabkan sampai saat ini jumlah kendaraan bermotor di seluruh Indonesia telah mencapai lebih dari 20 juta yang 60% adalah sepeda motor sedangkan pertumbuhan populasi untuk mobil sekitar 3-4% dan sepeda motor lebih dari 4% per tahun. Menurut data terakhir dari Gaikindo pertumbuhan pasar penjualan kendaraan baru untuk roda empat naik hampir 25 % pada tahun 2003. Sedangkan pertumbuhan pasar penjualan sepeda motor naik hampir 35 % pada tahun 2003. Melihat permasalahan tersebut maka sudah menjadi suatu keharusan bagi industri kendaraan bermotor di Indonesia untuk segera menciptakan kendaraan bermotor yang ramah lingkungan dan hemat bahan bakar dimasa mendatang (Gusnita. 2010:66).

Polusi atau pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan (Satriyo, 2008). Gangguan pada kesehatan manusia secara umum serta menurunkan kualitas lingkungan. Polusi udara akibat kendaraan bermotor dapat menghasilkan bahan-bahan yang bersifat logam seperti timah dan besi. Bahan-bahan tersebut berasal dari gesekan-gesekan mesin, karatan pada kendaraan dan gas buang kendaraan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna. Kemudian bahan-bahan tersebut terbang bersama udara, sehingga menimbulkan polusi udara dan juga mengendap di gedung-gedung, vegetasi dan permukaan tanah (*top soil*).

Emisi gas buang kendaraan bermotor juga cenderung membuat kondisi tanah dan air menjadi asam. Pengalaman di Negara maju membuktikan bahwa kondisi seperti ini dapat menyebabkan terlepasnya ikatan tanah atau sedimen dengan beberapa mineral atau logam, sehingga logam tersebut dapat mencemari lingkungan. Disamping itu polusi udara juga dapat menghasilkan partikel-partikel yang dapat terbang di udara dalam bentuk debu (*dust*) atau abu terbang (*fly ash*) yang mana partikel-partikel ini dapat mencemari seperti air, udara, tanah dan mengganggu kesehatan manusia.

Dampak polusi udara dalam jangka panjang terhadap manusia dapat berupa gangguan kesehatan yang dapat mengakibatkan penurunan daya refleksi atau jangka pendek seperti gangguan pernafasan dan sakit kepala. Polusi udara umumnya memberikan dampak terhadap sistem pernafasan manusia seperti kesulitan bernafas, batuk, asma, kerusakan fungsi paru, penyakit pernafasan

kronis dan iritasi penglihatan. Padang Panjang merupakan daerah jalur utama transportasi di Sumatera Barat sehingga Kota yang padat lalu lintas kendaraan bermotornya. Kondisi ini menyebabkan Kota Padang Panjang sudah tercemar polusi udara dan tanah disekitar jalur utama. Hal ini menyebabkan Kota Padang Panjang perlu dilakukan penelitian tentang “Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Kendaraan Bermotor di Kota Padang Panjang”.

Tingkat polusi udara dari kendaraan bermotor dapat ditentukan dengan menggunakan metoda kemagnetan batuan atau metoda magnetik. Metoda magnetik yang digunakan pada penelitian ini adalah suseptibilitas magnetik. Metoda ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi mineral magnetik yang terkandung pada suatu sampel.

Logam dalam batuan dan tanah bisa berupa mineral magnetik yang apabila ditinjau dari sifat magnetiknya, pada umumnya dikelompokkan menjadi diamagnetik, paramagnetik dan ferromagnetik (termasuk ferimagnetik dan anti-ferromagnetik). Namun demikian istilah mineral magnetik biasanya digunakan bagi mineral yang tergolong ferromagnetik. Dalam batuan dan tanah (*soils*), mineral ferromagnetik umumnya berasal dari keluarga besi-titanium oksida, sulfide-besi dan hidrooksida besi (Satria Bijaksana, 2002).

Suseptibilitas merupakan sebuah pengukuran tentang bagaimana megnetisasi dari suatu bahan dapat terjadi dan dapat digunakan secara umum untuk melukiskan sifat magnetik bahan (Hunt. 1991). Suatu bahan magnetik ditempatkan dalam medan magnet (H), bahan magnetik tersebut akan menghasilkan magnetisasinya sendiri. Hal ini disebut sebagai magnetisasi

induksi. Kuat medan magnetik yang diinduksikan oleh bahan magnetik karena adanya medan H disebut dengan intensitas magnetisasi. Intensitas magnetisasi M dihubungkan dengan medan magnet H melalui suatu konstanta kesebandingan (χ) yang dikenal sebagai suseptibilitas magnetik.

Penyelidikan magnetik tentang pencemaran lingkungan jalan raya perkotaan di London, Inggris, diantaranya dilakukan oleh Beckwith. Penyelidikan tersebut dilakukan di pusat jalan, selokan jalan, dan trotoar. Kontribusi dari atmosfer dapat langsung diperiksa dengan sampling atap bangunan di dekatnya, yang berarti suseptibilitas diperoleh lebih rendah dari $0,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$. Kesimpulannya adalah data ini menyiratkan bahwa sumber dominan sangat mungkin terkait dengan kendaraan bermotor.

Pada penelitian sebelumnya, yaitu Wedara (2012), Basri (2008), dan Rizali (2006) juga sudah membahas tentang penentuan tingkat polusi akibat kendaraan bermotor di Kota Padang. Pada penelitian tersebut pengambilan sampel di tiga jalan di Kota Padang yaitu Jl. Kh. Sulaiman, Jl. Adinegoro dan Pasia Nan Togo. Pada penelitian ini peneliti melakukan pengambilan sampel di Kota Padang Panjang di beberapa Kelurahan yang merupakan daerah persimpangan lalu lintas yang ramai yang dilalui oleh kendaraan bermotor. Pengolahan sampel menggunakan metoda suseptibilitas magnetik untuk menentukan tingkat polusi udara.

Metoda suseptibilitas ini merupakan metoda kemagnetan batuan yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi mineral magnetik yang terkandung

pada suatu sampel, sehingga penelitian ini diberi judul “ Monitoring Magnetik Terhadap Polusi Kendaraan Bermotor di Kota Padang Panjang”

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah di uraikan, maka dapat dirumuskan masalah dari penelitian ini yaitu berapa nilai suseptibilitas magnetik dan berapa tingkat polusi akibat kendaraan bermotor di Kota Padang Panjang.

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan di atas dan adanya keterbatasan penulis maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel yang diambil berupa *topsoil* untuk setiap lokasi pada titik sampel.
2. Lokasi pengambilan sampel yaitu pada sepuluh Kelurahan di Kota Padang Panjang.
3. Sampel *topsoil* di ambil pada jarak 0 meter, 1 meter, dan 2 meter dari jalan raya pada lokasi pengambilan sampel.

D. Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan dalam penelitian ini adalah berapa nilai suseptibilitas magnetik dan berapa tingkat polusi yang terjadi akibat kendaraan bermotor di kota Padang Panjang menggunakan Metoda Suseptibilitas Magnetik?

E. Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk:

1. Menentukan nilai suseptibilitas magnetik sampel polutan akibat kendaraan bermotor di kota Padang Panjang.

2. Menentukan tingkat polusi akibat kendaraan bermotor di Kota Padang Panjang.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yaitu :

1. Memberikan informasi bagi pemerintah dan masyarakat daerah setempat tentang tingkat polusi akibat kendaraan bermotor dan sebagai pedoman untuk menindak lanjuti masalah ini.
2. Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di jurusan Fisika FMIPA UNP.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teoritis

1. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, gangguan pada kesehatan manusia secara umum serta menurunkan kualitas lingkungan. Gangguan fisik seperti panas dan gangguan pada kesehatan manusia yaitu timbulnya penyakit leukemia, kanker dan alergi. (Satriyo, 2008:862). Ada dua bentuk emisi dari dua unsur atau senyawa pencemar udara yaitu :

- a. Pencemar udara Primer yaitu emisi unsur-unsur pencemar udara langsung ke atmosfer dari sumber-sumber diam maupun bergerak.
- b. Pencemaran udara sekunder yaitu emisi pencemar udara dari hasil proses fisik dan kimia di atmosfer dalam bentuk fotokimia yang umumnya bersifat reaktif dan mengalami transformasi fisik-kimia menjadi unsur atau senyawa. Bentuknya pun berubah/ berbeda dari saat di emisikan hingga setelah ada di atmosfer, misalnya ozon (O_3) dan hujan asam (Siregar, 2005:2).

A. Bahan-bahan Penyebab Pencemaran Udara

- a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida pada umumnya dihasilkan oleh asap kendaraan bermotor, oleh karena itu diperlukan strategi untuk mengendalikan

dampak emisi ini seperti mengubah karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO₂). Kendali semacam itu secara nyata telah menurunkan emisi dan kadar konsentrasi karbon monoksida hasil pembakaran pada kendaraan bermotor.

b. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida terjadi apabila panas pembakaran menyebabkan bersatunya oksigen dan nitrogen yang terdapat di atmosfer. Zat nitrogen oksida ini menyebabkan kerusakan paru-paru. Setelah bereaksi di atmosfer, zat ini membentuk partikel-partikel nitrat amat halus yang menembus bagian terdalam paru-paru. Partikel-partikel nitrat ini, jika bergabung dengan air, baik di paru-paru atau uap air di awan akan membentuk asam. Akhirnya zat-zat oksida ini bereaksi dengan asap bensin yang tidak terbakar dan zat-zat hidrokarbon lain di sinar matahari dan membentuk ozon rendah atau “*smog*” kabut berwarna coklat kemerahan yang menyelimuti sebagian besar kota di dunia.

c. Sulfur Oksida (SO_x)

Emisi sulfur dioksida kebanyakan ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur, seperti batubara yang digunakan untuk pembangkit tenaga listrik atau pemanasan rumah tangga. Gas yang berbau tajam tapi tidak berwarna ini dapat menimbulkan serangan asma dan gas ini menetap di udara, dapat bereaksi dan membentuk partikel-partikel halus dan zat asam.

d. Hidrokarbon

Zat ini kadang-kadang disebut sebagai senyawa organik yang mudah menguap. Hidrokarbon merupakan uap bensin yang tidak terbakar dan merupakan produk samping dari pembakaran tak sempurna. Emisi Hidrokarbon menyebabkan leukemia, kanker, atau penyakit lainnya.

e. Benda Partikulat

Zat ini sering disebut sebagai asap, benda-benda partikulat ini merupakan zat pencemar udara yang paling berbahaya. Sebagian benda partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal, tetapi yang paling berbahaya adalah butiran-butiran yang begitu kecil sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Sebagian besar partikel halus ini terbentuk dengan polutan lain, terutama sulfur dioksida dan oksida nitrogen.

f. Timah

Logam ini berwarna kelabu keperakan dan sangat beracun, zat ini merupakan ancaman yang sangat berbahaya bagi anak di bawah usia 6 tahun. Sumber utama timah adalah asap kendaraan berbahan bakar bensin yang mengandung timah, maka polutan ini dapat ditemui di mana ada mobil, truk, dan bus. Disamping timah, banyak sekali zat beracun lain yang menambah beban kandungan polutan di daerah perkotaan. Zat-zat ini mulai dari asbes dan logam berat (seperti kadmium, arsenik, mangan, nikel, dan zink) sampai bermacam-macam senyawa organik (seperti benzene, dan hidrokarbon lain). (Satriyo, 2008:866)

B. Pencemaran udara akibat kendaraan bermotor

Polutan udara adalah berbagai jenis senyawa gas dan partikel yang keberadaannya dalam konsentrasi tertentu dan dapat membahayakan manusia. Gas buang sisa pembakaran kendaraan bermotor umumnya menghasilkan beberapa senyawa gas dan partikulat yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Senyawa berbentuk gas yang muncul dari gas buang kendaraan bermotor dapat berupa *carbon monoxide* (CO), *nitrogen oxide* (NO_x), hydro-carbon (HC), partikulat dan timbal (Pb) (Gusnita, 2010:68).

CO yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor terjadi akibat pembakaran yang tidak sempurna. Pada proses pembakaran tersebut, sebagian dari campuran bahan bakar udara tersebut tidak ikut terbakar akibat pembakaran yang tidak sempurna. Hal ini menimbulkan gas HC yang masih berupa hidrokarbon. Pada tahap ini sebagian hidrokarbon bahan bakar yang akan bereaksi dengan udara menjadi gas CO akibat reaksi pada temperatur tinggi dan kekurangan O₂, jika campuran bahan bakar dengan udara berlebih maka gas NO juga akan timbul pada saat temperatur tinggi (Sugiarto, 2004:257).

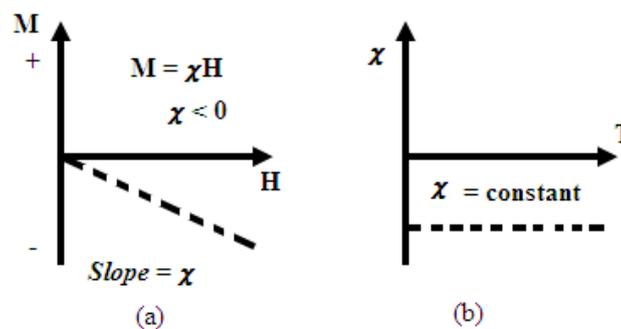
2. Kemagnetan Bahan

Semua bahan mempunyai sifat kemagnetan, hanya saja kemagnetan suatu bahan berbeda antara yang satu dengan yang lainnya (Hunt, 1991:4). Berdasarkan sifat magnetik suatu bahan dapat dikelompokkan menjadi :

a. Diamagnetik

Diamagnetik adalah sifat dasar yang ada di semua bahan walaupun biasanya sangat lemah (Hunt,1991:4). Respon diamagnetik terhadap medan magnet yang dilewatkan padanya akan menghasilkan induksi magnetik yang kecil dan melawan arah medan magnet yang digunakan. Nilai suseptibilitas magnetik (χ) untuk bahan diamagnetik adalah negatif dan tidak bergantung pada temperatur (Butler, 1992:17).

Nilai suseptibilitas magnetik untuk kuarsa (SiO_2) adalah $-0.62 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, calcite (CaCO_3) adalah $-0.48 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, air adalah $-0.90 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ (Hunt, 199:4). Pada bahan diamagnetik, suseptibilitas magnetiknya tidak dipengaruhi temperature (lihat Gambar 1).



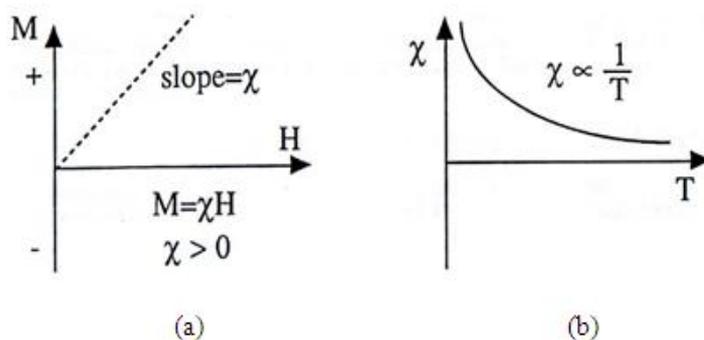
Gambar 1. a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi < 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tidak tergantung pada temperatur (T) untuk bahan diamagnetik (Hunt, 1991)

b. Paramagnetik

Paramagnetik memiliki suseptibilitas magnetik (χ) positif dan kecil. Paramagnetik merupakan mineral yang tersusun dari atom-atom yang memiliki momen magnet tetapi tidak berinteraksi antara momen atom

yang berdekatan dan menghasilkan induksi magnetik yang sejajar dengan medan magnet yang digunakan (Butler, 1992:17).

Bahan diamagnetik, magnetitasnya akan berkurang menuju nol saat medan magnetnya dihilangkan. Jika dilewatkan medan luar terhadap bahan paramagnetik akan terjadi peristiwa pensejajaran momen dipol magnet. Beberapa contoh nilai suseptibilitas untuk bahan paramagnetik adalah montmorillonite (clay) adalah $13 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, siderite (carbonate) adalah $100 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, pyrite (sulfide) adalah $30 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ (Hunt, 1991:5). Pada Gambar 2 dapat dilihat grafik magnetisasi terhadap medan magnet (Gambar a) dan suseptibilitas magnetiknya dipengaruhi oleh temperatur (Gambar b). Menurut Oktova dan Okimustava (2009), bahan paramagnetik merupakan bahan-bahan yang memiliki kerentanan magnetik positif dan sangat kecil.



Gambar 2. (a) Grafik magnetisasi (M) terhadap medan magnet (H) yang diberikan dan ($\chi > 0$). (b) Suseptibilitas (χ) tergantung pada temperatur (T) untuk bahan paramagnetik (Hunt, 1991).

c. Ferromagnetik

Ferromagnetik merupakan sifat magnet yang sangat kuat dibandingkan dengan bahan diamagnetik dan paramagnetik. Sifat magnet

yang kuat dari bahan ini mampu menghasilkan magnetisasi dan mempunyai momen dipole magnet permanen pada saat medan luar tidak ada. Sifat ini dapat dilihat pada besi, kobal, nikel dan lain sebagainya (Evans, 2003:).

Jenis kemagnetan lain yang berhubungan dengan ferromagnetik adalah antiferromagnetik dan ferrimagnetik. Antiferromagnetik adalah suatu respon khusus dari ferromagnetik ditemukan dalam kelompok bahan. Dalam bahan antiferromagnetik, saat medan luar bekerja, gaya antar atom-atom yang berdekatan menyebabkan momen dipol magnetik berbaris dalam pasangan antiparalel. Momen dipole magnetic totalnya adalah nol dan pada bahan ini tidak terdapat histerisis tetapi memiliki suseptibilitas yang kecil dan positif, sedangkan pada bahan ferromagnetik, momen magnetik tersusun sejajar tetapi dengan arah yang berlawanan sehingga tidak ada momen total pada saat medan magnetik luar dihilangkan (Hunt, 1991:6). Bahan ferromagnetik menunjukkan kesejajaran paralel saat menghasilkan magnetisasi tanpa adanya medan magnet.

3. Mineral Magnetik

Mineral magnetik yang ada di alam umumnya bersifat diamagnetik atau paramagnetik. Mineral magnetik yang bersifat ferromagnetik umumnya tergolong dalam oksida besi-titanium, sulfida besi dan hidroksida besi. Mineral-mineral magnetik yang termasuk keluarga oksida besi-titanium adalah magnetite, hematite, dan maghemite. Keluarga oksida besi-titanium

dianggap sebagai pembawa magnetisasi remanent yang paling dominan. Mineral-mineral magnetik dari keluarga sulfida besi adalah pyrite (FeS_2) dan pyrrhotite (Fe_7S_8), sedangkan yang tergolong hidroksida besi adalah goethite ($\alpha\text{-FeOOH}$) (Butler, 1992:20).

Adapun jenis mineral magnetik yang terdapat di alam yaitu :

a. *Magnetite*

Magnetite merupakan salah satu mineral magnetik yang sangat penting di bumi, yang terdapat pada batuan beku, sedimen dan batuan metamorf (Butler, 1992:22). *Magnetite* mempunyai komposisi (Fe_3O_4), yang berwarna hitam mengkilat dengan permukaan kebiru-biruan dan tidak tembus cahaya. Batuannya sangat keras dan sangat berat, tidak terbelah-belah namun menunjukkan kilauan logam (Evans, 2003:33). *Magnetite* yang bersifat ferrimagnetik dengan temperature curie 580°C dan magnetisasi $90\text{Am}^2/\text{kg}$ sampai dengan $93\text{ Am}^2/\text{kg}$ (Butler. 1992:22).

b. *Hematite*

Hematite memiliki bentuk struktur kristal heksagonal. *Hematite* yang bersifat antiferromagnetik dengan magnetisasi saturasinya terjadi pada temperature Curie 675°C dengan magnetisasi spontan 2.5 kA/m (Evans, 2003:38). *Hematite* mempunyai lapisan merah gelap dan juga tidak tembus cahaya yang membuatnya mudah dibedakan dengan *magnetite* dan meleleh bila dipanaskan dalam larutan asam hidrolis dan berubah menjadi *magnetite*.

c. *Ilmenite*

Ilmenite merupakan paramagnetik, *ilmenite* yang terjadi secara alami mengandung jejak *magnetite* atau *hematite*, mineral ini biasanya berwarna kehitam-hitaman, kadang putih keabuan, tahan terhadap cuaca, karena berada tetap pada sedimen.

4. Suseptibilitas Magnetik

Suseptibilitas adalah kemampuan bahan untuk menjadi termagnetisasi (Santoso, 2002:100). Suseptibilitas merupakan sebuah pengukuran tentang bagaimana megnetisasi dari suatu bahan dapat terjadi dan dapat digunakan secara umum untuk melukiskan sifat magnetik bahan (Huntm, 1991:2). Jika suatu bahan magnetik ditempatkan dalam medan magnet (H), bahan magnetik tersebut akan menghasilkan magnetisasinya sendiri.

Suseptibilitas magnetik merupakan ukuran kuantitatif bahan tersebut untuk dapat termagnetisasi jika dikenakan pada medan magnet. Suseptibilitas suatu bahan magnetik ditentukan oleh karakteristik mineral magnetik yang terkandung dalam bahan tersebut, misalnya komposisi dan struktur mineral, ukuran bulir magnetik dan juga tergantung pada kuat medan magnetiknya.

5. Tingkat Polusi Udara Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik

Lalu lintas kendaraan merupakan sumber signifikan dari polusi, tetapi relative sedikit penelitian dalam hal pemantauan magnetik. Sebelum pengenalan bahan bakar tanpa timbal, ada kecenderungan untuk memimpin berbasis kontaminan dikaitkan dengan mineral magnetik. Ini memfasilitasi

berbagai penelitian yang melibatkan ekstraksi untuk kontaminan kimia rinci dan penyelidikan mikroskopis dengan memungkinkan penggunaan rutin teknik pemisahan magnetik. Ternyata, bahan magnetik yang kaya zat besi tidak berasal dari bahan bakar itu sendiri. Ini hasil dari badan berkarat pada mesin, keausan bagian yang bergerak, dan abrasi dari bagian dalam sistem pembuangan.

Penyelidikan magnetik pencemaran di lingkungan jalan raya perkotaan di London, Inggris, dilakukan oleh Beckwith. Untuk pusat jalan, selokan jalan, dan trotoar, dengan memperoleh nilai susceptibilitas rata-rata $5,2 \times 10^{-6}$, $2,4 \times 10^{-6}$ dan $1,8 \times 10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Juga melaporkan pola yang sama pada konsentrasi Cu, Pb, Fe dan Zn tetapi tidak memberi rincian. Kontribusi yang mungkin dari atmosfer dampak langsung diperiksa dengan sampling atap bangunan di dekatnya, yang berarti susceptibilitas diperoleh lebih rendah dari $0,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$.

Pemantauan polusi dari daun berdasarkan pengukuran magnetik sudah dilakukan di beberapa kota di Eropa. Studi lain mengilustrasikan pola magnet yang terkait dengan jalan raya sibuk di Jerman. Dekat margin jalan, pembacaan kerentanan tinggi secara signifikan diamati dalam tanah, tetapi ini jatuh dengan cepat sebagai salah satu bergerak menjauh dari jalan. Dari nilai puncak rata-rata 1,5, penurunan pembacaan sebesar 50% dalam 2m dan bisa dibedakan dari latar belakang luar 5 m. tampaknya bahwa fluks magnetik yang berasal dari lalu lintas jalan yang mudah dipantau tetapi lebih terlokalisasi. Tentu saja, hasil ini hanya menyangkut partikel besar

yang tersimpan dengan cepat. Mungkin ada yang lebih halus aerosol yang berjalan lebih jauh, tetapi sejauh studi magnetik, ini tetap menjadi topik untuk penelitian masa depan. Di kota munich, telah menyelidiki debu udara terkait dengan arus lalu lintas di jalan pusat kota sibuk. Menggunakan Mössbauer spektroskopi dan berbagai pengukuran magnetik. Disimpulkan bahwa mineral magnetik yang dominan adalah besi maghemite. Tampaknya maghemite dipancarkan dari mobil sedangkan besi berasal dari trem jalan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar kesibukan lalu lintas maka semakin tinggi pencemaran udara dan tinggi nilai suseptibilitas magnetik yang terukur. Nilai suseptibilitas masing-masing sampel dapat ditentukan berdasarkan kategori tingkatan polusi berdasarkan jumlah nilai suseptibilitas sampel ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$) (Evan dan Heller, 2003:214) yaitu:

- a. Tingkat I dengan nilai suseptibilitas $< 150 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar rendah.
- b. Tingkat II dengan nilai suseptibilitas antara $150-300 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi yang tercemar rendah.
- c. Tingkat III dengan nilai suseptibilitas antara $300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi yang tercemar sedang.
- d. Tingkat IV dengan nilai suseptibilitas antara $450-600 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi yang tercemar sedang.
- e. Tingkat V dengan nilai suseptibilitas antara $600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi yang tercemar tinggi.

- f. Tingkat VI dengan nilai suseptibilitas antara $> 1000 \times 10^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi yang tercemar tinggi

6. Suseptibilitas Bergantung Frekuensi

Pengukuran suseptibilitas bergantung frekuensi melibatkan dua pembacaan χ dengan frekuensi berbeda. Pengukuran χ_{lf} menggunakan frekuensi 0,46 KHz dan pengukuran χ_{hf} menggunakan frekuensi 46 KHz. Pengukuran digunakan untuk mendeteksi kehadiran persentase mineral superparamagnetik (sangat halus $< 0.03 \mu\text{m}$) yaitu mineral ferrimagnetik yang menjadi Kristal yang dihasilkan dengan proses biokimia dalam tanah. Sampel dengan mineral superparamagnetik akan sedikit menurunkan nilai pengukuran pada frekuensi tinggi, sampel tanpa mineral superparamagnetik akan menunjukkan nilai χ identik pada pengukuran kedua frekuensi (Dearing, 1999:17).

Untuk mengetahui persentase suseptibilitas bergantung frekuensi digunakan:

$$\chi_{fd} = \left(\frac{\chi_{lf} - \chi_{hf}}{\chi_{lf}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 1. Interpretasi Nilai Suseptibilitas Bergantung Frekuensi terhadap Konsentrasi Partikel Superparamagnetik (SP) (Dearing, 1999:47).

| Nilai χ_{fd} | Persentase χ_{fd} (%) | Konsentrasi SP |
|-----------------------|----------------------------|--|
| Low χ_{fd} | $< 2,0$ | Hampir tidak memiliki partikel SP (10%) |
| Medium χ_{fd} | $2,0 - 10,0$ | Camouran bulir SP dan Bulir non SP atau bulir SP $< 0,005 \mu\text{m}$ |
| High χ_{fd} | $10,0 - 14,0$ | Hampir semuanya ($> 75\%$) bulir SP |
| Very High χ_{fd} | $> 14,0$ | Nilai yang jarang terjadi, bulir SP sangat banyak |

B. Penelitian yang Relevan

Penelitian tentang polusi akibat kendaraan bermotor sebelumnya pernah dilakukan oleh Wedara Yuliatry (2012) dengan judul “Penentuan Tingkat Polusi Udara Akibat Kendaraan Bermotor Menggunakan Metoda Suseptibilitas Magnetik di Kota Padang”. Penelitian ini memberi kesimpulan bahwa secara keseluruhan, sampel yang dekat dengan jalan raya akan memiliki nilai suseptibilitas yang tinggi dibandingkan sampel yang sedikit menjauhi pinggir jalan. Hal ini menunjukkan bahwa suseptibilitas magnetik di gunakan sebagai indikator pendekatan sebaran logam di *topsoil* akibat kendaraan bermotor.

Triyanto (2009) dengan judul penelitian “Pemetaan Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas di Kodya Surakarta Menggunakan Bartington MS2 Sebagai Indikator Pendekatan Sebaran Logam. Penelitian ini memberikan kesimpulan bahwa jarak mempengaruhi nilai suseptibilitas magnetik, dimana sampel yang dekat dengan jalan raya akan memiliki nilai suseotibilitas yang tinggi dibandingkan sampel yang sedikit menjauhi dari pinggir jalan. Hal ini menunjukkan bahwa suseptibilitas magnetik dapat digunakan sebagai indikator pendekatan sebaran logam di *topsoil* akibat kendaraan bermotor.

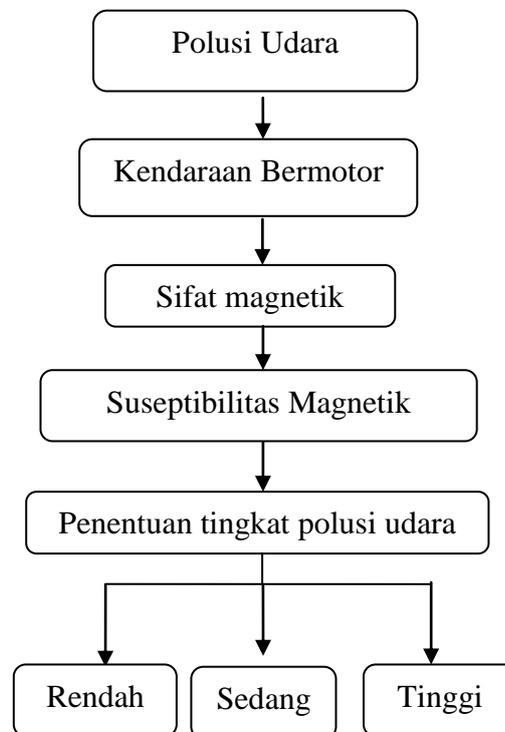
Basri (2008) dengan judul penelitian “Penentuan tingkat polusi akibat kendaraan bermotor menggunakan metoda suseptibilitas magnetik dan *Anhyseretic Remanent Magnetization (ARM)*”. Penelitian ini memberi kesimpulan bahwa sampel pada jalan Khatib Sulaiman termasuk jalan raya dengan tingkat polusi yang sedang, jalan Adinegoro termasuk jalan raya

dengan tingkat polusi yang tinggi dan jalan Pasia Nan Tigo termasuk jalan raya dengan tingkat polusi yang rendah.

Rizali (2006) dengan judul penelitian “Penentuan jenis mineral magnetik pada polutan akibat kendaraan bermotor menggunakan metode *Isothermal Remanent Magnetization (IRM)* di Kota Padang bagian utara. Secara umum sampel yang diambil dari berbagai lokasi daerah di wilayah Padang Utara, sampel tersebut mengandung mineral magnetik yang *multi domain (MD)*, beberapa bagian sampel memiliki mineral-mineral magnetik yang *pseudo single domain (PSD)*.

C. Kerangka Berfikir

Polusi udara yang disebabkan oleh kendaraan bermotor menghasilkan partikel-partikel yang berterbangan di udara dalam bentuk debu, kemudian mengendap di permukaan tanah, kulit kayu, dan daun. Untuk melihat sifat magnetik pada sampel yaitu menggunakan susceptibilitas magnetik. Pengukuran susceptibilitas magnetik ini dapat mengetahui konsentrasi mineral magnetik yang terkandung pada sampel. Setelah didapat konsentrasi atau nilai susceptibilitas magnetik, kemudian dapat ditentukan tingkat polusi, apakah termasuk kategori polusi tercemar rendah, sedang, dan tinggi. Untuk lebih jelasnya bagan kerangka berfikir pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 .



Gambar 3. Bagan Penelitian

Nilai suseptibilitas suatu bahan magnetik dapat berharga positif atau negatif. Nilai positif menunjukkan bahwa harga intensitas magnetik M mempunyai arah yang sama dengan medan H dan nilai suseptibilitas magnetik yang negatif menunjukkan bahwa M berlawanan arah dengan H . Magnetisasi yang diterima, baik magnetisasi induksi maupun magnetisasi remanen, tergantung pada arah medan magnetik yang diberikan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Pada Kelurahan Silaing Atas ($944 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Silaing Bawah ($1295,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Kelurahan Busur ($2044,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Kelurahan Ngalau ($2441,7 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Kelurahan Sigando ($1454,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Kelurahan Pasar Usang ($830,4 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), Kelurahan Guguk Malintang ($1532,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), termasuk kategori polusi tercemar tinggi, sedangkan Kelurahan Balai-Balai ($1088,9 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) termasuk kategori polusi tercemar sedang, dan Kelurahan Tanah Hitam ($593,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dan Kelurahan Kampung manggis ($593,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) termasuk kategori polusi tercemar rendah. Nilai suseptibilitas magnetik paling tinggi pada sampel topsoil terdapat pada Kelurahan Busur dengan kategori polusi tercemar tinggi ($2044,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$).
2. Berdasarkan jarak titik pengambilan sampel dari jalan raya didapatkan nilai suseptibilitas yang tinggi dibandingkan sampel yang menjauhi pinggir jalan.

B. Saran

1. Menambah lokasi pengambilan sampel pada daerah yang belum diambil disekitar Kota Padang Panjang.
2. Dalam pengambilan sampel *topsoil*, variasi jarak pengambilan sampel lebih diperbesar dari 1 m pada penelitian ini menjadi 3 m. tujuannya untuk lebih memudahkan dalam menganalisa data dimana asumsi jarak lebih dekat

dengan jalan raya memiliki tingkat polusi yang tinggi. Sehingga di Padang Panjang dapat di kategorikan sebagai tingkat polusi tercamar tinggi.

3. Penelitian selanjutnya dilakukan pada rentang jarak yang lebih lebar dari pinggir jalan dan dilapisan dari topsoil sampai kedalaman dibawah topsoil untuk melihat seberapa jauh sebaran polutan di dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Basri, H. 2008. *Penentuan Jenis Mineral Magnetik Pada Polutan Akibat Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Isothermal Remanent Magnetization (IRM) di Kota Padang Bagian Utara*. Padang: Universitas Negeri Padang (tidak dipublikasikan).
- Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik dalam Masalah Lingkungan*. Bandung: Jurnal geofisika, 1, 19-27.
- Butler, R. F. 1992. *Paleomagnetism Magnetic Domains to Geologic Teranes*. Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Dearing, J. 1994. *Environmental Magnetic Susceptibility*. Om0409 J. Dearing Handbook. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Evans, M. E dan F Heller. (2003). *Environment Magnetism Prinsiples and Aplication of Environmagnetics*. Academic Press: California.
- Gusnita, 2010. "Green Transport : Transportasi Ramah Lingkungan dan Kontribusinya dalam Mengurangi Polusi Udara". *Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim*. Jurnal Berita Dirgantara Vol. 11 No. 2 Juni 2010:66-71.
- Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmrntal Magnetism Workshop*. Minneapolis: University Of Minnesota.
- Peta administrasi Kota Padang Panjang (Rencana Tata Ruang Wilayah. 2012).
- Santoso, Djoko. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung : ITB.
- Satriyo, Saputra. 2008. "Studi Kondisi Kimiawi Penyebaran PB, Debu, dan Kebisingan di Kota Jakarta". *Jurnal Kajian Ilmiah Lembaga Penelitian Ubhara Jaya* Vol. 9 No. 2 tahun 2008.
- Siregar, Edy, B.M. 2005. *Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Bagi Manusia*. Universitas Sumatera Utara.
- Sugiarto, Bambang. 2004. "Analisis Hasil Uji Petik Emisi (Check Spot) Kendaraan Lama di Jakarta". *Jurnal Teknologi*, Edisi No 4, Tahun XVIII, Desember 2004. Hlm 256-262.

Triyanto, Y. 2005. *Pemetaan Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Lapisan Atas di Kodya Surakarta Menggunakan Bartington MS2 Sebagai Indikator Pendekatan Sebaran Logam*, Jurnal Geofisika, Edisi 2005, Hal1-3.

Yuliatri, Wedara. 2012. *Penentuan Tingkat Polusi Udara Akibat Kendaraan Bermotor Menggunakan Metoda Suseptibilitas Magnetik di Kota Padang*, Jurnal: Universitas Negeri Padang.