

MONITORING MAGNETIK TERHADAP POLUSI KENDARAAN BERMOTOR DI KOTA PADANG PANJANG

Delta Perdana^{*)}, Mahrizal^{**)}, Syafriani^{**)}

^{*)}Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

^{**)}Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

email: delta.perdana@gmail.com

ABSTRACT

Air pollution caused by vehicle has reached alarm point basically in a big city caused by human activity such as industria process, vehicle emission, household trash burning and more another activity. Air Pollution caused by vehicle produced magnetic mineral that sourced from friction machine, corotion of vehicle machine and vehicle emission that from incomplete combustion, where tha source of pollution in form of fly ash, so that cause air pollution. Padang Panjang include areas vehicle pass so that must doing research about magnetic monitoring to pollution by vehicle in Padang Panjang city. Purpose of this research for determinethe air pollution caused vehicle. In this research taking 30 topsoil as sample.air pollution level can determined by using rock magnetism method that is Magnetic Suseptibility method. Suseptibility magnetic Method used to know concentration or magnetic suseptibility value that be contained in a sample. Magnetic susceptibility value be measured with using Bartington Susceptibility Meter MS2B type. Measurement made by mass suseptibility value. Suseptibility value can be determined pollution levels (high, medium, and low). Based on measurement obtainable average magnetic suseptibility value all of sample taking point sample include ranges $1133,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ until $1263,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, including high polluted category. Highest magnetic suseptibility value there in Ngalau villages which indicates high pollution levels. Judging from the distance measurements from a roadside in Padang Panjang, the highest susceptibility values are at a distance of 0 m from the roadside then 1 m and 2 m from the roadside.

Keywords : *Magnetic Monitoring, Pollution, Vehicle*

PENDAHULUAN

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 ^[1].

Polusi atau pencemaran udara adalah masuknya atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan ^[2]. 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 meyebabkan 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 seperi air, udara, tanah dan mengganggu kesehatan manusia.

Dampak polusi udara dalam jangka panjang terhadap manusia dapat berupa gangguan kesehatan yang dapat mengakibatkan penurunan daya reflek atau jangka pendek seperti gangguan pernafasan dan sakit kepala. Polusi udara umumnya memberikan

dampak terhadap system pernafasan manusia seperti kesulitan bernafas, batuk, asma, kerusakan fungsi paru, penyakit pernafasan kronis dan iritasi penglihatan. Padang Panjang merupakan kota yang padat lalu lintas kendaraan bermotor kondisi di Kota Padang Panjang yang menyebabkan perlunya 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^[3].

Suseptibilitas merupakan sebuah pengukuran tentang bagaimana magnetisasi dari suatu bahan dapat terjadi dan dapat digunakan secara umum untuk melukiskan sifat magnetik bahan^[4]. 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 M . 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 Kota Padang Panjang ini terdapat pabrik

batu kapur dan juga merupakan daerah persimpangan lalu lintas yang ramai dilalui oleh kendaraan bermotor. Pengolahan sampel menggunakan metoda suseptibilitas magnetik untuk menentukan tingkat polusi udara. Mineral magnetik merupakan polutan yang dapat membahayakan manusia dan lingkungan apabila tingkatannya sudah termasuk tinggi^[5].

Metoda suseptibilitas ini merupakan metoda kemagnetan batuan yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi mineral magnetik yang terkandung pada suatu sampel, penelitian ini bertujuan untuk monitoring magnetik terhadap polusi kendaraan bermotor di kota Padang Panjang.

METODOLOGI PENELITIAN

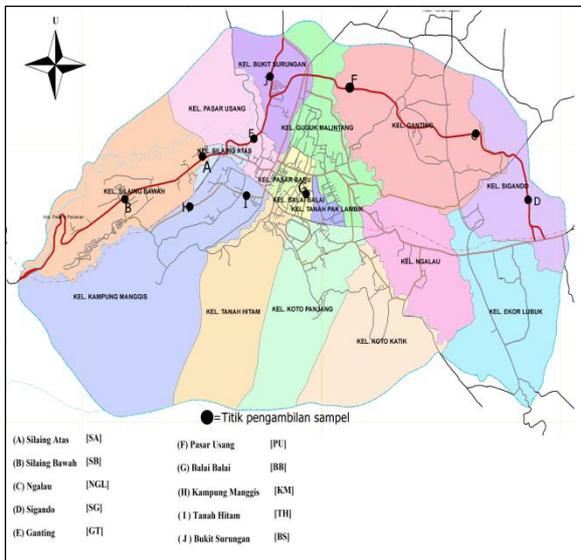
Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dan data pada penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh langsung pada saat melakukan penelitian. Pada penelitian ini sampel terdiri dari *topsoil*, diambil dari lokasi yang berbeda di Kota Padang Panjang yaitu Kelurahan Kampung Manggis, Kelurahan Tanah Hitam, Kelurahan Bukit Surungan, Kelurahan Pasar Usang, Kelurahan Silaing bawah, Kelurahan Silaing Atas, Kelurahan Guguk Malintang, Kelurahan Sigando, Kelurahan Ngalau, dan Kelurahan Balai – Balai.

Dalam penelitian ini, sampel berjumlah 30 sampel. Pada kajian ini terdapat sepuluh kelurahan sebagai lokasi pengambilan sampel dengan masing – masing sampel di ambil 3 buah sampel. Sistem penamaan sampel berdasarkan urutan nama site (lokasi), jenis sampel, titik pengambilan sampel, dan titik jarak pengambilan. Untuk jenis sampel *topsoil* dengan contoh KM 11 yaitu Kampung Manggis *topsoil* pada titik pengambilan sampel pertama dan angka 1 berikutnya menunjukkan jarak 0 meter dari tepi jalan. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dilakukan di laboratorium Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

Masing-masing sampel dibedakan dengan sistem penamaan sampel, yaitu nama site (kelurahan), jenis sampel, jarak pengambilan sampel dari jalan. Contoh : GMT01, yaitu Guguk Malintang , Topsoil, jarak pengambilan 1 m. Posisi sampel secara geografis (dalam bentuk koordinat geografis) ditentukan dengan menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*). Peta lokasi pengambilan sampel topsoil di delapan kecamatan dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampel yang telah diambil tersebut dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air yang terkandung didalamnya. Sampel yang telah kering dihaluskan menggunakan lumpang alu lalu di ayak agar sampel halus. Sebelum sampel diukur nilai suseptibilitas magnetiknya dilakukan pengukuran massa sampel terlebih dahulu dan dicatat. Setelah massa sampel telah di ukur maka bisa dilakukan pengukuran nilai suseptibilitas magnetiknya

menggunakan alat *bartington susceptibility meter*. Masing – masing sampel diukur nilai suseptibilitas magnetiknya sebanyak 3 kali pengukuran, hasilketiga pengukuran dirata- ratakan dengan 2 jenis pengukuran yaitu pengukuran dengan *low field* dan *high field*.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Topsoil.

Dari hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel dapat dikelompokkan kedalam 3 golongan tingkatan polusi yaitu polusi tercemar tinggi, polusi tercemar sedang, dan polusi tercemar rendah. Pada 30 sampel dibagi menjadi 3 bagian, 10 sampel pada jarak pengambilan 0 meter, 10 sampel pada jarak pengambilan 1 meter, dan 10 sampel pada jarak pengambilan 2 meter. Setiap bagian sampel terdapat tingkatan polusi yang bervariasi, namun secara keseluruhan tidak terdapat sampel yang masuk tingkatan polusi tercemar rendah.

HASIL dan PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik menggunakan alat Bartington Susceptibility Meter menunjukkan bahwa dari 30 sampel didapatkan hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik (χ) yang bervariasi dari yang terendah terdapat di lokasi Kelurahan kampung manggis dengan nilai suseptibilitas magnetik (χ) sebesar $379.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, sedangkan suseptibilitas magnetik (χ) tertinggi di lokasi Kelurahan Ngalau pada jarak pengambilan 0 meter dengan nilai suseptibilitas magnetik $2441,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik pada sampel adalah sebagai berikut:

Sampel SA

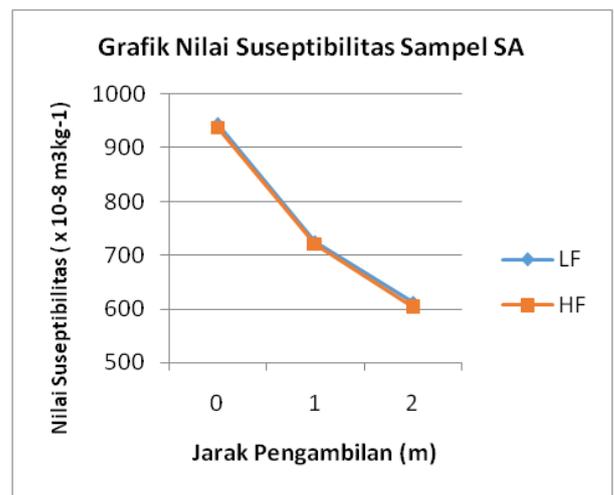
Di Kelurahan Silaing Atas diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik

pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (SA 11), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (SA 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (SA 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Silaing Atas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Suseptibilitas Magnetik sampel SA

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$)
1	SA 11	6.99	944	937.7
2	SA 12	6.00	725.5	721
3	SA 13	6.70	612.5	603.1

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Sampel SA

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel yang berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($944 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($725,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($612,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}^{-1}$). Dari Gambar 9 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Silaing Atas paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

Sampel SB

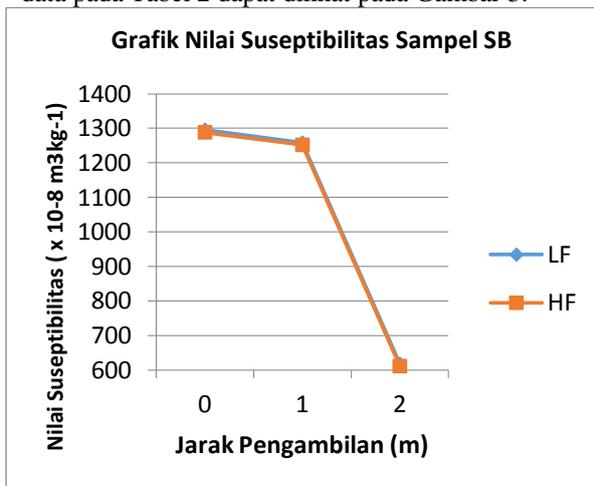
Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel yang berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik

rata-rata yaitu $(944 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(725,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(612,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Dari Gambar 9 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Silaing Atas paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

Tabel 2. Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel SB

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)
1	SB 11	5.45	1295.4	1287.7
2	SB 12	6.43	1257.9	1251.6
3	SB 13	5.96	616.9	610.5

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 2 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Grafik Nilai Suseptibilitas Magnetik Pada Sampel SB.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(1295,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($>1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(1257,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat VI ($>1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(616,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$).

Dari Gambar 10 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Silang Bawah paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

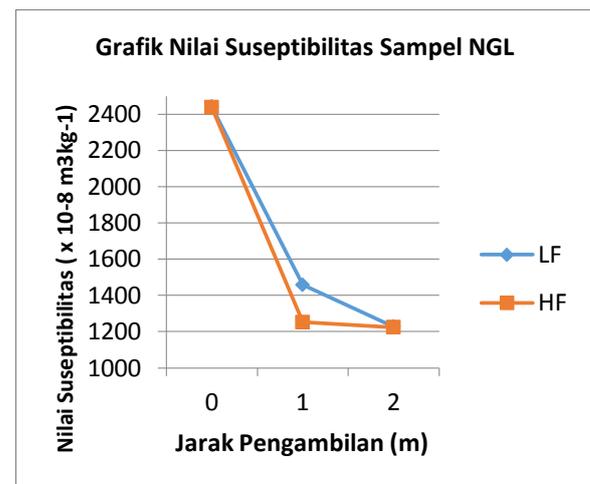
Sampel NGL

Kelurahan Ngalau diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (NGL 11) sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (NGL 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (NGL 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Ngalau dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel NGL

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)
1	NGL 11	5.91	2441.7	2437.5
2	NGL 12	7.88	1457.5	1251.6
3	NGL 13	6.40	1227.5	1224.3

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Nilai suseptibilitas Magnetik Pada Sampel NGL.

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(2441,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(1457,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $(1227,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1})$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI

(>1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Dari Gambar 11 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Ngalau paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

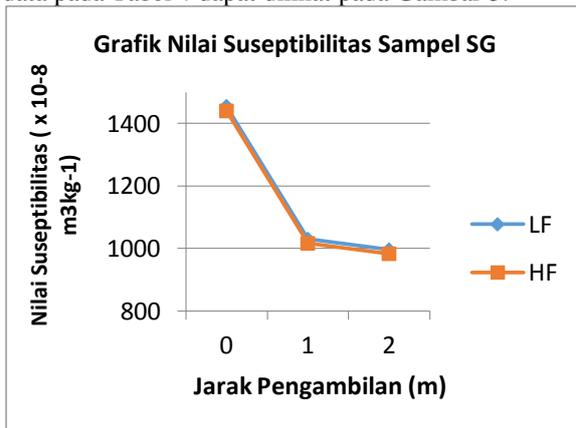
Sampel SGD

Di Kelurahan Sigando diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (SGD 11), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (SGD 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (SGD 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Sigando dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Suseptibilitas sampel SGD

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF (x10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)	Suseptibilitas Magnetik HF (x 10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)
1	SGD 11	6.41	1454.9	1440.0
2	SGD 12	7.05	1030.3	1016.4
3	SGD 13	7.54	996.2	983.4

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 4 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Nilai Suseptibilitas Sampel SGD

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu (1454,9 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI (>1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu (1030,3 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V (>1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹).

Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu (996,2 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V (600-1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Dari Gambar 12 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Sigando

paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

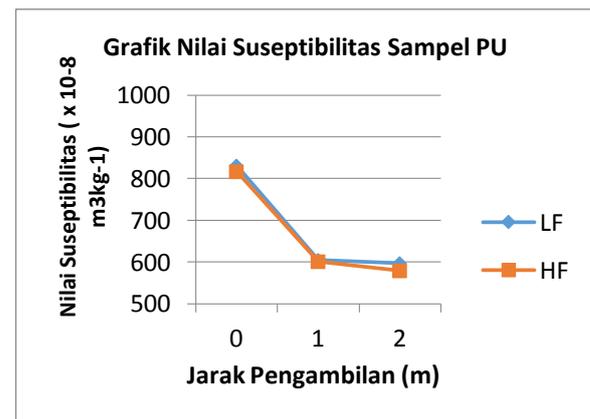
Sampel PU

Di Kelurahan Pasar Usang diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (PU 11), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (PU 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (PU 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Pasar Usang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Suseptibilitas Sampel PU

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF (x10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)	Suseptibilitas Magnetik HF (x 10 ⁻⁸ m ³ kg ⁻¹)
1	PU 11	5.91	830.4	816.5
2	PU 12	5.18	604.3	601.1
3	PU 13	7.21	596.7	579.1

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 5 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Nilai Suseptibilitas Sampel PU.

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu 830,4 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat V (600-1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu (604,3 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹), dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar tinggi tingkat V (600-1000 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu (596,7 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat IV (450-600 x 10⁻⁸ m³kg⁻¹). Dari Gambar 13 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Pasar Usang paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

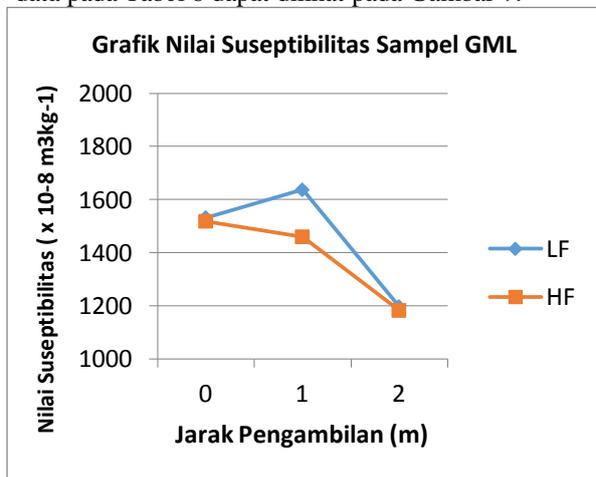
Sampel GML

Di Kelurahan Guguk Malintang terdiri dari 3 sampel, dimana pengukuran nilai susceptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (GML 11.), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (GML 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (GML 13.). Hasil pengukuran nilai susceptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Guguk Malintang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Suseptibilitas Magnetik GML

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)
1	GML 11	6.7	1532.6	1518.5
2	GML 12	6	1637	1460.3
3	GML 13	6.99	1197.7	1183

Berdasarkan hasil plot data antara nilai susceptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 6 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Nilai Suseptibilitas Sampel GML

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($1532 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($1637 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$).

Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($1197,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Dari Gambar 14, titik pengambilan sampel, maka nilai susceptibilitas magnetik pada Kelurahan Guguk Malintang paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 2 m dari pinggir jalan.

Sampel BB

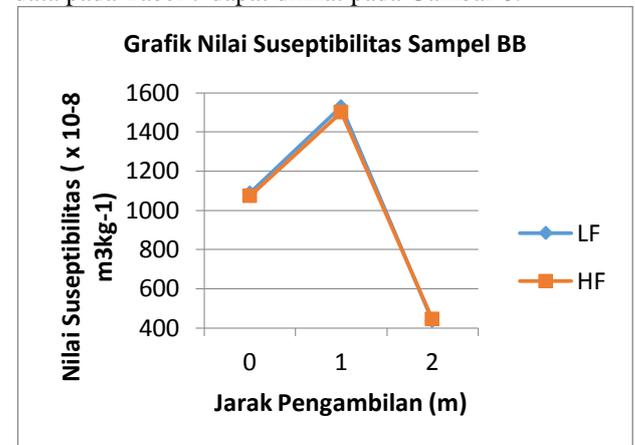
Di Kelurahan Balai - balai diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai susceptibilitas magnetik terhadap

sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (BB 11), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (BB 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (BB 13). Hasil pengukuran nilai susceptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Balai - balai dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Nilai Suseptibilitas Magnetik BB

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$)
1	BB 11	5.78	1088.9	1073.9
2	BB 12	6.59	1529.1	1500.8
3	BB 13	5.56	436	445

Berdasarkan hasil plot data antara nilai susceptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 7 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Nilai Suseptibilitas Sampel BB

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($1088,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($1529,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$).

Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($436 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat III ($300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Dari Gambar 15 titik pengambilan sampel, maka nilai susceptibilitas magnetik pada Kelurahan Balai - Balai paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 1 m dari pinggir jalan.

Sampel KM

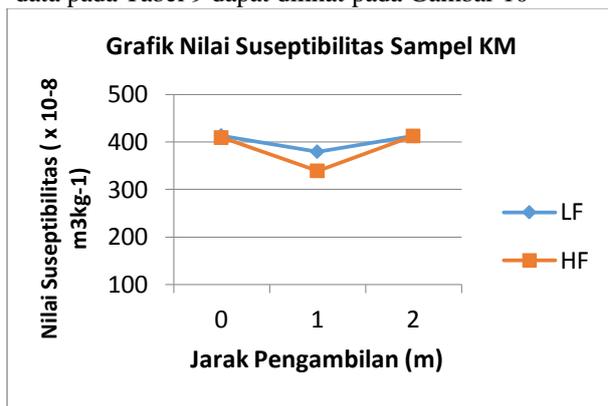
Kelurahan Kampung Manggis diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai susceptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (KM 11.), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (KM 12), dan sampel berjarak 2 m dari

pinggir jalan (KM 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Kampung Manggis dapat dilihat pada Tabel

Tabel 9. Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel KM

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)
1	KM 11	7.8	413.3	409
2	KM 12	6.03	379.3	339
3	KM 13	6.17	412.3	412.3

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 9 dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran XRD PBT 06

Berdasarkan Gambar 16, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($413,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat III ($300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($379,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat III ($300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$).

Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu ($412,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$), dimana kategorinya termasuk polusi yang tercemar sedang tingkat III ($300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Dari Gambar 16 titik pengambilan sampel maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Kampung Manggis paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

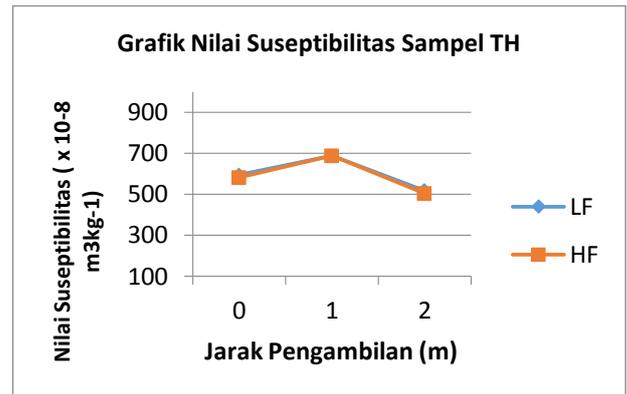
Sampel TH

Di Kelurahan Tanah Hitam sedang diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (TH 11.), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (TH 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (TH 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Kelurahan Tanah Hitam dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Suseptibilitas Magnetik Sampel TH

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Suseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Suseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)
1	TH 11	6.91	593.6	581.2
2	TH 12	6.13	688.2	687.4
3	TH 13	5.91	518	503.7

Berdasarkan hasil plot data antara nilai suseptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 10 dapat dilihat pada Gambar 11.



Berdasarkan Gambar 17, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $593,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar yang tercemar tinggi tingkat IV ($450-600 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $688,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat V ($600-1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $518 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar sedang tingkat IV ($450-600 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Dari Gambar 17 titik pengambilan sampel, maka nilai suseptibilitas magnetik pada Kelurahan Tanah Hitam paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 1 m dari pinggir jalan.

Sampel BS

Kelurahan Busur diambil 3 sampel, dimana pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terhadap sampel *topsoil* tersebut terdiri dari tiga titik pengambilan yaitu sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan (BS 11), sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan (BS 12), dan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan (BS 13). Hasil pengukuran nilai suseptibilitas magnetik sampel *topsoil* Jalan Kelurahan Busur dapat dilihat pada Tabel 11, dan hasil plot data dari tabel 11 terlihat pada gambar 12.

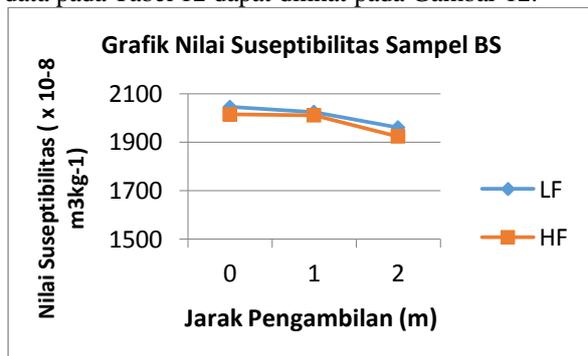
Berdasarkan Gambar 12, dapat dilihat bahwa pada titik pengambilan sampel berjarak 0 m dari pinggir jalan, memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata yaitu $2044,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana

kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 1 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu $2023,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Sampel jenis *topsoil* pada titik pengambilan sampel berjarak 2 m dari pinggir jalan, memiliki nilai susceptibilitas magnetik rata-rata yaitu $1923,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Dari Gambar 12 titik pengambilan sampel, maka nilai susceptibilitas magnetik pada Kelurahan Busur paling tinggi yaitu terdapat pada jarak 0 m dari pinggir jalan.

Tabel 11. Nilai Susseptibilitas Magnetik Sampel BS

No	Sampel	Massa Sampel (gram)	Susseptibilitas Magnetik LF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)	Susseptibilitas Magnetik HF ($\times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$)
1	BS 11	5.96	2044.5	2013.7
2	BS 12	6.54	2023.9	2010.7
3	BS 13	5.59	1960.2	1923.5

Berdasarkan hasil plot data antara nilai susceptibilitas dengan jarak pengambilan sampel dari data pada Tabel 12 dapat dilihat pada Gambar 12.



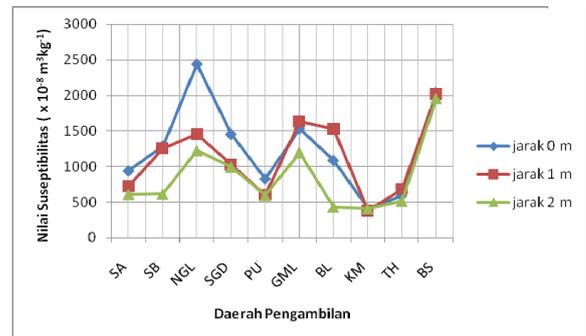
Gambar 12. Grafik Nilai Susseptibilitas Magnetik Sampel BS.

2. Pembahasan

Data Hasil pengukuran Susseptibilitas secara keseluruhan di plot kedalam bentuk grafik agar terlihat perbedaan nilai susceptibilitas pada tiap-tiap jarak pengambilan. Hasil plot grafik nilai susceptibilitas secara keseluruhan dapat di lihat pada Gambar 13.

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh dari sampel *topsoil* untuk setiap kelurahan, maka dapat diketahui bahwa nilai susceptibilitas magnetik paling tinggi yaitu di Kelurahan Ngalau dengan nilai susceptibilitas magnetik $2441,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya termasuk polusi tercemar tinggi tingkat VI ($> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$). Tingginya nilai susceptibilitas magnetik di daerah ini disebabkan oleh lokasi pengambilan di jalan utama (primer). Sedangkan nilai susceptibilitas paling rendah yaitu Kelurahan Kampung Manggis dengan nilai susceptibilitas $413,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dimana kategorinya

termasuk polusi tercemar sedang tingkat III ($300-450 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$).



Gambar 13. Grafik plot data antara nilai susceptibilitas, jarak pengambilan, dan daerah pengambilan sampel

KESIMPULAN

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.

Secara keseluruhan, sampel yang dekat dengan jalan raya akan memiliki nilai susceptibilitas yang tinggi dibandingkan sampel yang sedikit menjauhi pinggir jalan. Hal ini menunjukkan bahwa susceptibilitas magnetik digunakan sebagai indikator pendekatan sebaran logam di *topsoil* akibat kendaraan bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Bijaksana, S. 2002. *Analisa Mineral Magnetik dalam Masalah Lingkungan*.
- [4] Hunt, C. P. 1991. *Handbook From The Environmrntal Magnetism Workshop*. Minneapolis: University Of Minnesota.
- [5] Fitiani, D. dan Huliselan, E.K. 2010. Magnetic Properties as a Proxy Indicator of Environmental Pollution. *Jurnal JTM*, Vol. XVI No. 3.