

Identifikasi Logam Berat Pencemaran Tanah Lapisan Atas Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Zona Penggunaan Lahan Berbeda di Kota Padang

Nining Jumianti*, Afdal

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang 26163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 22 Oktober 2020
Direvisi: 30 Oktober 2020
Diterima: 9 Desember 2020

Kata kunci:

pencemaran tanah
suseptibilitas magnetik
tanah lapisan atas

Keywords:

soil pollution
magnetic susceptibility
top soil

Penulis Korespondensi:

Nining Jumianti
Email: jumiantining18@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik tanah lapisan atas untuk memperkirakan pencemaran oleh logam berat pada empat zona penggunaan lahan berbeda di Kota Padang telah dilakukan. Sampel tanah lapisan atas diambil pada zona industri, ekonomi & bisnis, perumahan dan pertanian di Kota Padang. Sampel tanah diambil pada kedalaman 10 cm dari permukaan tanah sebanyak 111 titik. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik menunjukkan nilai berkisar antara $16,88 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ hingga $1031,40 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik daerah penelitian telah mengalami pencemaran dari kategori tercemar rendah hingga tercemar sangat tinggi. Zona ekonomi & bisnis memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata paling tinggi $490,15 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dan diperkirakan paling tercemar oleh logam berat. Sementara, zona pertanian memiliki nilai rata-rata suseptibilitas magnetik paling rendah $92,69 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, dan diperkirakan tercemar oleh logam berat juga rendah. Nilai suseptibilitas magnetik pada zona industri, zona ekonomi & bisnis, dan zona perumahan lebih tinggi daripada sampel pembanding yaitu tanah hutan, dimana tanah hutan dianggap tidak mengalami banyak pengaruh luar berupa aktivitas manusia (antropogenik) yang menyebabkan adanya emisi pada tanah. Sedangkan zona pertanian memiliki nilai suseptibilitas magnetik lebih rendah daripada sampel pembanding sehingga tanah di daerah ini tidak mengalami pencemaran logam berat. Urutan tingkat pencemaran tanah lapisan atas Kota Padang berdasarkan nilai suseptibilitas magnetik adalah zona ekonomi & bisnis > perumahan > industri > pertanian.

Measurement of the magnetic susceptibility values of topsoil to estimate pollution by heavy metal in four different zones in Padang City has been carried out. Topsoil sample was taken in the industrial, economic & business, housing and agriculture zones in Padang City. Samples were taken with 10 cm depth from the ground surface as many as 111 points. Magnetic susceptibility value ranging from $16.88 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ to $1031.40 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Based on their magnetic susceptibility value the study area was polluted from low to very low polluted. The economic & business zone has the highest average magnetic susceptibility of $490.15 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ (the most polluted zone). While the agricultural zone, was found to have the lowest average magnetic susceptibility value of $92.69 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, so to be polluted by heavy metals is also low. The magnetic susceptibility value in industrial zones, economic & business zones and housing zones is higher than the reference sample (forest land), where forest land is considered not to have much pollution due to human activities (anthropogenic). Meanwhile, the agriculture zone has a lower magnetic susceptibility than the reference sample so that soil in this area does not pollute by heavy metal. The magnetic susceptibility of the zones with different land use decreases in the order of economic & business zones > housing > industry > agriculture.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Tanah dapat mengalami pencemaran akibat masuknya polutan ke permukaan atau ke dalam tanah, baik secara alami maupun akibat perbuatan manusia. Tanah tersusun dari tanah lapisan atas, tanah lapisan tengah, tanah lapisan bawah dan tanah lapisan batuan induk. Tanah lapisan atas menjadi lapisan tanah yang menerima bermacam polutan terutama logam berat yang mengendap dan menumpuk sehingga menimbulkan pencemaran pada tanah (Orosun dkk., 2020).

Di daerah perkotaan, pencemaran logam berat pada tanah lapisan atas dapat disebabkan oleh emisi dari aktivitas industri (Magiera dkk., 2015), perumahan, ekonomi & bisnis (komersil) yang memanfaatkan kendaraan bermotor dalam aktivitas sehari-hari, sehingga menghasilkan emisi berupa gas buang yang menyebabkan kondisi tanah dan air menjadi asam (Yuliarti dkk., 2013). Selain itu, pencemaran logam berat juga dapat terjadi pada daerah pertanian dari penggunaan pestisida yang berlebihan (Lu dkk., 2015).

Metode yang biasa digunakan dalam menentukan kandungan logam berat pada tanah adalah metode spektrometri, seperti *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan *X-Ray Fluorescence* (XRF). Metode spektrometri diketahui akurat dalam menentukan komposisi suatu zat pencemar. Namun, apabila melibatkan sampel yang banyak akan membutuhkan biaya yang mahal (Sudarningsih dkk., 2013). Pada studi ini, diaplikasikan metode magnetik, dimana diketahui memiliki proses yang sederhana, ekonomis dan lebih efisien (Schmidt dkk., 2005).

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dalam menentukan polusi tanah telah banyak diteliti dan diketahui sangat efisien. Orosun dkk. (2020) pada suatu percobaan di sebuah stasiun mobil di Ilorin Nigeria, menunjukkan peningkatan nilai suseptibilitas magnetik terjadi di dalam stasiun dibandingkan dengan di luar stasiun. Peningkatan nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan konsentrasi mineral magnetik yang tinggi pada tanah, yaitu konsentrasi logam berat (Cu, Fe, Cr, Zn, Cd, Mg dan Mn). Semakin banyak kandungan logam berat pada tanah, nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan akan semakin tinggi. Naimi dan Ayoubi (2013) juga melakukan percobaan di suatu Kawasan industri di Provinsi Isfahan Iran Tengah, dan menunjukkan korelasi yang kuat antara logam berat dengan nilai suseptibilitas magnetik. Oleh karena itu, pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dapat digunakan dalam penentuan pencemaran logam berat pada tanah.

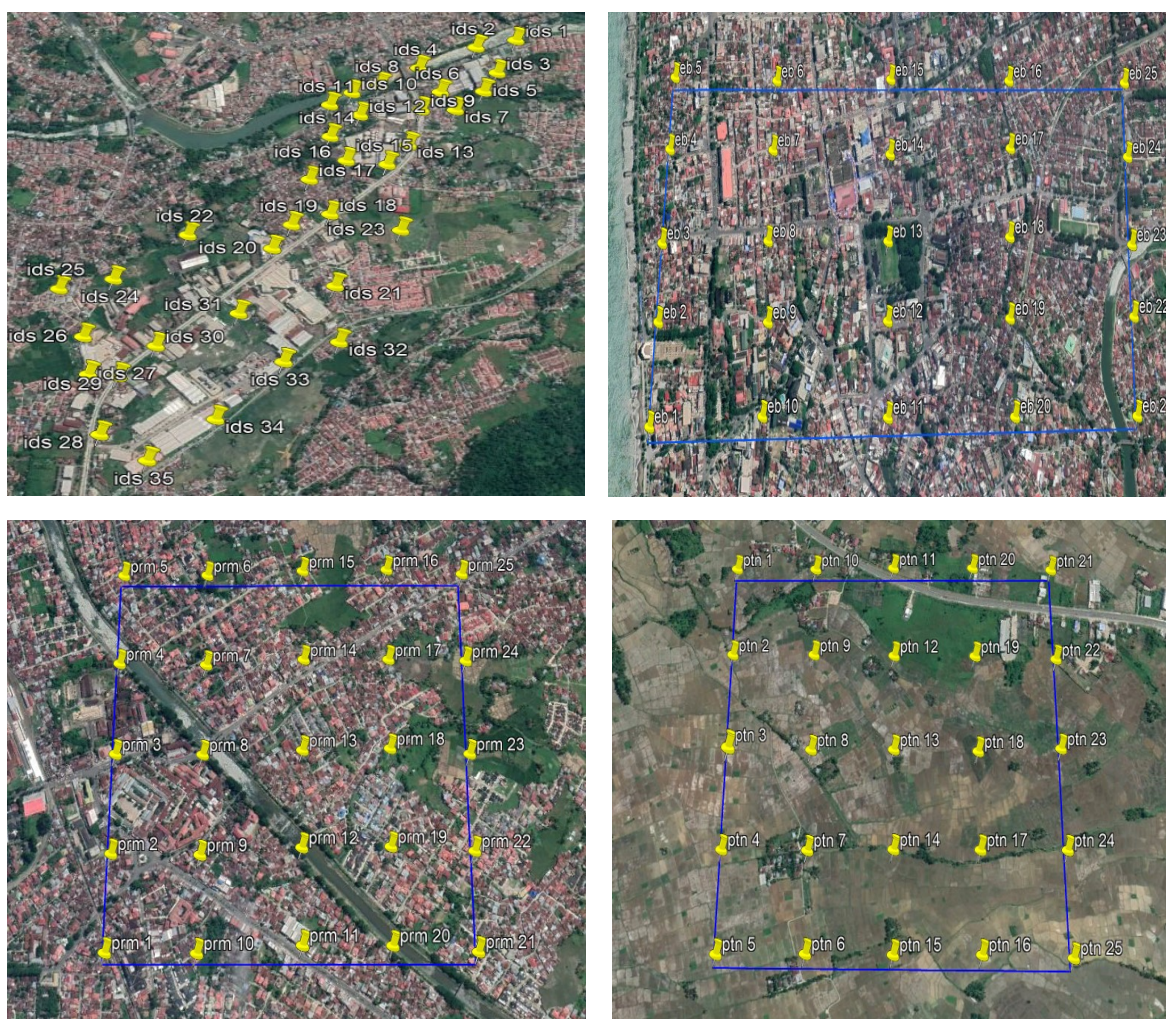
Menurut Evan dan Heller (2003), pencemaran logam berat yang menyebabkan terjadinya anomali nilai suseptibilitas magnetik dapat ditentukan tingkatannya berdasarkan jumlah nilai suseptibilitas magnetik. Tingkat I dengan nilai suseptibilitas $<300 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar rendah. Tingkat II dengan nilai suseptibilitas $(300-600) \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar sedang. Selain itu, Tingkat III dengan nilai suseptibilitas dalam rentang $(600-1000) \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar tinggi. Terakhir, Tingkat IV dengan nilai suseptibilitas $>1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$, termasuk kategori polusi tercemar sangat tinggi.

Beberapa tempat di Kota Padang telah mengalami pencemaran logam berat pada tanah lapisan atas. Teluk Bayur sebagai salah satu pelabuhan tersibuk di Kota Padang, menjadikan jalan di sekitarnya dipadati oleh kendaraan bermotor, seperti mobil, truk, motor dan kereta api. Hal ini menjadikan tanah di daerah tersebut tercemar. Yulius dan Afdal (2014) telah melakukan pengukuran kandungan logam berat dan suseptibilitas magnetik pada tiga ruas jalan menuju Pelabuhan Teluk Bayur, didapatkan nilai rata-rata suseptibilitas magnetik $3415,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$. Nilai ini menunjukkan bahwa daerah tersebut termasuk dalam kategori tercemar tinggi. Selain itu, penelitian di sekitar pabrik PT Semen Padang yang dilakukan oleh Martha dan Budiman (2018), didapatkan nilai rata-rata suseptibilitas magnetik $686,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}$ dan kandungan logam berat Cr, Cu, Fe, Ni, Pb dan Zn melebihi batas ambang yang meningkat dalam enam tahun terakhir.

Berdasarkan bahaya pencemaran logam berat dan kemungkinan telah tercemarnya tanah lapisan atas di Kota Padang, yang bersumber dari aktivitas industri, aktivitas kendaraan bermotor pada kawasan perumahan, ekonomi & bisnis, serta adanya penggunaan pestisida pada wilayah pertanian, perlu dilakukan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik tanah lapisan atas di Kota Padang. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dilakukan berdasarkan zona penggunaan lahan untuk menentukan tingkat pencemaran logam berat tanah lapisan atas akibat aktivitas manusia (sumber antropogenik) pada zona yang berbeda-beda.

II. METODE

Pengambilan sampel sebanyak 111 titik dilakukan di beberapa kawasan yang ada di Kota Padang. Sampel berupa tanah lapisan atas yang berada pada kedalaman 10 cm dari permukaan tanah sebanyak 50 gr. Sampel tanah yang diambil mencakup empat zona penggunaan lahan. Zona Industri, sampel diambil di sekitar Kecamatan Lubuk Begalung sebanyak 35 titik dengan jarak 100 m hingga 350 m seperti Gambar 1(a). Zona Ekonomi & Bisnis, sampel diambil di sekitar Kecamatan Padang Selatan, Padang Barat, dan Padang Timur sebanyak 25 titik dengan jarak 250 m seperti Gambar 1(b). Zona Perumahan, sampel diambil di sekitar Kecamatan Padang Timur sebanyak 25 titik dengan jarak 250 m seperti Gambar 1(c). Zona Pertanian, sampel diambil di sekitar Kecamatan Koto Tangah sebanyak 25 titik dengan jarak 250 m seperti Gambar 1(d). Terakhir, Sampel Pembanding diambil di hutan pada koordinat $0^{\circ}54'74''$ S dan $100^{\circ}28'93''$ E.



Gambar 1 Titik pengambilan sampel (a) zona industri, (b) zona ekonomi & bisnis, (c) zona perumahan, (d) zona pertanian

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika Universitas Andalas menggunakan frekuensi rendah dengan alat *Bartington Magnetic Susceptibility Meter MS2* yang dilengkapi sensor MS2B untuk 15 arah pengukuran. Pengolahan data untuk menghitung nilai suseptibilitas magnetik masing-masing sampel menggunakan program Matlab 2015a, kemudian dilakukan pemetaan menggunakan Surfer 15 untuk mengetahui sebaran nilai suseptibilitas magnetiknya.

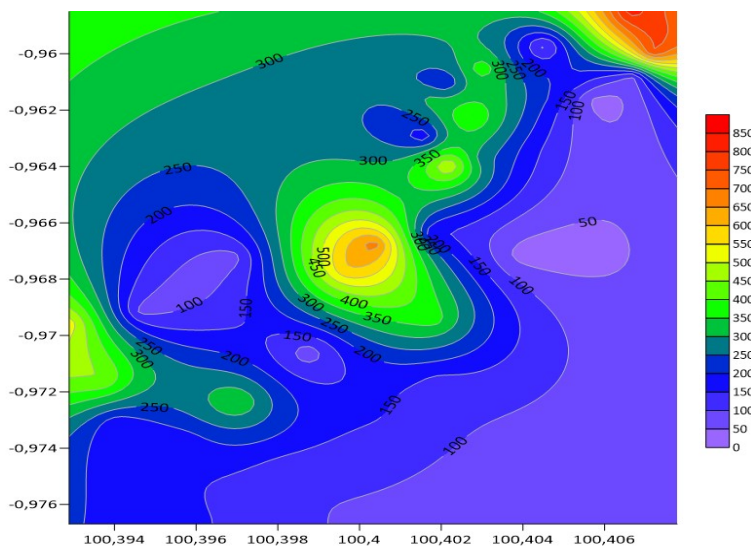
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Pemandang

Tanah di daerah hutan dianggap sebagai tanah yang tidak mengalami banyak pengaruh luar yang menyebabkan adanya emisi pada tanah sehingga dapat dijadikan sebagai pembanding terhadap sampel lainnya yang merupakan daerah dengan adanya pengaruh aktivitas manusia. Nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan yaitu $129,33 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$.

3.2 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Industri

Nilai suseptibilitas magnetik sampel tanah zona industri memiliki rentang dari nilai $31,25 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ sampai $819,48 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata $288,95 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Berdasarkan 35 titik sampel uji, terdapat 4 titik yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik $(600-1000) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, ini menunjukkan pencemaran logam berat dengan kategori tercemar tinggi (Evan dan Heller, 2003). 10 titik lainnya, memiliki nilai suseptibilitas magnetik $(300-600) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar sedang (Evan dan Heller, 2003). Terakhir, 21 titik sampel memiliki nilai suseptibilitas magnetik $<300 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, diketahui menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar rendah (Evan dan Heller, 2003).



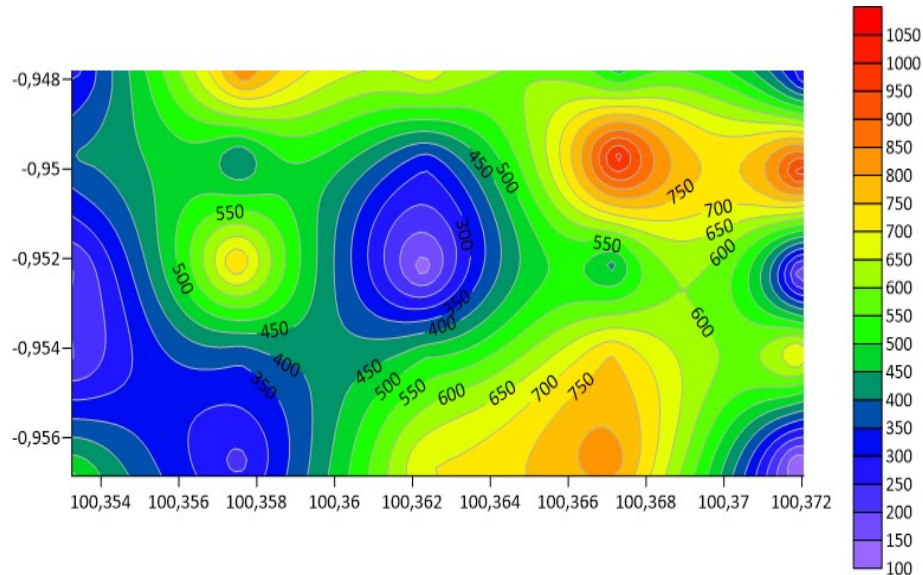
Gambar 2 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas di zona industri

Peta kontur suseptibilitas magnetik untuk zona industri ditampilkan pada Gambar 2. Berdasarkan gambar, dapat dilihat bahwa terdapat anomali tinggi di sebelah Timur Laut dan juga pada daerah tengah. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik pada kedua daerah diduga karena tingginya konsentrasi logam berat yang berasal dari aktivitas industri dan juga emisi kendaraan bermotor, dimana kedua daerah diketahui berada di dekat pabrik sekaligus jalan raya. Nilai suseptibilitas magnetik pada daerah Timur dan Selatan didapati lebih rendah. Hal ini diduga karena daerah tersebut merupakan area hijau. Daerah bagian Utara dan Barat merupakan daerah padat penduduk serta aktivitas lalu lintas. Selain itu, daerah di dekat jalan raya (berwarna hijau) memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi daripada daerah lainnya. Semakin jauh dari jalan raya nilai suseptibilitas magnetik sampel tanah semakin berkurang. Nilai suseptibilitas magnetik sebagian besar sampel tanah pada zona industri didapatkan lebih tinggi daripada suseptibilitas sampel pembanding (tanah hutan). Hal-hal tersebut di atas menunjukkan bahwa pada telah terjadi pencemaran antropogenik dari aktivitas industri dan kendaraan bermotor.

3.3 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Ekonomi & Bisnis

Nilai suseptibilitas magnetik di zona ekonomi & bisnis memiliki variasi dengan rentang $103,55 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ sampai $1031,40 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata $490,15 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Berdasarkan 25 titik sampel uji, terdapat satu titik yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik $>1000 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, menunjukkan pencemaran logam berat dengan kategori tercemar sangat tinggi (Evan dan Heller, 2003). Selain itu, terdapat 8 titik sampel dengan nilai suseptibilitas magnetik

$(600-1000) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar tinggi (Evan dan Heller, 2003). 7 titik lainnya, memiliki nilai suseptibilitas magnetik $(300-600) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, dikategorikan tercemar sedang (Evan dan Heller, 2003). Terakhir, 9 titik yang lain menunjukkan nilai suseptibilitas magnetik $<300 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, dikategorikan tercemar rendah (Evan dan Heller, 2003).

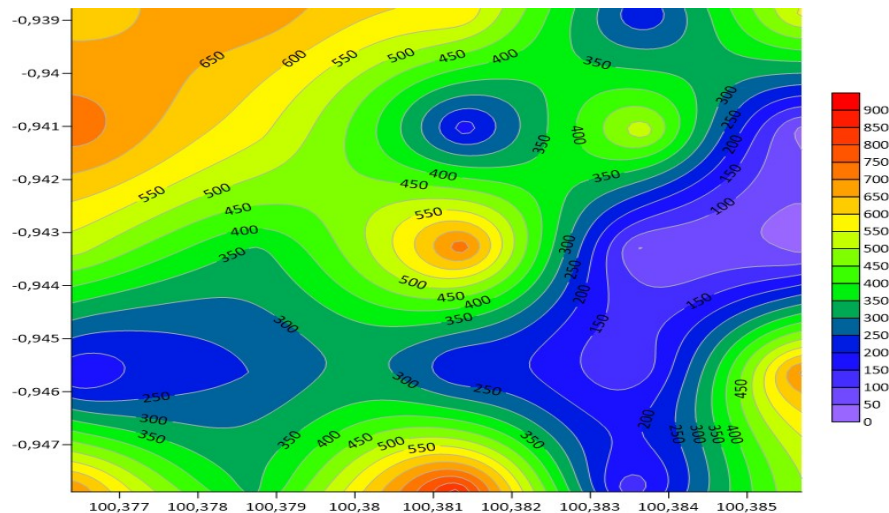


Gambar 3 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas di zona ekonomi & bisnis

Sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona ekonomi & bisnis dapat dilihat pada Gambar 3. Sebagian besar daerah ekonomi & bisnis (bagian Utara, Timur dan Selatan) memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi, menunjukkan masing-masing daerah telah mengalami pencemaran logam berat. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik daerah ini kemungkinan disebabkan oleh aktivitas manusia, yaitu kegiatan ekonomi & bisnis, aktivitas kendaraan bermotor yang tinggi yang dapat menghasilkan suatu zat pencemar (memiliki potensi untuk meningkatkan nilai suseptibilitas magnetik). Pada daerah sebelah Barat dan Tengah sebaran nilai suseptibilitas magnetik relatif rendah dan mengalami anomali. Anomali pada bagian Tengah diperkirakan karena adanya taman dengan banyak pohon sehingga dapat mengurangi deposisi logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor. Selain itu, bagian Barat merupakan daerah pantai (tempat wisata) dengan aktivitas lalu lintas kendaraan yang lebih rendah daripada bagian lainnya. Sebagian besar daerah di zona ekonomi & bisnis memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang lebih tinggi daripada nilai suseptibilitas magnetik sampel pembandingan, menunjukkan bahwa pada daerah tersebut telah mengalami pencemaran antropogenik.

3.4 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Perumahan

Nilai suseptibilitas magnetik rata-rata pada zona perumahan $411,69 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ dengan rentang nilai $34,46 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ sampai $871,22 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Berdasarkan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik, 7 titik memiliki nilai yang jauh lebih tinggi dari nilai suseptibilitas sampel pembandingan $(600-1000) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, hal ini menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar tinggi (Evan dan Heller, 2003). Selain itu, pada 8 titik yang lain nilai suseptibilitas magnetik didapatkan $(300-600) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ yang menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar sedang (Evan dan Heller, 2003). Terakhir, 10 titik memiliki nilai suseptibilitas magnetik $<300 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$, yang menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tercemar rendah (Evan dan Heller, 2003).

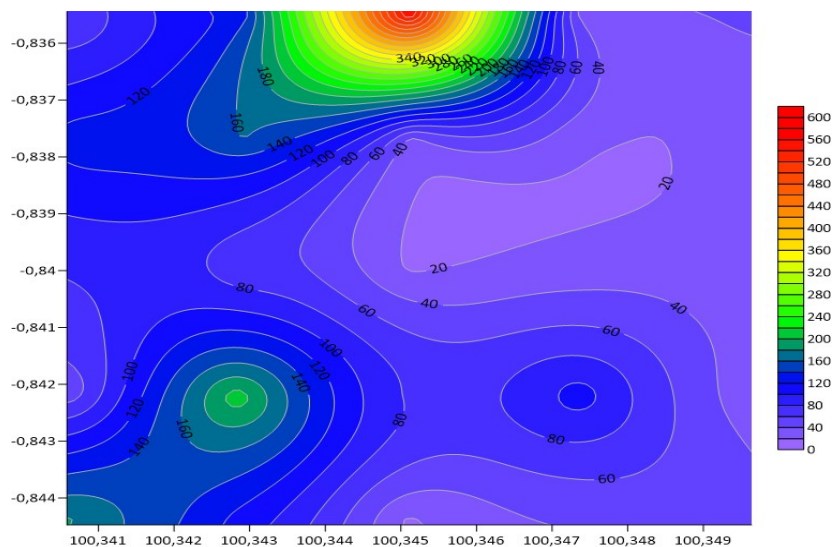


Gambar 4 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas di zona perumahan

Sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona perumahan dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan gambar dapat dilihat nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi berada di daerah sebelah Barat Daya, Barat Laut dan Selatan. Hal ini diduga karena pada bagian tersebut lebih padat penduduk dan aktivitas lalu lintas lebih tinggi. Pada daerah Timur nilai suseptibilitas magnetik jauh lebih rendah, dimana daerah ini merupakan area hijau dan relatif jauh dari jalan raya, sehingga diperkirakan pencemaran logam berat lebih rendah. Sebagian besar daerah di zona perumahan memiliki nilai suseptibilitas yang lebih besar daripada nilai suseptibilitas sampel pembanding (sampel hutan), menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami pencemaran antropogenik.

3.5 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Pertanian

Pada zona ini nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan umumnya rendah dengan rata-rata $92,69 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ dalam rentang $16,88 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ sampai $564,01 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$. Nilai suseptibilitas magnetik pada rentang $(300-600) \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$ hanya pada satu titik, yang mana sampel tersebut diambil dekat dengan jalan raya. Pada 24 titik lainnya nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan umumnya rendah $< 300 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$, sehingga dapat dikatakan bahwa secara keseluruhan tanah di daerah zona pertanian tidak mengalami pencemaran logam berat.



Gambar 5 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas di zona pertanian

Sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona pertanian dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar, bagian Utara memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi yaitu $564,01 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3$. Daerah ini merupakan daerah dekat dengan tepi jalan yang diperkirakan memiliki

nilai suseptibilitas tinggi akibat adanya emisi yang berasal dari aktivitas kendaraan bermotor. Secara umum, sebaran nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada daerah pertanian rendah dan seragam. Hal tersebut menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan zona lainnya, tanah pada zona pertanian tidak mengalami pencemaran yang berarti. Pada zona ini diperkirakan bahwa aktivitas pertanian seperti penggunaan pestisida oleh petani tidak mengandung logam berat. Beberapa daerah pada zona pertanian memiliki nilai suseptibilitas yang hampir sama dengan nilai suseptibilitas tanah pembanding, dan sebagian besar lainnya memiliki nilai suseptibilitas yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh El Baghdadi dkk. (2011), dimana nilai suseptibilitas magnetik tanah pertanian di Tadla Plain lebih tinggi di daerah yang dekat jalan raya daripada yang jauh dari jalan raya.

3.6 Perbandingan Nilai Suseptibilitas Magnetik Antar Zona

Perbandingan nilai suseptibilitas magnetik pada masing-masing zona dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai suseptibilitas rata-rata tertinggi terdapat pada zona ekonomi & bisnis, sedangkan zona dengan rata-rata nilai suseptibilitas magnetik terendah berada pada zona pertanian yang diperkirakan tidak terjadi pencemaran akibat logam berat.

Tabel 1 Tabel perbandingan nilai suseptibilitas magnetik antar zona

| Zona | Rata-rata ($10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$) | Rentang ($10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$) |
|------------------|---|---|
| Industri | 288,95 | 31,25-819,48 |
| Ekonomi & bisnis | 490,15 | 103,55-1031,40 |
| Perumahan | 411,69 | 34,46-871,22 |
| Pertanian | 92,69 | 16,88-564,01 |
| Tepi jalan | 429,54 | 113,03-766,34 |

Pada zona industri, lokasi pabrik kebanyakan berada dekat jalan raya. Pada zona ini ditemukan semakin jauh dari pabrik/jalan raya maka nilai suseptibilitas magnetik semakin berkurang. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Martha dan Budiman (2018) di sekitar pabrik PT Semen Padang, dimana tingginya nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan tidak hanya bersumber dari emisi pabrik tetapi juga karena berada pada jalan lintas utama yang banyak dilalui oleh kendaraan bermotor. Pada zona ekonomi & bisnis, daerah dengan aktivitas lalu lintas yang lebih tinggi memiliki nilai suseptibilitas magnetik tanah yang lebih tinggi juga. Demikian juga untuk daerah perumahan, bagian dengan aktivitas lalu lintas yang lebih rendah memiliki nilai suseptibilitas magnetik yang rendah. Jadi dapat disimpulkan, tingginya nilai suseptibilitas magnetik tanah di Kota Padang berasal dari pencemaran logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor.

Nilai suseptibilitas magnetik tanah pada zona industri lebih rendah daripada zona perumahan, ekonomi & bisnis, diperkirakan karena zona industri tersebut merupakan kawasan yang relatif baru dan jumlah pabrik yang tidak terlalu banyak. Oleh karena itu, akumulasi logam berat yang berasal dari asap pabrik di zona industri masih sedikit dibanding akumulasi logam berat pada tanah di zona ekonomi (pusat kota) yang berasal dari emisi kendaraan bermotor yang sudah terjadi puluhan tahun. Nilai rata-rata suseptibilitas magnetik tanah di semua zona, kecuali zona pertanian lebih tinggi daripada nilai sampel pembanding (tanah hutan). Hal ini mengindikasikan, pencemaran logam berat berasal dari aktivitas manusia (antropogenik).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik, daerah penelitian diperkirakan telah mengalami pencemaran logam berat dari kategori tercemar rendah hingga tercemar sangat tinggi, dengan rentang nilai $16,88 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$ hingga $1031,40 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Berdasarkan zona penggunaan lahan, zona ekonomi & bisnis merupakan zona yang paling tercemar oleh logam berat dengan nilai suseptibilitas magnetik rata-rata tertinggi $490,15 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Zona pertanian merupakan zona yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik rata-rata terendah $92,69 \times 10^{-8} \text{ kg}^{-1}\text{m}^3$. Berdasarkan variasi nilai suseptibilitas, perkiraan urutan tingkat pencemaran logam berat antar zona di Kota Padang adalah zona ekonomi & bisnis > perumahan > industri > pertanian. Nilai suseptibilitas magnetik rata-rata semua zona kecuali zona pertanian, didapatkan lebih tinggi daripada sampel pembanding (tanah hutan),

menunjukkan bahwa terjadi pencemaran akibat aktivitas manusia (antropogenik). Dugaan sumber pencemar berasal dari emisi kendaraan disimpulkan dari pola pada peta kontur.

DAFTAR PUSTAKA

- El Baghdadi, M., Jakani, K., Barakat, A., Bay, Y., 2011, "Magnetic Susceptibility and Heavy Metal Contamination in Agricultural Soil of adla plain", *Journal of Materials and Enviromental Science*, No. 2, hal. 513-519.
- Evans, M.E., dan Heller, F., 2003, *Environment Magnetism Principles and Aplication of Environmagnetics*. Academic Press, California.
- Lu, Y., Song, S., Wang, R., Liu, Z., Meng, J., Sweetman, A.J., Jenkins, A., Ferrier, R.C., Li, H., Luo, W., Wang, T., 2015, "Impacts of Soil and Water Pollution on Food Safety and Health Risk in China", *Environment International*, No. 77, Elsevier, hal. 5-15.
- Magiera, T., Parzentn, H., Rog, L., Chybiorz, R., Wawer, M., 2015, "Emission Sources in Southern Poland Spatial Variation of Soil Magnetic Susceptibility in Relation to Different", *Geoderma*, Elsevier, hal. 74-108.
- Martha Y., 2018, "Analisis Suseptibilitas Magnetik dan Kandungan Logam Berat pada Tanah Lapisan Atas di Sekitar Pabrik PT Semen Padang", Skripsi S1, Universitas Andalas, 2015.
- Martha Y., dan Budiman, A., 2018, "Analisis Suseptibilitas Magnetik dan Kandungan Logam Berat pada Lapisan Tanah Atas di Sekitar Pabrik PT Semen Padang", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 7, No. 2, hal. 172-178.
- Naimi, S., Ayoubi, S., 2013, "Vertical and Horizontal Distribution of Magnetic Susceptibility and Metal Contents in an Industrian District Of Central Iran", *Journal of Applied Geophysics*, No. 96, Elsevier, hal. 56-66.
- Orosun, M.M., Oniku, S.A., Peter, A., Orosun, R.O., Salawu, N.B., Hitler, L., 2020, "Magnetic Susceptibility Measurement and Heavy Metal Pollution at an Automobile Station in Ilorin, North-Central Nigeria", *Enviromental Research Communication*, IOP Publishing.
- Schmidt, A., Yarnold, R., Hill, M., Ashmore, M., 2005, "Magnetic Susectibility as Proxy for Heavy Metal Pollution: a Site Study", *Journal of Geochemical Exploration*, No. 85, Elsevier, hal. 109-117.
- Sudarningsih, Lestiana,E., dan Wianto, T., 2013, "Analisis Logam berat Sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) Tabalong Kalimantan Selatan", *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, Lampung.
- Yuliarti, W., Mahrizal, Mufit, F., 2013, "Penentuan Tingkat Polusi Udara Akibat Kendaraan Bermotor Menggunakan Metoda Suseptibilitas Magnetik di Kota Padang", *Pillar of Physics*, Vol. 1, hal. 121-128.
- Yulius, U., Afdal, 2014, "Identifikasi Sebaran Logam Berat pada Tanah Lapisan Atas dan Hubungannya dengan Suseptibilitas Magnetik di Beberapa Ruas Jalan di Sekitar Pelabuhan Teluk Bayur Padang", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 3, No. 4, Jur. Fisika Unand, hal. 198-204.