

Suseptibilitas Magnetik pada Tanah di Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPAS) Regional Payakumbuh Sebagai Indikator Polusi Logam Berat

Viesca Fredilla Hanif, Ahmad Fauzi Pohan*

Laboratorium Fisika Bumi, Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 1 Desember 2023

Direvisi: 22 Februari 2024

Diterima: 1 Maret 2024

Kata kunci:

logam berat
suseptibilitas magnetik
sampah
tanah lapisan atas

Keywords:

heavy metal
magnetic susceptibility
waste
top soil

Penulis Korespondensi:

Ahmad Fauzi Pohan

Email: ahmadfauzipohan@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat pada tanah lapisan atas di sekitar TPAS Regional Payakumbuh yang dibagi menjadi tiga zona penelitian telah dilakukan. Terdapat 91 sampel tanah lapisan atas yang diambil pada kedalaman 25 cm pada zona TPAS, penduduk dan perkebunan. Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik menunjukkan nilai dengan rentang $11,27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ hingga $1017,10 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Daerah penelitian telah mengalami pencemaran dari kategori tercemar rendah hingga tercemar sangat tinggi dilihat dari nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan. Rata-rata tertinggi dari nilai suseptibilitas magnetik berada pada zona penduduk $758,64 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang diperkirakan paling tercemar oleh kandungan logam berat. Sementara, zona pertanian memiliki nilai rata-rata terendah $373,37 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang diperkirakan pencemaran oleh logam berat tidak begitu tinggi. Menggunakan alat X-Ray Fluorescence diukur kandungan logam berat pada enam sampel tanah. Logam berat pada ketiga zona penelitian terdiri dari Fe, Pb, Zn, Cu dan As sudah melewati ambang batas pada semua uji sampel. Perbandingan kenaikan persentase unsur logam di Zona TPAS menunjukkan logam berat didominasi oleh Fe, Mn, Zn dan Cu. Pada zona penduduk didominasi oleh logam berat Fe, Pb, Cu dan Pb. Sementara zona perkebunan didominasi oleh logam berat Fe, Cu dan As.

Measurements of magnetic susceptibility values and heavy metal content in the topsoil around the Payakumbuh Regional TPAS which are divided into three research zones have been carried out. There were 91 topsoil samples taken at a depth of 25 cm in the TPAS, population and plantation zones. The results of magnetic susceptibility measurements show values ranging from $11.27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ to $1017.10 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. The research area has experienced pollution from the category of low polluted to very highly polluted, seen from the magnetic susceptibility values obtained. The highest average value of magnetic susceptibility is in the population zone of $758.64 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ which is estimated to be most polluted by heavy metal content. Meanwhile, the agricultural zone has the lowest average value of $373.3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ which is estimated to be less polluted by heavy metals. Using X-Ray Fluorescence instrument, the heavy metal content of 6 samples was measured. Heavy metals in the three research zones consist of Fe, Pb, Zn, Cu and As have passed the threshold in all sample tests. Comparison of the increase in the percentage of metal elements in the TPAS Zone shows that heavy metals are dominated by Fe, Mn, Zn and Cu. The population zone is dominated by heavy metals Fe, Pb, Cu and Pb. While the plantation zone is dominated by heavy metals Fe, Cu and As.

Copyright © 2024 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi salah satu permasalahan yang dialami oleh tiap negara di dunia termasuk negara Indonesia. Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai masalah yang akan berpengaruh kepada kesehatan lingkungan hidup disekitarnya. Salah satu upaya pemerintah dalam mengatasi hal tersebut adalah dengan mendirikan TPAS. Namun, dampak dari timbunan sampah yang ada di TPAS dapat menghasilkan air lindi yang berperan dalam mencemari lingkungan disekitarnya.

Air lindi (*leachate*) merupakan suatu cairan yang dihasilkan oleh timbunan sampah yang membawa materi terlarut melalui proses dekomposisi materi sampah. Air lindi dapat terserap ke lapisan atas tanah dan menyebabkan pencemaran pada tanah disekitarnya. Hal itu dikarenakan air lindi mengandung berbagai senyawa kimia organik dan anorganik serta membawa kandungan logam berat. Kandungan logam berat dalam jumlah tertentu akan sangat dibutuhkan dalam organisme hidup. Namun logam berat dalam jumlah berlebihan akan sangat berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Kandungan logam berat pada tanah dapat diketahui menggunakan metode spektroskopi seperti *X-Ray Fluorescence* (XRF). Namun metode tersebut akan memakan waktu dan biaya yang cukup besar untuk meneliti banyak sampel sekaligus. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik terlebih dahulu dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut karena pengerjaannya yang cepat, hemat biaya dan dapat digunakan untuk mempelajari tanah yang tercemar (Yu dkk., 2019).

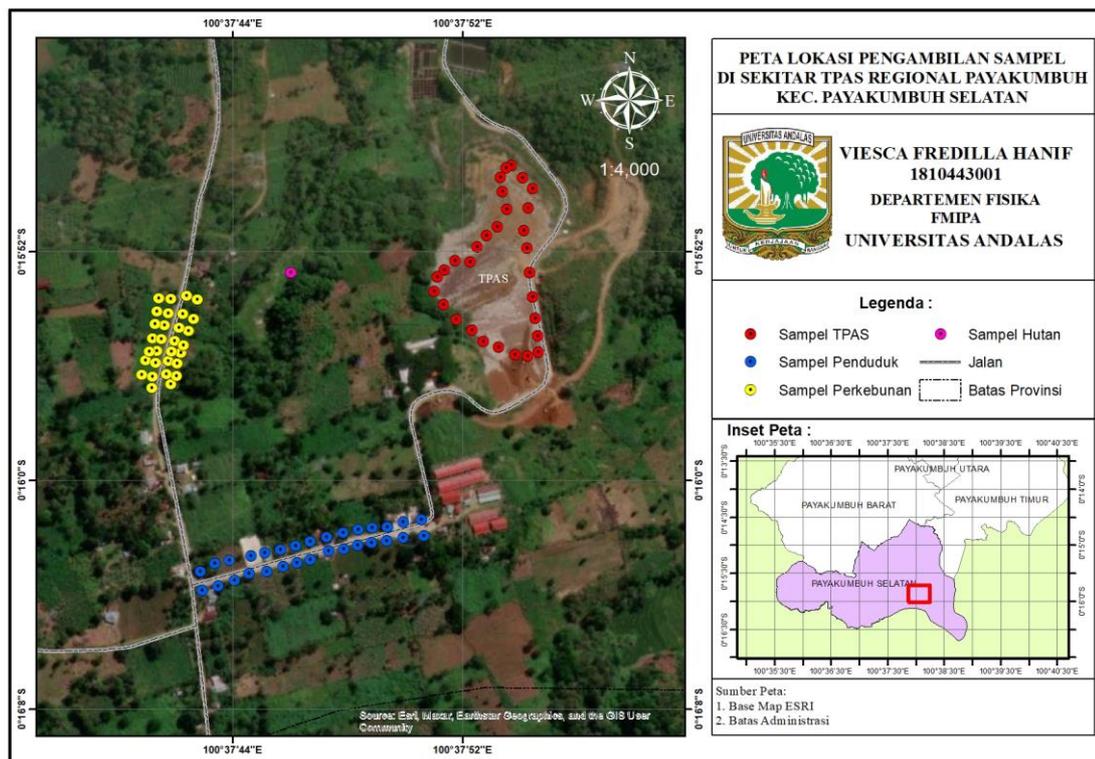
Bijaksana dan Huliselan (2010) melakukan penelitian di TPAS Sarimukti dan TPAS Jelekong di Kota Bandung dengan mengambil sampel lapisan atas tanah di sekitar TPAS. Nilai suseptibilitas magnetik pada TPAS Jelekong $629,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ ditemukan lebih tercemar dibandingkan TPAS Sarimukti $485,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Iswandi (2015) selain melakukan pengukuran nilai suseptibilitas magnetik juga dilakukan pengukuran XRF untuk mengetahui kandungan logam berat yang ada di sekitar TPAS Kota Padang. Unsur logam berat Fe mendominasi pada sampel penelitian yang telah dilakukan.

Novala dkk.(2016) melakukan pengukuran suseptibilitas magnetik terhadap tiga zona yang telah dibagi pada TPAS Sarimukti Kota Bandung. Zona pertama dan kedua merupakan zona yang tidak aktif dan zona tiga perwakilan dari zona TPAS yang masih aktif. Nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan rentang nilai $50-1400 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan zona 3 merupakan zona yang berperan besar dalam menghasilkan mineral yang didominasi ferrimagnetik. Dari sampel tersebut juga didapatkan bahwa sumber mineral magnetik berasal dari antropogenik.

TPAS Regional Payakumbuh merupakan salah satu TPAS yang ada di Provinsi Sumatera Barat. TPAS Regional Payakumbuh sudah berdiri sejak tahun 2009 dan mulai beroperasi tahun 2011. Berdasarkan pemodelan analitik *Domenico and Scwartz* yang dilakukan Zalenzi (2019) telah menunjukkan bahwa sampel lindi yang ada di TPAS Regional Payakumbuh telah mengandung logam berat yaitu Pb dan Fe yang telah melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Permen LH No.5 Tahun 2014. Penelitian ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh limbah sampah terhadap lapisan atas tanah di sekitar TPAS Regional Payakumbuh dengan menggunakan metode kemagnetan batuan yaitu suseptibilitas magnetik untuk mengetahui tingkat pencemaran di sekitar kawasan tersebut dengan memperhatikan kandungan mineral magnetik yang terkandung pada tanah di sekitar TPAS Regional Payakumbuh.

II. METODE

Pengambilan sampel tanah pada tiap zona diambil sebanyak 30 titik sampel pada tiap zona dengan jarak 2 sampai 3 m seperti pada Gambar 1. Sampel tanah diambil dengan kedalaman 25 cm dari permukaan tanah. Sampel tanah hutan diambil pada koordinat $0^{\circ}15'52.74''\text{S}$ dan $100^{\circ}37'46.02''\text{E}$ yang akan dijadikan sebagai acuan tanah yang tidak tercemar. Pengukuran nilai suseptibilitas magnetik dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika Universitas Andalas menggunakan alat Bartington MS2 dengan sensor MS2B pada 15 arah pengukuran terhadap sampel. Hasil data dari pengukuran suseptibilitas magnetik dalam 15 arah yang telah diolah menggunakan program Matlab 2015a untuk mendapatkan nilai suseptibilitas magnetik dimasukkan kedalam peta kontur yang dibuat menggunakan *software Surfer*. Pengukuran kandungan logam berat dilakukan menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* di Laboratorium Instrumentasi Kimia UNP terhadap enam sampel uji.



Gambar 1 Titik pengambilan sampel

III. HASIL DAN DISKUSI

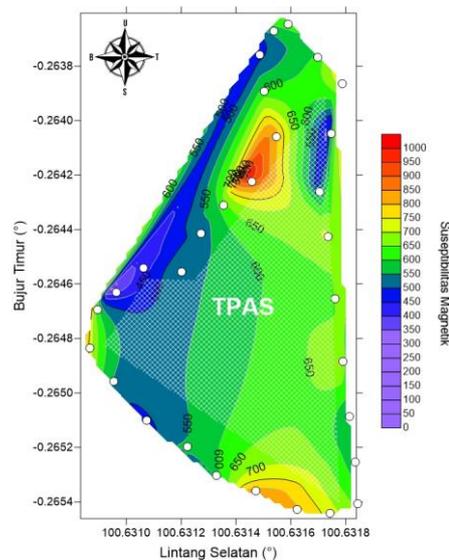
3.1 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah Hutan

Tanah di daerah hutan dijadikan sebagai acuan karena dianggap sebagai tanah yang tidak mengalami banyak pengaruh luar seperti aktivitas manusia yang menyebabkan adanya pencemaran pada tanah. Nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan pada tanah hutan yaitu $102,4 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai yang didapatkan hampir sama dengan penelitian oleh Jumianti dan Afdal (2020) yang mengambil sampel tanah hutan sebagai acuan dengan nilai yang didapatkannya yaitu $129,33 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.2 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona TPAS

Nilai suseptibilitas magnetik pada zona TPAS memiliki nilai suseptibilitas sebesar $320,21 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $955,78 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dengan rata-rata nilai suseptibilitas magnetik $625,59 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Dari 30 titik sampel terdapat 15 titik yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik dengan rentang nilai ($600-1000$) $10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang mengindikasikan pencemaran logam berat dengan kategori tercemar tinggi. Pada 15 titik sampel lainnya, mengindikasikan bahwa tanah tersebut telah tercemar logam berat dengan kategori sedang dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik ($300-600$) $10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ (Evan dan Heller, 2003).

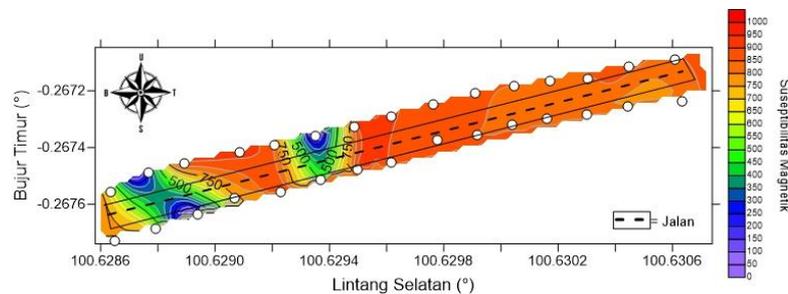
Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona TPAS ditampilkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2, terlihat pada wilayah Utara terdapat anomali tinggi yang ditandai dengan warna merah pada peta kontur dimana titik tersebut memiliki nilai suseptibilitas magnetik sebesar $955,78 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pada wilayah Selatan menunjukkan warna kontur kuning tua pada dua titik sampel dengan nilai suseptibilitas magnetik sebesar $877,45 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan $831,30 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Sementara itu, pada wilayah bagian Barat dilihat warna dari peta kontur cenderung kebiruan dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik $320,21 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} - 399,03 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Penelitian pada TPAS juga telah dilakukan oleh Novala dkk. (2016) yang menemukan bahwa pada tanah TPAS Sarimukti Kota Bandung juga telah mengalami pencemaran oleh kandungan logam berat yang dikarenakan oleh dekomposisi pada limbah sampah sebagai sumber utama terjadinya pencemaran di wilayah TPAS tersebut dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan sebesar $50 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} - 1400 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$.



Gambar 2 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona TPAS

3.3 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Penduduk

Nilai suseptibilitas magnetik di zona penduduk memiliki nilai suseptibilitas magnetik sebesar $16,42 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ hingga $1017,10 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dengan nilai rata-rata $760,40 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Pada sejumlah 30 titik yang telah diambil di zona berpenduduk, didominasi nilai suseptibilitas magnetik dengan rentang $(600-1000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang menunjukkan daerah tersebut telah tercemar logam berat yang termasuk dalam kategori tercemar tinggi. Telah ditemukan juga satu sampel yang mengindikasikan tercemar sangat tinggi dengan nilai suseptibilitas magnetik $> 1000 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ (Evan dan Heller, 2003).



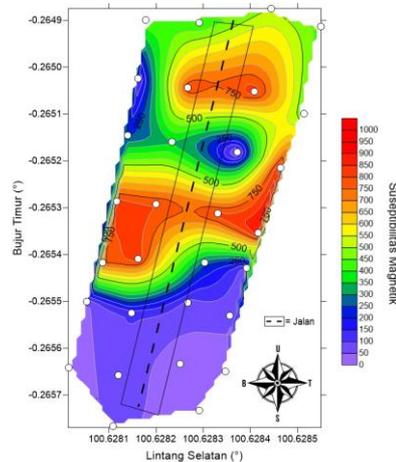
Gambar 3 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona penduduk

Persebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona penduduk dapat dilihat pada Gambar 3. Secara garis besar daerah berpenduduk memiliki nilai suseptibilitas magnetik tinggi yang menunjukkan bahwa sebagian besar daerah tersebut telah mengalami pencemaran logam berat. Tingginya nilai suseptibilitas pada zona penduduk dapat disebabkan oleh aktivitas masyarakat yang bekerja mengumpulkan sampah yang ada di TPAS, dimana sampah-sampah anorganik yang sudah terkumpul diletakkan pada halaman rumah warga. Sampah ditumpuk sesuai jenis sampah seperti sampah plastik, sampah besi serta sampah pipa bekas hingga cukup untuk dijual. Sampah-sampah tersebut membutuhkan waktu cukup lama bahkan sampai bertahun-tahun untuk dapat terurai, namun pencemaran oleh tumpukan sampah dapat terjadi karena sampah-sampah berbahan plastik, pipa dan besi mengandung zat beracun yang bila sampah tersebut di tumpuk terus menerus di atas permukaan tanah maka akan menyebabkan pencemaran tanah disekitarnya.

3.4 Nilai Suseptibilitas Magnetik Tanah di Zona Perkebunan

Nilai suseptibilitas magnetik pada zona perkebunan memiliki nilai suseptibilitas magnetik dari $11,27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ sampai $891,95 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ dengan rata-rata $373,38 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Dibandingkan zona lainnya, zona perkebunan memiliki rata-rata nilai suseptibilitas magnetik terendah. Dari 30 sampel yang telah diambil, terdapat 10 titik sampel yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik dengan rentang $(600-$

$1000) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$, nilai tersebut mengindikasikan tingkat pencemaran logam berat dengan kategori tinggi. Selain itu, terdapat 5 titik sampel yang memiliki nilai suseptibilitas magnetik $(300-600) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ yang menunjukkan tingkat pencemaran logam berat dengan indikasi tercemar sedang. Sedangkan pada 15 titik lainnya nilai suseptibilitas magnetik yang didapatkan terindikasi tercemar rendah pada sampel tanah dengan nilai $< 300 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ (Evan dan Heller ,2003).



Gambar 4 Peta kontur sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona perkebunan

Sebaran nilai suseptibilitas magnetik di zona perkebunan dapat dilihat pada Gambar 4. Peta kontur menunjukkan bahwa nilai suseptibilitas magnetik yang tinggi berada di daerah Utara, Timur dan Barat yang ditandai dengan warna kontur dari warna hijau hingga merah. Tingginya nilai suseptibilitas pada sebagian titik tersebut terjadi dikarenakan adanya aktivitas pertanian yang menggunakan bahan penyubur pada tumbuhan seperti pupuk serta pestisida dimana bahan-bahan tersebut mengandung kandungan unsur logam berat didalamnya. Namun, pada daerah Selatan titik sampel cenderung berwarna biru tua hingga ungu yang menunjukkan nilai rendah dengan rentang nilai suseptibilitas magnetik yaitu $11,27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg} - 110,51 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.5 Kandungan Logam Berat Sampel Tanah

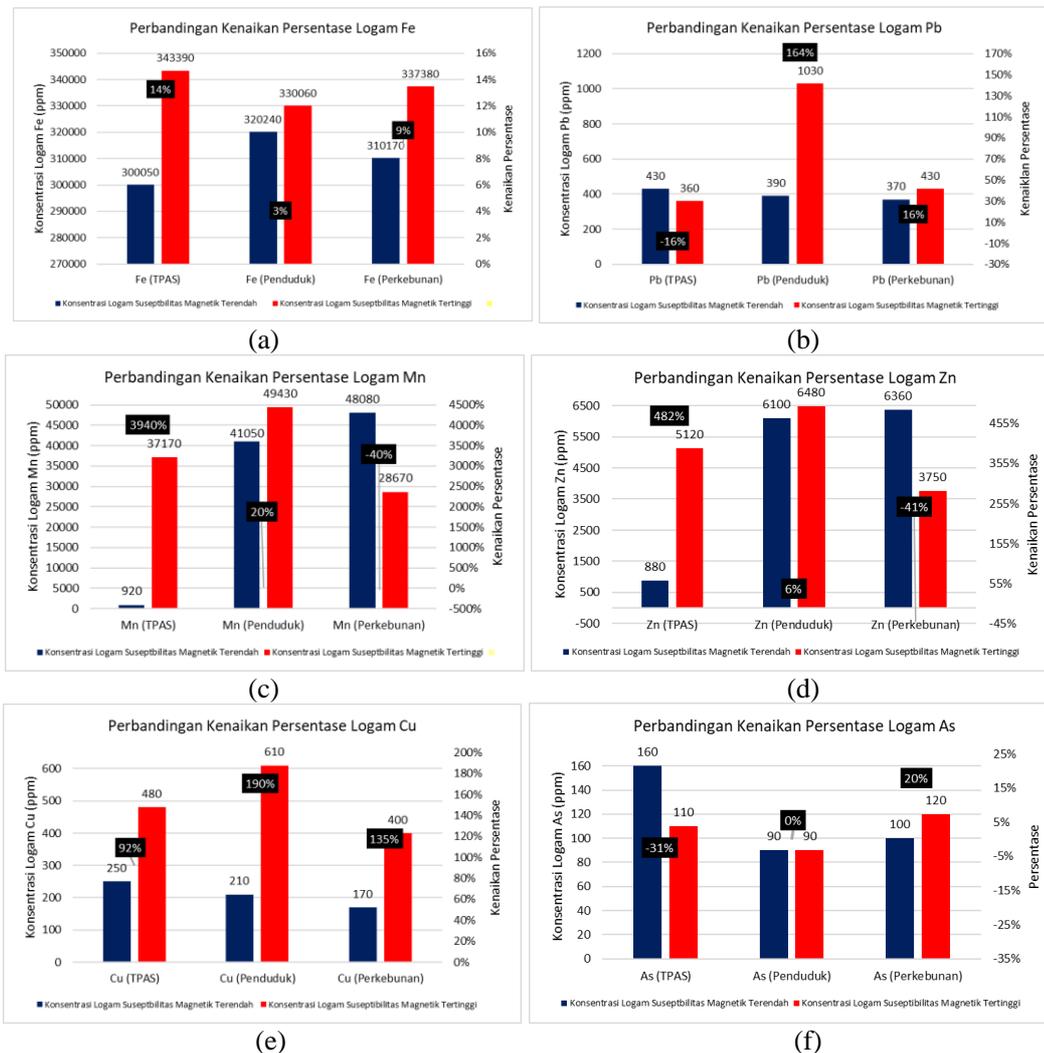
Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui jenis kandungan logam berat terhadap 6 sampel yang diambil dari nilai suseptibilitas tertinggi dan terendah pada masing-masing zona daerah penelitian. Pada hasil uji XRF teridentifikasi 24 macam unsur logam. Terdapat enam unsur logam berat yang dianalisis pada penelitian ini yaitu Fe, Pb, Mn, Zn, Cu, dan As yang diperkaya dari aktivitas limbah serta aktivitas manusia. Konsentrasi logam berat tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Konsentrasi Logam Berat

Kode Sampel	U19	U24	P20	P27	K18	K6
Suseptibilitas Magnetik ($\times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$)	955.78	320.21	1017.1	16.42	891.95	11.27
Unsur Logam	Satuan (ppm)					
Fe	343390*	300050*	330060*	320240*	337380*	310170*
Pb	360*	430*	1030*	390*	430*	370*
Mn	37170*	920	49430*	41050*	28670*	48080*
Zn	5120*	880*	6480*	6100*	3750*	6360
Cu	480*	250*	610*	210*	400*	170*
As	110*	160*	90*	90*	120*	100*

*Logam berat yang sudah melampaui nilai ambang batas berdasarkan Erfandi dan Juarsah (2014).

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa secara garis besar konsentrasi tiap unsur logam berat yang terkandung pada tiap sampel sudah melampaui nilai ambang batas logam berat pada tanah. Dimana kisaran nilai ambang batas logam berat pada tanah menurut Erfandi dan Juarsah (2014) pada unsur logam berat yaitu unsur logam Fe 280 ppm, Pb 2-200 ppm, Mn 100-4000 ppm, Zn 10-300 ppm, Cu 2-100 ppm dan As 0,1-4,0 ppm.



Gambar 5 Perbandingan kenaikan persentase unsur logam

Perbandingan kenaikan persentase unsur logam di zona TPAS dapat dilihat pada Gambar 5. Pada zona TPAS dilihat pada Gambar 5c, 5d, 5e dan 5a unsur logam didominasi oleh unsur logam Mn, Zn, Cu dan Fe. Logam Mn merupakan unsur logam yang paling mendominasi dengan kenaikan persentase sebesar 3940% ditunjukkan pada Gambar 5c. Tingginya logam Mn pada TPAS dapat diakibatkan dari tumpukan limbah sampah yang ada pada TPAS, dimana sampah-sampah tersebut membawa unsur logam berat salah satunya yaitu logam Mn. Sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik yang paling banyak ditemukan pada zona TPAS yang membawa kandungan logam berat seperti logam Fe, Zn, Cu dan Mn.

Kenaikan persentase unsur logam di zona penduduk memperlihatkan bahwa unsur logam Fe, Cu, Pb dan Mn yang ditunjukkan pada Gambar 5a, 5e, 5b dan 5c cukup mendominasi pada zona tersebut. Unsur logam Cu dan logam Pb dengan kenaikan persentase tertinggi yaitu 190% dan 164% pada wilayah penduduk dapat diperkaya dari sampah berbahan besi dan pipa bekas karena jenis sampah tersebut menggunakan unsur logam berat logam Pb dan logam Cu dalam pembuatannya.

Pada Gambar 5e, 5f, 5b dan 5a dapat dilihat perbandingan kenaikan persentase unsur logam pada zona perkebunan di dominasi oleh unsur logam Cu, As, Pb dan Fe. Pada zona perkebunan, kenaikan persentase yang cukup signifikan terjadi pada unsur logam Cu, As, Pb dan Fe dimana kenaikan persentase yang didapat sebesar 135%, 20%, 16% dan 9%. Pencemaran logam berat terjadi diduga karena aktivitas pertanian dalam penggunaan bahan agrokimia seperti pupuk dan pestisida. Logam berat yang dapat ditemukan pada bahan agrokimia diantaranya logam Cu, As, Co, Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, Cd, Pb, dan Hg. Pada pupuk anorganik seperti pupuk Urea, MOP, Kieserit, RP (*Rock Phosphate*) mengandung logam berat Zn, Cu dan As. Selain itu, pupuk fosfat yang banyak digunakan oleh petani Indonesia

mengandung logam Pb berkisar 5-156 ppm serta penggunaan pestisida juga mempengaruhi kadar logam Pb dalam tanah (Adhani, 2017).

Perbandingan kenaikan persentase unsur logam berat antar zona pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa zona penduduk didapatkan lebih tercemar dibandingkan zona TPAS itu sendiri. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat pada zona penduduk dibandingkan dengan zona TPAS dapat disebabkan oleh perbedaan cara pengelolaan sampah yang dilakukan terhadap masing-masing zona. Dimana pada zona TPAS telah menggunakan metode *Controlled Landfill* yang merupakan peningkatan dari metode *Open Dumping* yaitu sistem pembuangan dimana sampah dibuang begitu saja pada suatu tempat tanpa perlakuan lebih lanjut seperti yang dilakukan pada zona penduduk. Metode *Open Dumping* lebih beresiko dalam mencemari tanah disekitarnya hingga dapat terkontaminasi pada air tanah. Hal inilah yang membuat pencemaran oleh kandungan logam berat lebih tinggi pada zona penduduk dibandingkan zona TPAS.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengukuran suseptibilitas magnetik pada tiap zona penelitian, memiliki rentang nilai $11,27 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ hingga $1017,10 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Nilai suseptibilitas magnetik menunjukkan daerah penelitian telah mengalami pencemaran logam berat dari kategori tercemar rendah hingga tercemar sangat tinggi. Nilai suseptibilitas magnetik tertinggi yaitu $758,64 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ pada zona penduduk. Rata-rata terendah didapat pada zona perkebunan dengan nilai suseptibilitas $373,37 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Konsentrasi logam pada ketiga zona penelitian terdiri dari Fe, Pb, Mn, Zn, Cu, As pada sampel tanah secara garis besar sudah melewati nilai ambang batas. Berdasarkan analisis perbedaan kenaikan persentase pada konsentrasi logam berat tiap antar zona penelitian memperlihatkan perbedaan nilai yang cukup signifikan. Tingginya nilai suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat pada zona penduduk dibandingkan dengan zona TPAS disebabkan oleh perbedaan cara pengelolaan sampah yang dilakukan terhadap masing-masing zona.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R.H. (2017) *Logam Berat Sekitar Manusia*. Edited by S. Kholishotunnisa. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Bijaksana, S. and Huliselan, E.K. (2010) 'Magnetic properties and heavy metal content of sanitary leachate sludge in two landfill sites near Bandung, Indonesia', *Environmental Earth Sciences*, 60(2), pp. 409–419. doi:10.1007/s12665-009-0184-4.
- Evan, M.E; Heller, F. (2003) *Environmental Magnetism Principles and Applications of Enviromagnetics*. California: Academic Press.
- Iswandi, Mahrizal and Fatni, M. (2015) 'Identifikasi Komposisi Unsur Logam Berat Pada Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Kota Padang Menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF)', *Pillar Of Physics*, 5(April), pp. 33–40.
- Jumianti, N. and Afdal, A. (2020) 'Identifikasi Logam Berat Pencemaran Tanah Lapisan Atas Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik pada Zona Penggunaan Lahan Berbeda di Kota Padang', *Jurnal Fisika Unand*, 9(4), pp. 550–557. doi:10.25077/jfu.9.4.550-557.2020.
- Novala, G.C. et al. (2016) 'Magnetic Properties of Soils from Sarimukti Landfill as Proxy Indicators of Pollution (Case Study: Desa Sarimukti, Kabupaten Bandung Barat)', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 29(1). doi:10.1088/1755-1315/29/1/012015.
- Putri, D. and Afdal, A. (2017) 'Identifikasi Pencemaran Logam Berat dan Hubungannya dengan Suseptibilitas Magnetik pada Sedimen Sungai Batang Ombilin Kota Sawahlunto', *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), pp. 341–347. doi:10.25077/jfu.6.4.341-347.2017.
- Yu, Y. et al. (2019) 'Estimating long-term erosion and sedimentation rate on farmland using magnetic susceptibility in northeast China', *Soil and Tillage Research*, 187(September 2018), pp. 41–49. doi:10.1016/j.still.2018.11.011.
- Zalenzi, B. (2019) 'Jurnal aerasi', *Jurnal Aerasi*, 1(xx), pp. 7–13.