

## ANALISA SUSEPTIBILITAS MAGNETIK DAN KANDUNGAN LOGAM BERAT AKIBAT POLUTAN KENDARAAN BERMOTOR DI BEBERAPA RUAS JALAN KOTA PEKANBARU

Vischa Vahyra\*, Salomo

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [vischa.vahyra5472@student.unri.ac.id](mailto:vischa.vahyra5472@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*The research on the magnetic susceptibility, mass susceptibility, and heavy metal content due to automotive contaminants using magnetic susceptibility and X-ray fluorescence has been performed. Samples were taken on three roads in Pekanbaru City, i.e. Jendral Sudirman, Ahmad Yani and Pangeran Hidayat Road. The sample was dried, sifted, separated between magnetic and non-magnetic particles, identified and analyzed. The magnetic induction value of the concentrate as a function of current (200,400,600,800,1000) mA was determined using the Pasco PS-2162 magnetic probe and 2500 winding solenoid. The magnetic induction value also increased when the electrical current was increased. The findings of this analysis showed that concentrates had the magnetic susceptibility values  $(4888.8-11095.8) \times 10^{-5}$ , while the mass susceptibility of concentrates had values  $(2284.48-7513.05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . The XRF test is done on three concentrates, which are JS 08, AY 01, and PH 13. The XRF test results showed that all the concentrates contained Mn, Ni, Cu, Zn and Pb heavy metals. Based on the threshold value of heavy metals as soil contaminants, it was established that the content of Cu, Zn, and Pb at JS 08, AY 01, and PH13 concentrations exceeded the threshold. Ni material had reached the threshold only to focus on JS 08.*

**Keywords:** Heavy metal, Motor vehicle pollutants, Magnetic susceptibility, X-ray fluorescence

### ABSTRAK

*Penelitian tentang suseptibilitas magnetik, suseptibilitas massa dan kandungan logam berat akibat polutan kendaraan bermotor dengan menggunakan metode suseptibilitas magnetik dan X-Ray Fluorescence telah dilakukan. Sampel diambil di tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru, yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat. Sampel kemudian dikeringkan, diayak, dipisah antara partikel magnetik dan non magnetik, diidentifikasi dan dianalisa. Nilai induksi magnetik konsentrat sebagai fungsi arus (200,400,600,800,1000) mA diukur dengan menggunakan probe magnetic Pasco PS-2162 dan solenoid 2500 lilitan. Ketika arus listrik dinaikkan maka nilai induksi magnetik juga semakin meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrat memiliki nilai suseptibilitas magnetik  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , sedangkan suseptibilitas massa konsentrat memiliki nilai  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . Uji XRF dilakukan pada tiga konsentrat yaitu JS 08, AY 01, dan PH 13. Hasil uji XRF menunjukkan bahwa seluruh konsentrat mengandung logam berat Mn, Ni, Cu, Zn, dan Pb. Berdasarkan nilai ambang batas logam berat sebagai pencemar dalam tanah, diketahui bahwa kandungan Cu, Zn, dan Pb pada ketiga konsentrat yang di uji sudah melebihi ambang batas. Kandungan Ni sudah melebihi ambang batas hanya pada konsentrat JS 08.*

**Kata kunci:** Logam berat, Polutan kendaraan bermotor, Suseptibilitas magnetik, X-ray fluorescence

Diterima 04-06-2020 | Disetujui 05-10-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

### PENDAHULUAN

Pencemaran tanah merupakan salah satu masalah lingkungan. Pencemaran tanah dapat

disebabkan oleh beberapa hal, seperti transportasi, industri, pemupukan, dan emisi pabrik atau pertambangan. Konsentrasi atau jumlah zat pencemar dapat meningkat seiring

dengan bertambahnya aktivitas tersebut. Pencemaran tanah di perkotaan paling utama berasal dari emisi kendaraan bermotor [1]. Tanah lapisan atas adalah penerima dari berbagai macam polutan termasuk logam berat dan dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui kualitas lingkungan hidup [2].

Emisi kendaraan bermotor dapat menghasilkan logam berat seperti Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Mangan (Mn), dan Nikel (Ni). Logam berat tersebut berasal dari gesekan mesin, karatan pada kendaraan dan gas buang kendaraan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, pemakaian kampas rem, ban, dan komponen kendaraan lainnya [3].

Penelitian ini dilakukan guna menentukan susceptibilitas magnetik, susceptibilitas massa, dan kandungan logam berat sampel tanah di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru. Jalan yang dipilih yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat. Metode yang digunakan untuk menentukan kandungan logam berat pada penelitian ini adalah susceptibilitas magnetik dan X-Ray Fluorescence.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Medan Magnet

Magnet memiliki medan yang berbeda dengan medan listrik, yaitu medan magnet. Daerah medan magnet dapat dilihat dengan garis gaya-gaya magnet yang saling bertemu di kedua kutubnya [4].

### Induksi Magnetik

Induksi magnetik adalah kuatnya medan magnet disuatu titik yang diakibatkan oleh adanya arus listrik yang mengalir dalam suatu penghantar dan menembus suatu bidang [5]. Nilai Induksi magnetik yang ditimbulkan oleh kawat pada pusat lingkaran kawat berarus dengan jari-jari  $R$  adalah sebagai berikut.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad (1)$$

Nilai Induksi magnetik untuk kawat melingkar yang terdiri atas  $N$  lilitan yang ditimbulkan dipusat lingkaran dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$B = \frac{\mu_0 IN}{2R} \quad (2)$$

Besarnya medan magnet yang terdapat pada tengah solenoida dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$B = \mu_0 nI \quad (3)$$

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \quad (4)$$

### Suseptibilitas Magnetik dan Suseptibilitas Massa

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) merupakan salah satu parameter magnetik yang merupakan ukuran mudah tidaknya suatu bahan untuk termagnetisasi jika bahan tersebut dikenakan medan magnetik luar. Nilai susceptibilitas magnet ditunjukkan oleh persamaan [6]:

$$\chi_m = \frac{M}{H} \quad (5)$$

Suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) juga dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\chi_m = \frac{B_T - B_0}{B_0} \quad (6)$$

Suseptibilitas massa adalah perbandingan susceptibilitas magnetik dengan nilai rapat jenis suatu sampel. Nilai susceptibilitas massa ( $\chi_{massa}$ ) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\chi_{massa} = \frac{\chi_m}{\rho} \quad (7)$$

$\rho$  adalah rapat massanya [7].

### X-Ray Fluorescence spectrometry (XRF)

XRF adalah suatu teknik analisa yang dapat mengidentifikasi serta menentukan unsur yang

terkandung pada suatu sampel. Sampel yang dapat dianalisa dapat berupa padatan, bubuk ataupun cairan. XRF digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material atau mineral. XRF banyak digunakan karena metode ini dapat menganalisa dengan cepat dan tidak merusak sampel yang di uji [8].

## METODE PENELITIAN

Sampel atau bahan yang digunakan pada penelitian ini merupakan endapan tanah lapisan atas yang diambil dari tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru, yaitu Jalan Jendral Sudirman, Jalan Ahmad Yani, dan Jalan Pangeran Hidayat.

Sampel di Jalan Jendral Sudirman diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 200 m. Sampel di Jalan Ahmad Yani diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 80 m. Sampel di Jalan Pangeran Hidayat diambil sebanyak 25 titik, dengan jarak antar titik sampelnya adalah 24 m. Massa sampel yang diambil pada tiap-tiap titiknya adalah 2 kg.

Sampel yang telah di ambil kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air yang terkandung, sehingga dapat mempermudah proses pemisahan antara material magnetik dengan non-magnetik. Sampel yang telah kering kemudian diayak, agar sampel bersih dari sampah dan batu-batuan. Sampel yang telah bersih kemudian dipisahkan antara partikel magnetik dan non magnetiknya dengan menggunakan *Neodymium Iron Boron* (magnet batang), sehingga didapatkan konsentrat.

Konsentrat yang didapat kemudian di ukur massa dan volumenya, kemudian diukur induksi magnetiknya. Induksi magnetik sebagai fungsi arus diukur dengan menggunakan *Probe Magnetic Pasco PS-2162* dan solenoid dengan jumlah lilitannya adalah 2500 lilitan, panjang 10 cm dan berdiameter 3 cm. *Probe Magnetic Pasco PS-2162* dihubungkan pada laptop yang telah tersambung ke software Data Studio. Nilai susceptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) dihitung dengan

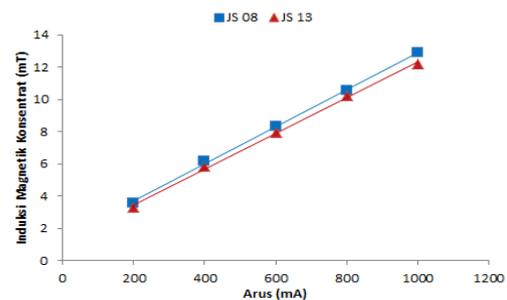
menggunakan Persamaan (6), dan susceptibilitas massa ( $\chi_{massa}$ ) dihitung dengan menggunakan Persamaan (7).

Logam berat yang terkandung dalam konsentrat yang memiliki nilai susceptibilitas magnetik tertinggi pada masing-masing jalan dianalisa dengan XRF.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menampilkan data dan pembahasan dari hasil pengukuran induksi magnetik, susceptibilitas magnetik, serta kandungan logam berat sampel tanah di beberapa ruas jalan Kota Pekanbaru.

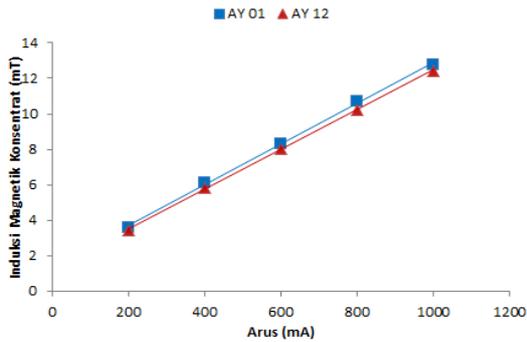
Induksi magnetik diukur sebagai fungsi arus. Arus yang diberikan yaitu (200, 400, 600, 800, 1000) mA. Nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi dengan nilai induksi magnetik konsentrat terendah pada masing masing ruas jalan di plot dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 1 hingga 3.



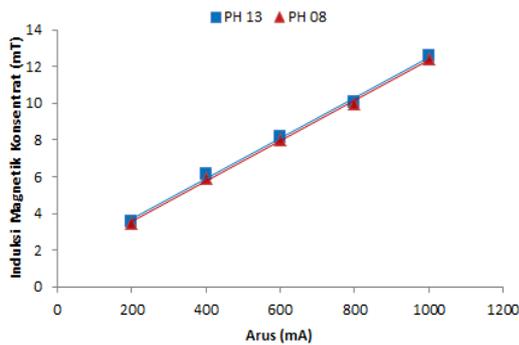
**Gambar 1.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (JS 08) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (JS 13) sebagai fungsi arus pada jalan Jendral Sudirman.

Gambar 1 menjelaskan bahwa data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat JS 08 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0115I + 1,4037$ ; sedangkan untuk konsentrat JS 13 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0111I + 1,2073$ .

Data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat AY 01 pada Gambar 2 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0115I + 1,394$ ; sedangkan pada konsentrat AY 12 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,0112I + 1,2389$ .



**Gambar 2.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (AY 01) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (AY 12) sebagai fungsi arus pada jalan Ahmad Yani.



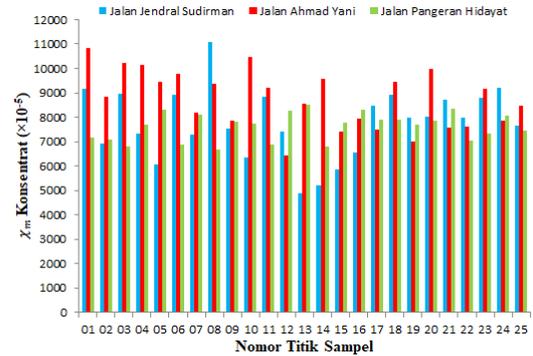
**Gambar 3.** Grafik perbandingan antara nilai induksi magnetik konsentrat tertinggi (PH 13) dengan induksi magnetik konsentrat terendah (PH 08) sebagai fungsi arus pada jalan Pangeran Hidayat.

Gambar 3 menjelaskan data induksi magnetik solenoid dengan inti konsentrat PH 13 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,011I + 1,4883$ ; sedangkan pada konsentrat PH 08 dapat dimodelkan oleh persamaan  $B_K = 0,011I + 1,3806$ .

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa induksi magnetik meningkat seiring dengan bertambahnya arus listrik, sesuai dengan Persamaan 4, dimana induksi magnetik sebanding dengan arus listrik yang dialirkan.

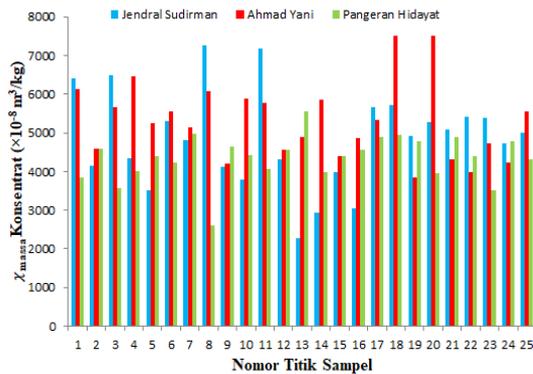
Nilai suseptibilitas magnetik ( $\chi_m$ ) konsentrat dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat menunjukkan bahwa dari 75 konsentrat yang terdapat di tiga ruas jalan, didapatkan hasil pengukuran yang bervariasi. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada

dalam interval  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik).

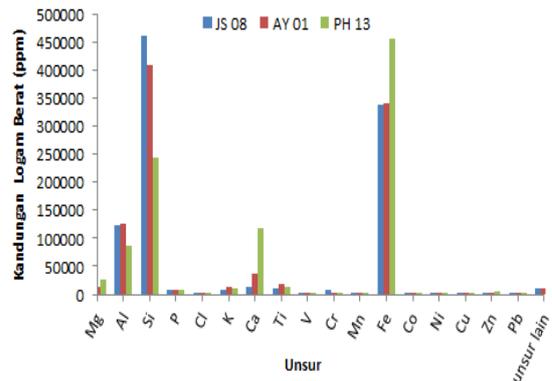


**Gambar 4.** Grafik nilai suseptibilitas magnetik konsentrat.

Nilai suseptibilitas massa konsentrat dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai suseptibilitas massa konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada dalam interval  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} m^3/kg$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $FeTiO_3$ ; Antiferromagnetik).



**Gambar 5.** Grafik nilai suseptibilitas massa konsentrat.

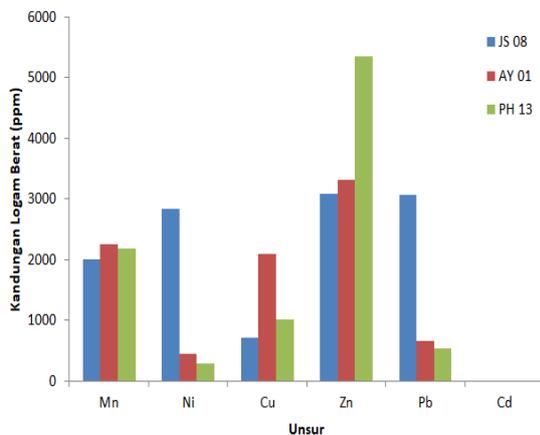


**Gambar 6.** Grafik hasil analisa unsur dengan menggunakan XRF.

Analisa unsur yang terkandung dalam konsentrat dengan nilai suseptibilitas magnetik tertinggi pada masing-masing jalan dilakukan dengan menggunakan XRF. Hasil uji XRF dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6.

**Tabel 1.** Hasil analisa unsur dengan menggunakan XRF.

Unsur	Kandungan Logam Berat (ppm)		
	JS 08	AY 01	PH 13
Mg	3960	12000	25650
Al	124490	126820	85710
Si	462270	408800	244330
P	8990	7440	9020
Cl	250	450	490
K	8570	13280	9700
Ca	13320	36480	117540
Ti	10780	17960	13970
V	200	330	310
Cr	7660	2280	2640
Mn	2010	2260	2180
Fe	337110	339670	456410
Co	1230	1160	1580
Ni	2840	450	290
Cu	710	2100	1020
Zn	3090	3310	5360
Pb	3060	660	540
Elemen lain	9470	11430	13930



**Gambar 7.** Grafik kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor pada tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru.

Unsur-unsur yang di analisa pada penelitian ini hanya logam berat hasil dari emisi kendaraan bermotor. Mn dan Pb berasal dari

gas buang kendaraan bermotor. Cu juga berasal dari gas buang kendaraan bermotor dan pemakaian rem. 70% Pb yang terdapat dalam bahan bakar kendaraan bermotor akan keluar melalui knalpot [9]. Zn berasal dari pengikisan ban kendaraan bermotor. Logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor tersebut di duga terbawa oleh angin atau air hujan, kemudian mengendap dan terakumulasi di tanah lapisan atas. Kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan grafiknya dapat dilihat pada Gambar 7.

**Tabel 2.** Kandungan logam berat yang berasal dari emisi kendaraan bermotor pada tiga ruas jalan di Kota Pekanbaru.

Unsur	Nilai Ambang Batas* (ppm)	JS 08 (ppm)	AY 01 (ppm)	PH 13 (ppm)
Ni	10–1000	2840**	450	290
Cu	2–100	710**	2100**	1020**
Zn	10–300	3090**	3310**	5360**
Pb	2–200	3060**	660**	540**
Cd	0,1–7	-	-	-

\*) Kisaran ambang batas logam berat sebagai pencemar dalam tanah [10].

\*\*) Kandungan logam berat yang sudah melewati ambang batas dalam tanah

Hasil uji XRF menunjukkan bahwa tanah lapisan atas pada ketiga ruas jalan yang diuji mengandung logam berat Mn, Ni, Cu, Zn dan Pb. Kandungan logam berat Cu, Zn dan Pb pada ketiga ruas jalan, serta kandungan Ni pada Jalan Jendral Sudirman sudah melewati ambang batas. Cd tidak terdeteksi dalam semua sampel yang di uji. Logam berat yang sudah melewati ambang batas pada tanah dapat membuat tanah tercemar dan memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup dan lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa nilai induksi magnetik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya nilai arus yang diberikan. Nilai suseptibilitas magnetik konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota

Pekanbaru berada dalam interval  $(4888,8-11095,8) \times 10^{-5}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). Nilai suseptibilitas massa konsentrat tanah pada ketiga ruas jalan di Kota Pekanbaru berada dalam interval  $(2284,48-7513,05) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , yang merupakan interval Ilmenite ( $\text{FeTiO}_3$ ; Antiferromagnetik). Berdasarkan uji XRF, kandungan logam berat Cu, Zn dan Pb pada ketiga ruas jalan, serta kandungan logam berat Ni pada jalan Jendral Sudirman sudah melewati ambang batas, sedangkan Cd tidak terdeteksi dalam semua sampel yang diuji.

## REFERENSI

1. Afdal, A. & Yulius, U. (2012). Suseptibilitas magnetik dan kontaminasi logam-berat dalam tanah lapisan atas di sekitar pabrik semen di Kota Padang. *Jurnal Ilmu Fisika*, **4**(2), 76–82.
2. Hutauruk, M. & Sinuraya, S. (2020). Analisa suseptibilitas magnetik dan kandungan logam berat pada tanah perkebunan kelapa sawit. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(2), 108–113.
3. Yuliaty, W., Mahrizal, & Mufit, F. (2013). Penentuan tingkat polusi udara akibat kendaraan bermotor menggunakan metoda suseptibilitas magnetik di Kota Padang. *Pillar of Physics*, **1**(1), 121–128.
4. Nanda, R., Malik, U., & Lazuardi, L. (2018). Pengukuran kuat arus pada kawat dengan menggunakan sensor medan magnet. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 151–155.
5. Salomo, S., Erwin, E., Zuhendri, Z., & Zulkarnaen, Z. (2017). Pengukuran induksi magnetik total dan identifikasi kandungan elemen endapan pasir besi di pantai bagian Selatan Kota Padang Sumatera Barat. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(1), 999–1005.
6. Dearing, J. (1999). *Environmental magnetic susceptibility: Using the Bartington MS2 system*. Kenilworth: Chi Publishing.
7. Reitz, J. R., Milford, F. J., & Christy, R. W. (1993). *Dasar teori listrik dan magnet, Edisi ke-3*. Bandung: ITB.
8. Viklund. (2008). *Teknik pemeriksaan material menggunakan XRF, XRD, dan SEM-EDS*. Bandung: ITB.
9. Yulius, U. & Afdal, A. (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*, **3**(4), 198–204.
10. Soepardi, G. (1983). *Sifat dan ciri tanah*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.



Artikel ini menggunakan lisensi  
[Creative Commons Attribution  
 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)