

OPTIMALISASI PARAMETER PEMINDAI SINGLE KOIL SECARA EKSPERIMENTAL UNTUK MENGUKUR KEDALAMAN POSISI LOGAM DALAM TANAH

OPTIMIZING THE SCANNING PARAMETER OF SINGLE COIL EXPERIMENTALLY TO MEASURE THE DEPTH OF METAL POSITION ON SOIL

Nabila Vania Utami¹, Dudi Darmawan², Ahmad Qurthobi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹bilavania@student.telkomuniversity.ac.id, ²dudidw@telkomuniversity.ac.id, ³qurthobi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam kegiatan eksplorasi hasil bumi, logam adalah benda yang paling dicari karena memiliki banyak manfaat. Untuk mengetahui posisi kedalaman sumber logam, metoda yang dilakukan salah satunya penginduksian medan magnet yang merupakan konsep NDT (non-destructive testing). Tujuannya untuk mendapatkan parameter koil yang optimal dalam mendeteksi variasi kedalaman logam.

Dengan karakteristik koil yang digunakan dalam pengukuran kedalaman logam dalam tanah, diharapkan akan menghasilkan respon pengukuran yang signifikan dari variasi kedalaman yang diberikan. Sehingga metoda ini bisa menjadi solusi dalam mendeteksi kedalaman logam dalam tanah.

Eksperimen menggunakan pasangan koil 200, 300, dan 400 lilitan yang menunjukkan penurunan nilai tegangan terhadap posisi logam dalam tanah adalah 400 lilitan. Nilai kedalaman maksimum dalam menentukan posisi logam dalam tanah menggunakan 4 pendekatan ekstrapolasi terbatas hingga kedalaman 4,5 cm karena data pengukuran yang didapat hingga kedalaman 3 cm. Pada logam besi, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan (V_{rms}) terkecil menggunakan ekstrapolasi logaritmik $y = -0,454 \ln(x) + 3,9168 V_{rms}$ yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 3,233 V_{rms} . Pada logam tembaga, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan terkecil menggunakan ekstrapolasi partisi linier $y = -0,12x + 3,374 V_{rms}$ yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 2,834 V_{rms} . Pada logam aluminium, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan terkecil menggunakan ekstrapolasi logaritmik $y = -0,9014 \ln(x) + 4,2174 V_{rms}$ yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 3,861 V_{rms} .

Kata Kunci: Logam, NDT, Induksi Medan Magnet, Koil, Tanah

Abstract

In the exploration of agricultural products, metals are the most sought after objects because they have many benefits. To determine the position of the depth of the metal source, one of the methods used is induction of a magnetic field which is an NDT (non-destructive testing) concept. The goal is to get the optimal coil parameters in detecting variations in metal depth.

With the characteristics of the coil used in measuring the depth of metals in the soil, it is expected to produce a significant measurement response from the variation in depth given. So this method can be a solution in detecting the depth of metals in the soil.

Experiments using 200, 300, and 400 coil pairs which show a decrease in the value of the voltage to the metal's position in the soil are 400 coil. The maximum depth value in determining the position of metals in the soil using 4 extrapolation approaches is limited to a depth of 4,5 cm because the measurement data obtained up to a depth of 3 cm. In ferrous metals, the maximum depth with the smallest voltage value uses logarithmic extrapolation $y = -0,454 \ln(x) + 3,9168 V_{rms}$ which is 4,5 cm position with a voltage value of 3,233 V_{rms} . In copper metal, the maximum depth with the smallest voltage value uses extrapolated linear partition $y = -0,12x + 3,374 V_{rms}$, which is 4,5 cm position with a voltage value of 2,834 V_{rms} . In aluminum metal, the maximum depth with the smallest voltage value uses logarithmic extrapolation $y = -0,9014 \ln(x) + 4,2174 V_{rms}$ which is 4,5 cm position with a voltage value of 3,861 V_{rms} .

Keywords: Metal, NDT, Magnetic Field Induction, Coil, Soil

1. Pendahuluan

Logam adalah barang yang banyak dicari dalam eksplorasi secara perorangan dan korporasi. Pada perorangan, eksplorasi logam dilakukan dengan mendulang di sungai atau membuat galian. Pada korporasi, eksplorasi dilakukan menggunakan bermacam ahli mulai dari bidang geologi, tambang dan mineral, serta pekerja lapangan yang akan melakukan eksplorasi. Namun resiko kegagalan dalam mendapatkan logam jika menggunakan metode yang tidak sesuai, dapat membahayakan keselamatan para pekerja dan mengeluarkan biaya yang besar [1]. Unsur logam dalam tanah selain hasil eksplorasi adalah senjata dalam tanah yang belum meledak di lokasi bekas peperangan di Laos menggunakan sistem UltraTEM. Sistem ini mengkombinasikan alat berat untuk menggerakkan receiver [2].

Metode lain yang pernah dilakukan sebelumnya menggunakan sistem Ground Penetrating Radar (GPR). Sistem ini menggunakan gelombang radio dan antenna. Cara kerja GPR sama seperti radar konvensional, yaitu mengirim pulsa energi antara 10 sampai 1000 MHz kedalam tanah menggunakan antenna lalu diterima pemantulannya oleh antenna receiver [3]. Metode penginduksian medan magnet merupakan konsep NDT (non-destructive testing). Metode untuk memeriksa bahan atau komponen tanpa mengganggu atau merusak fungsi dan kemampuan. Konfigurasi dari penginduksian medan magnet yaitu satu koil sebagai transmitter dan satu koil sebagai receiver yang ditempatkan pada jarak tertentu untuk mendapatkan parameter koil yang optimal. Ketika koil transmitter diberi arus listrik maka akan menghasilkan medan magnet disekitar koil yang disebut sebagai induksi medan magnet. Metode ini telah dilakukan sebelumnya untuk Identifikasi Distribusi Serbuk Logam dalam Tanah. Penelitian ini dapat mendeteksi perubahan nilai g_{gl} pada koil receiver ketika diberikan sampel tanah dan distribusi tiga jenis serbuk logam. Namun percobaan ini hanya menggunakan serbuk logam, dan belum menentukan posisi kedalaman logam [4].

Bagaimana parameter koil yang dapat mendeteksi adanya logam dalam tanah dan mengetahui kedalaman maksimum dari keberadaan logam. Rancangan koil yang digunakan diambil dari jumlah lilitan, jarak antar koil, dan frekuensi optimum. Dari parameter koil yang didapat, dilakukan pengukuran kedalaman logam sehingga data hasil pengukuran digunakan untuk ekstrapolasi hingga kedalaman maksimum keberadaan logam.

2. Metode Penelitian

2.1. Karakterisasi Koil

Karakterisasi koil dilakukan menggunakan LCR meter untuk mengetahui nilai induktansi dan resistansi dari parameter dimensi koil. LCR meter dikalibrasi sebelum mengukur nilai induktansi dan resistansi koil.

2.2. Frekuensi Kerja

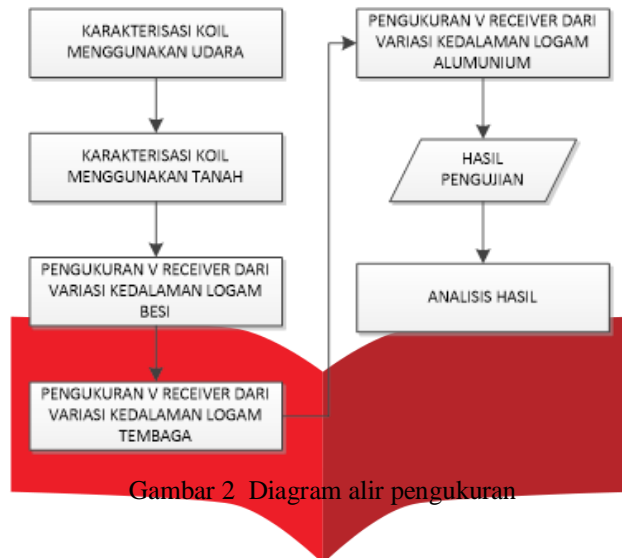
Untuk mendapatkan nilai frekuensi kerja pada tiap pasangan koil, dilakukan pengujian pemberian variasi nilai frekuensi menggunakan Function Generator sebagai Generator Output pada koil transmitter dan dibaca nilai tegangannya pada koil receiver menggunakan Osiloskop. Rentang nilai frekuensi yang diberikan 10 KHz sampai 1350 KHz dengan input 10 Vpp. Dalam mencari nilai frekuensi kerja, dilakukan dua kondisi, yaitu tanpa objek (udara) dan dengan objek (tanah).



Gambar 1 Rangkaian untuk mendapatkan nilai frekuensi kerja tanpa objek (udara)

2.3. Pengukuran Variasi Posisi Logam dalam Tanah

Diagram alir kegiatan pengukuran yang akan dilakukan secara lebih rinci untuk menghasilkan hasil pengukuran variasi kedalaman logam. Analisis akan diproses dari data hasil pengukuran yang di interpolasi dan ekstrapolasi untuk menentukan kedalaman maksimum logam dalam tanah.



Gambar 2 Diagram alir pengukuran

3. Hasil dan Analisa

3.1. Karakterisasi Koil

Hasil pengukuran nilai induktansi dan resistansi pada koil transmitter dan receiver menggunakan LCR Meter serta informasi dimensi tiap koil yang merupakan bagian dari pengarakterisasian koil.

Tabel 1 Hasil Karakterisasi Koil

Kumparan		Induktansi	Resistansi	Panjang	Diameter Kawat Kumparan	Diameter Inti Besi
200 Lilitan	Transmitter	1,81 mH	2,27 Ω	3,5 cm	0,3 mm	1 cm
	Receiver	1,72 mH	2,24 Ω			
300 Lilitan	Transmitter	4,61 mH	3,72 Ω	3,5 cm	0,3 mm	1 cm
	Receiver	4,33 mH	3,76 Ω			
400 Lilitan	Transmitter	7,46 mH	4,88 Ω	3,5 cm	0,3 mm	1 cm
	Receiver	7,22 mH	4,71 Ω			

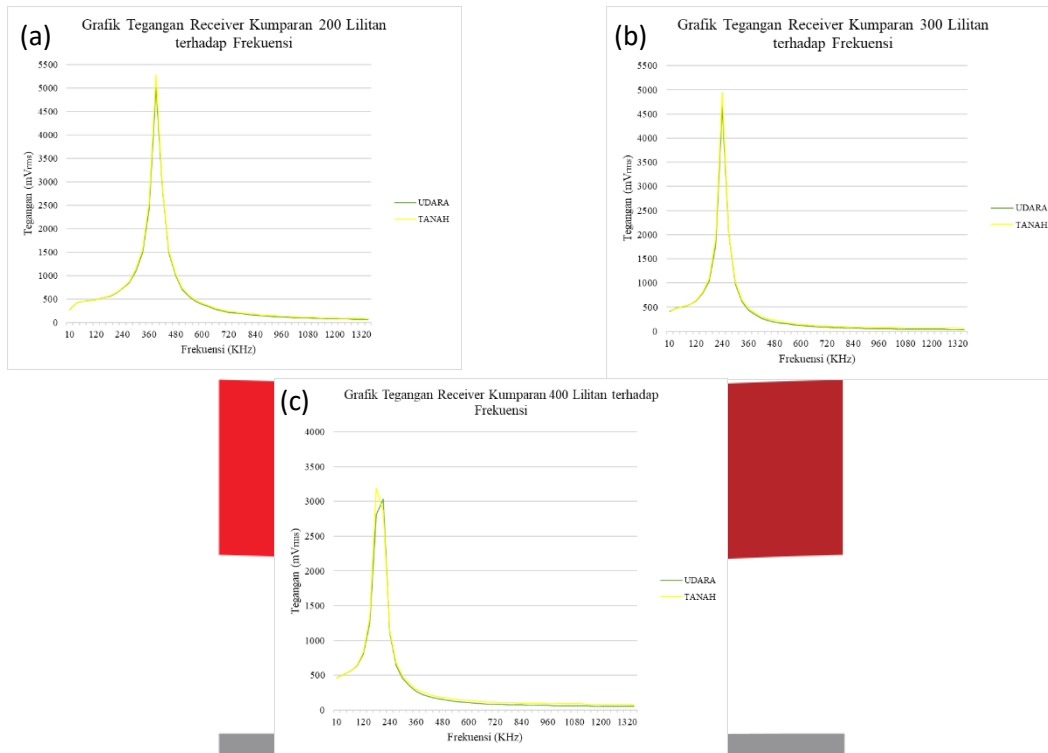
Perbedaan nilai induktansi dan resistansi pada tiap pasang transmitter dan receiver disebabkan oleh faktor kualitas induktor kumparan, yaitu perbedaan nilai induktansi yang dipengaruhi oleh kerapatan antar lilitan dengan inti. Pada Tabel 1 juga membuktikan semakin banyak jumlah lilitannya, maka nilai induktansi akan semakin besar.

3.2. Frekuensi Kerja

Data nilai tegangan pada koil receiver dari rentang nilai frekuensi yang diberikan pada tiap pasangan koil transmitter diplot menjadi grafik pada Gambar 3 untuk kondisi tanpa objek (udara) dan kondisi dengan objek (tanah).

Pada kondisi tanpa objek (udara) dan dengan objek (tanah) nilai frekuensi kerja ditunjukkan oleh puncak tertinggi grafik yang merupakan nilai tegangan terbesar. Pada pasangan koil dengan 200 lilitan, nilai frekuensi kerjanya adalah 390 KHz dalam kondisi tanpa objek (udara) dan dengan objek (tanah). Pada pasangan koil dengan 300 lilitan, nilai frekuensi kerjanya saat kondisi tanpa objek (udara) dan dengan objek (tanah) juga sama, yaitu pada frekuensi 240 KHz. Sementara pada pasangan koil dengan 400 lilitan, terjadi pergeseran nilai frekuensi kerja, dari 210 KHz saat kondisi tanpa objek (udara), menjadi 180 KHz dalam kondisi dengan objek

(tanah). Pengambilan data pengukuran kedalaman logam pada pasangan koil dengan 400 lilitan menggunakan nilai frekuensi kerja tanpa objek (udara) yaitu pada frekuensi 210 KHz.



Gambar 3 Nilai Frekuensi Kerja Tanpa Objek (Udara) dan Dengan Objek (Tanah) (a) 200 Lilitan, (b) 300 Lilitan, (c) 400 lilitan

Pada 3 variasi lilitan koil, frekuensi kerja pada 200 dan 300 lilitan tidak mengalami perubahan saat sebelum diberi tanah laterit (udara) dan sesudah diberi tanah laterit (tanah) karena jumlah lilitan yang mempengaruhi hasil induksi medan magnet. Selisih nilai tegangan saat sebelum diberi tanah laterit (udara) dan sesudah diberi tanah laterit (tanah) menunjukkan terjadinya Matching Impedance yaitu transfer daya maksimum dari sumber (koil) ke beban (udara dan tanah). Dalam pengukuran, akan digunakan nilai frekuensi kerja 210 KHz pada koil 400 lilitan karena merupakan nilai frekuensi yang menghasilkan tegangan tertinggi dalam kondisi sebelum diberi tanah laterit (udara).

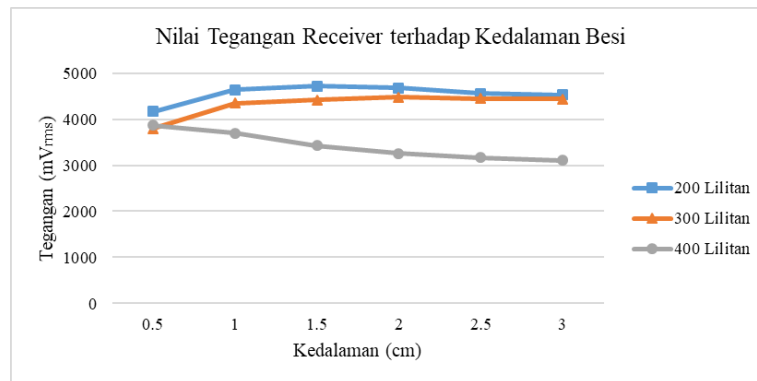
Tabel 2 Analisis Frekuensi Kerja

Frekuensi Kerja	Jumlah Lilitan	Sebelum diberi tanah laterit (V_{rms})	Sesudah diberi tanah laterit (V_{rms})	ΔV Receiver	Keterangan
390 KHz	200	5,010	5,280	0,27 V_{rms}	tegangan mengalami kenaikan
240 KHz	300	4,660	4,950	0,29 V_{rms}	tegangan mengalami kenaikan
210 KHz	400	3,030	2,860	0,17 V_{rms}	tegangan mengalami penurunan
180 KHz	400	2,810	3,190	0,38 V_{rms}	tegangan mengalami kenaikan

3.3. Pengukuran Variasi Posisi Logam dalam Tanah

3.3.1 Besi

Pengukuran kedalaman logam besi menggunakan 3 pasang koil dengan jumlah lilitan yang berbeda, namun terjadinya penurunan nilai tegangan hanya pada koil 400 lilitan. Gradien grafik logam besi yang tidak terlalu curam penurunannya pada koil 400 lilitan menunjukkan sifat ferromagnetik logam besi. Pada koil 200 lilitan, nilai tegangan mengalami kenaikan hingga posisi kedalaman 1.5 cm dan setelahnya mengalami penurunan hingga kedalaman 3 cm. Pada koil 300 lilitan, nilai tegangan mengalami kenaikan sampai kedalaman 2 cm dan setelahnya mengalami penurunan hingga kedalaman 3 cm. Data pengukuran kedalaman logam besi diplot menjadi grafik pada Gambar 4.



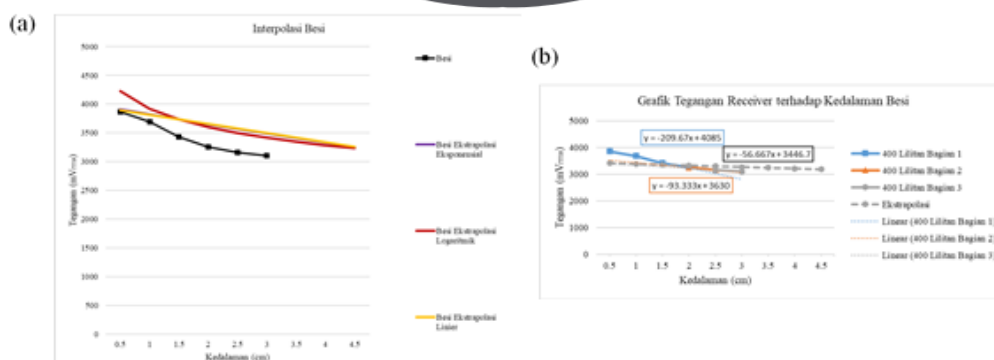
Gambar 4 Pengaruh nilai tegangan receiver terhadap kedalaman Besi menggunakan 3 variasi jumlah lilitan koil

Untuk memperkirakan kemampuan maksimum koil dalam mendeteksi kedalaman besi, dilakukan interpolasi dari data pengukuran yang sudah didapat hingga kedalaman 3 cm. Setelah interpolasi, maka dilakukan ekstrapolasi, mencari nilai diluar dari data yang didapat untuk menentukan kedalaman maksimum. Data diolah untuk 4 solusi pendekatan yang berbeda, persamaan tiap solusi pendekatan mempunyai error, sehingga ekstrapolasi sampai kedalaman 4,5 cm yang dihasilkan berbeda. Persamaan dan nilai kedalaman maksimum tersebut dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3 Persamaan Interpolasi dan kedalaman maksimum pada Besi

Logaritmik	Eksponensial	Linier	Partisi Linier
$y = -0,454\ln(x) + 0,39168 V_{rms}$	$y = 4,003e^{-0,046x} V_{rms}$	$y = -0,15886x + 3,9749 V_{rms}$	$y = -0,056667x + 3,4467 V_{rms}$
$x = 4,5 \text{ cm}, y = 3,233 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 3,254 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 3,260 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 3,191 V_{rms}$

Tiap solusi persamaan dilakukan ekstrapolasi untuk mencari kedalaman maksimum hingga 4,5 cm dari tiap persamaan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.

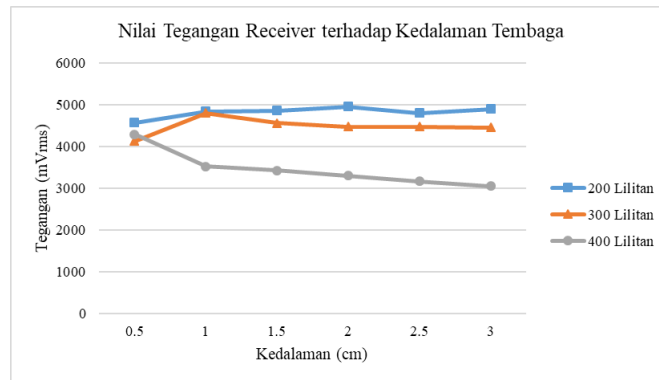


Gambar 5 Hasil ekstrapolasi pada Besi (a) Interpolasi Logaritmik, Eksponensial, dan Linier (b) Interpolasi Partisi Linier

Pada besi, ekstrapolasi partisi linier menunjukkan nilai tegangan paling kecil pada kedalaman 4,5 cm dibandingkan dengan pendekatan lainnya. Garis hasil ekstrapolasi partisi linier pada besi juga lebih berimpit dengan garis hasil pengukuran secara eksperimental. Namun keakuratan partisi linier yang didapat dari 2 data pengukuran kedalaman terakhir sangat kecil. Jika dilihat pendekatan non linier pada ekstrapolasi logaritmik di kedalaman 4,5 cm menunjukkan nilai tegangan terkecil kedua setelah pendekatan partisi linier.

3.3.2 Tembaga

Hasil pengukuran kedalaman tembaga menunjukkan penurunan nilai tegangan pada tiap receiver pasangan koil yang paling signifikan terhadap kedalaman yaitu pada koil 400 lilitan. Hasil pengukuran oleh ketiga variasi lilitan koil terhadap kedalaman tembaga di gambarkan dalam grafik pada Gambar 6.



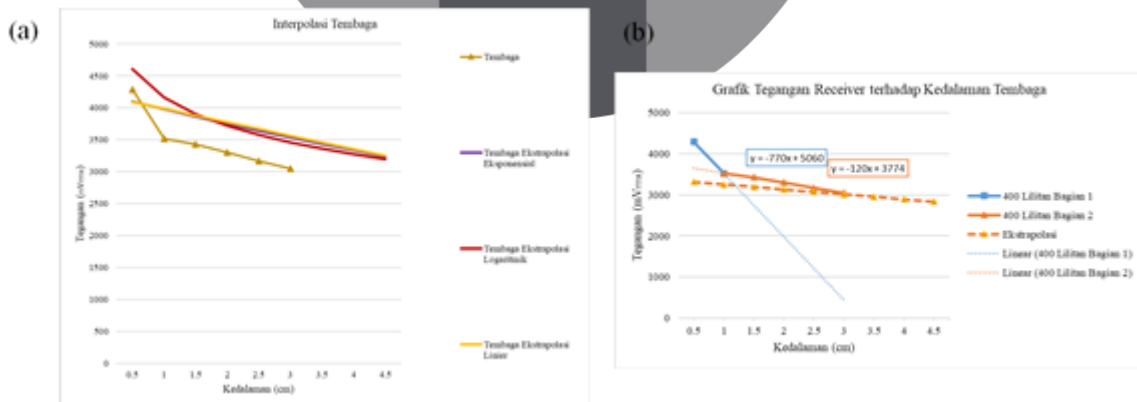
Gambar 6 Pengaruh nilai tegangan receiver terhadap kedalaman Tembaga menggunakan 3 variasi jumlah lilitan koil

Hasil Interpolasi pada data pengukuran kedalaman tembaga menggunakan 4 pendekatan dan perkiraan nilai kedalaman maksimum (x) ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Interpolasi pada Tembaga

Logaritmik	Eksponensial	Linier	Partisi Linier
$y = -0,6443\ln(x) + 4,1665 V_{rms}$	$y = 4,2244e^{-0.059x} V_{rms}$	$y = -0,21086x + 4,198 V_{rms}$	$y = -0,12x + 3,374 V_{rms}$
$x = 4,5 \text{ cm},$ $y = 3,197 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm},$ $y = 3,239 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm},$ $y = 3,249 V_{rms}$	$x = 4,5 \text{ cm},$ $y = 2,834 V_{rms}$

Hasil tiap ekstrapolasi dibandingkan dengan hasil pengukuran dan ektrapolasi partisi linier menunjukkan nilai error terkecil karena grafiknya yang berimpit. Ekstrapolasi pada tembaga ditampilkan pada Gambar 7.

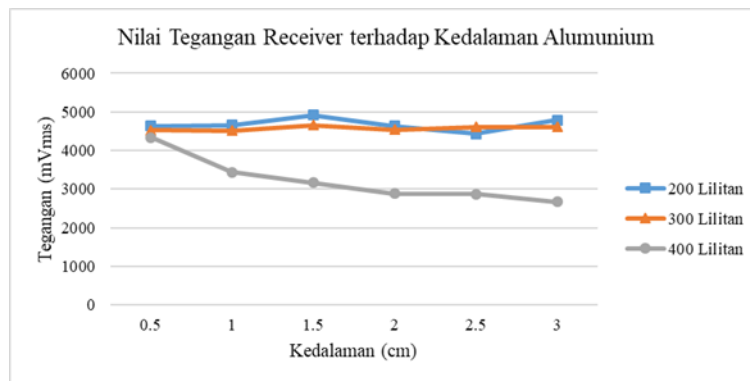


Gambar 7 Hasil ekstrapolasi pada Tembaga (a) Interpolasi Logaritmik, Eksponensial, dan Linier (b) Interpolasi Partisi Linier

Pada tembaga, tingkat ke akuratan hasil ekstrapolasi partisi liniernya lebih besar daripada partisi linier pada besi karena ekstrapolasi dilakukan tanpa menggunakan data pengukuran kedalaman 0,5 dan 1 cm. sehingga jika dibandingkan dengan pendekatan non linier, pendekatan partisi linier pada tembaga hingga kedalaman 4,5 cm menghasilkan nilai tegangan terkecil dan akurat.

3.3.3 Alumunium

Data pengukuran kedalaman aluminium yang menunjukkan respon penurunan nilai tegangan pada setiap titik kedalaman adalah koil 400 lilitan. Gradien dari grafik koil 400 lilitan pada aluminium lebih curam di bandingkan dengan besi dan tembaga. Nilai tegangan pada titik kedalaman 3 cm aluminium mencapai 2,667 Vrms merupakan nilai terendah dibandingkan dengan besi dan tembaga pada titik kedalaman yang sama. Hasil pengukuran kedalaman aluminium diplot dalam grafik pada Gambar 8.



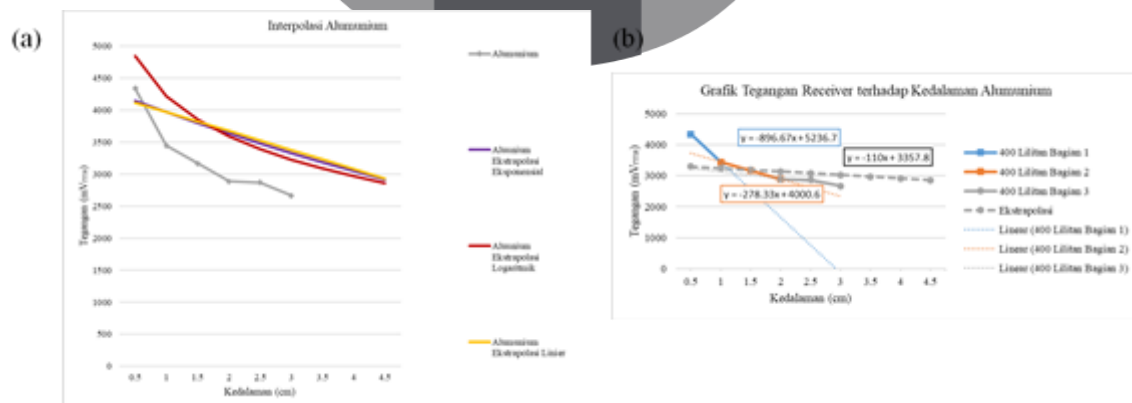
Gambar 8 Hasil pengukuran kedalaman Aluminium menggunakan 3 variasi jumlah lilitan koil

Hasil Interpolasi pada data pengukuran kedalaman aluminium menggunakan 4 pendekatan ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Persamaan Interpolasi pada Alumunium

Logaritmik	Ekspensial	Linier	Partisi Linier
$y = -0,9014\ln(x) + 4,2174 \text{ Vrms}$	$y = 4,3324e^{-0.088x} \text{ Vrms}$	$y = -0,29619x + 4,2656 \text{ Vrms}$	$y = -0,11x + 3,3578 \text{ Vrms}$
$x = 4,5 \text{ cm}, y = 2,861 \text{ Vrms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 2,915 \text{ Vrms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 2,932 \text{ Vrms}$	$x = 4,5 \text{ cm}, y = 2,862 \text{ Vrms}$

Ekstrapolasi dari persamaan pada tabel 5 ditampilkan dalam grafik pada Gambar 9 untuk melihat nilai tegangan sampai kedalaman 4,5 cm dari tiap pendekatan ekstrapolasi yang dilakukan.



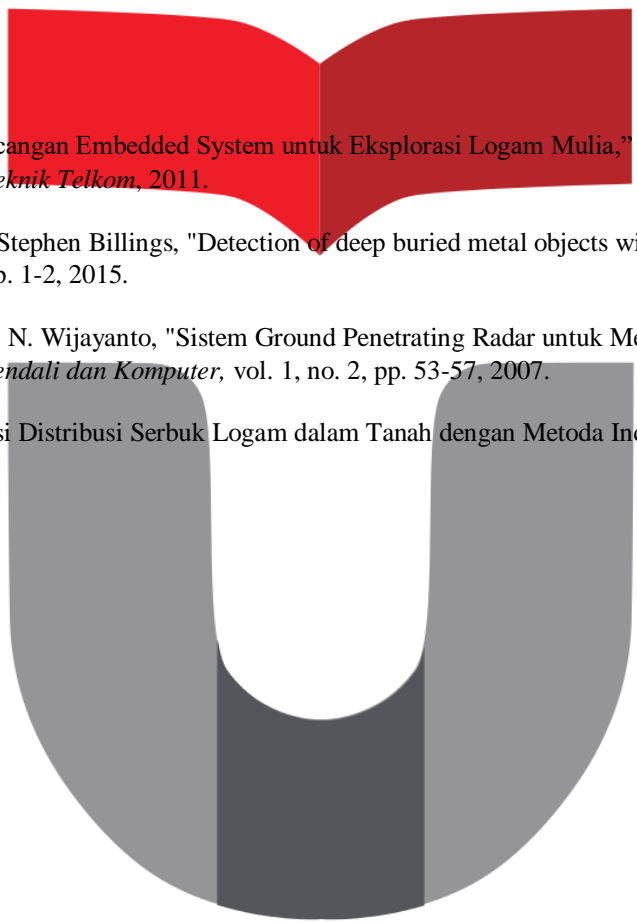
Gambar 9 Hasil ekstrapolasi pada Alumunium (a) Interpolasi Logaritmik, Ekspensial, dan Linier (b) Interpolasi Partisi Linier

4. Kesimpulan

Koil dapat menentukan keberadaan logam dalam tanah dengan optimal menggunakan kumparan 400 lilitan pada frekuensi 210 KHz. Parameter ini hanya berlaku untuk pengukuran menggunakan plat logam besi, tembaga, dan aluminium yang berukuran 5x5 cm dengan ketebalan 0,2 cm yang diposisikan horizontal di kedalaman tanah laterit yang homogen.

Nilai kedalaman maksimum dalam menentukan posisi logam dalam tanah menggunakan 4 pendekatan ekstrapolasi terbatas hingga kedalaman 4,5 cm karena data pengukuran yang didapat hingga kedalaman 3 cm. Pada logam besi, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan terkecil menggunakan ekstrapolasi logaritmik $y = -0,454\ln(x) + 3,9168$ Vrms yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 3,233 Vrms. Pada logam tembaga, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan terkecil menggunakan ekstrapolasi partisi linier $y = -0,12x + 3,374$ Vrms yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 2,834 Vrms. Pada logam aluminium, kedalaman maksimum dengan nilai tegangan terkecil menggunakan ekstrapolasi logaritmik $y = -0,9014\ln(x) + 4,2174$ Vrms yaitu posisi 4,5 cm dengan nilai tegangan 3,861 Vrms.

Daftar Pustaka:

- 
- [1] N. Hendrarini, "Perancangan Embedded System untuk Eksplorasi Logam Mulia," dalam *Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom*, 2011.
- [2] D. M. C. & M. L. Dr Stephen Billings, "Detection of deep buried metal objects with the UltraTEM," *ASEG Extended Abstracts*, pp. 1-2, 2015.
- [3] F. Oktafiani, S. and Y. N. Wijayanto, "Sistem Ground Penetrating Radar untuk Mendeteksi," *Jurnal Informatika, Sistem Kendali dan Komputer*, vol. 1, no. 2, pp. 53-57, 2007.
- [4] J. Pramesti, *Identifikasi Distribusi Serbuk Logam dalam Tanah dengan Metoda Induksi Medan Magnet*, Bandung, 2018.