

# PERANCANGAN DAN SIMULASI PENGOLAHAN CITRA 3D UNTUK SINYAL GROUND PENETRATING RADAR (GPR) MENGUNAKAN GPRMAX

(DESIGN AND SIMULATION 3D IMAGE PROCESSING

FOR GROUND PENETRATING RADAR SIGNAL USING GPRMAX)

Yuda Nugraha<sup>1</sup>, Heroe Wijanto<sup>2</sup>, Antonius Dharma Setiawan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>yudanugraha@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>heroe@telkomuniversity.ac.id,

---

## ABSTRAK

Ground Penetrating Radar (GPR) merupakan salah satu jenis radar yang digunakan untuk mendeteksi suatu objek yang berada didalam tanah tanpa harus menggali. Antena GPR mengirimkan sinyal elektromagnetik kedalam tanah lalu menyentuh benda atau target sehingga menghasilkan gelombang pantul yang kemudian diterima oleh antena penerima. Beberapa pemrosesan sinyal yang dilakukan meliputi *A-scan*, *B-scan*, dan *C-scan*. Pada *A-scan* dilakukan *scanning* GPR vertikal satu dimensi serta pembersihan sinyal. Pada *B-scan* dilakukan pemrosesan sinyal bersih sehingga diperoleh data sinyal secara 2 dimensi irisan vertikal dari permukaan tanah. Pada tahap *C-scan* dilakukan pengolahan sinyal beberapa informasi *B-scan* bersih menjadi data estimasi profil objek tanah sehingga diperoleh pengolahan sinyal berupa 3 dimensi.

Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan proses deteksi keberadaan pipa bawah tanah menggunakan pengolahan pemrosesan sinyal berbasis *C-scan* pada GPR. Secara umum pengolahan *C-scan* melibatkan tahap pengaturan data masukan (data *B-scan*), tahap pengkonstruksian data *C-scan horizontal view* (raw dan *interpolated information*), secara tahap estimasi lokasi keberadaan objek bawah tanah. Pada tahap pengaturan data masukan, dibutuhkan data-data *B-scan* yang telah memenuhi syarat yang telah ditentukan. Pada tahap pengkonstruksian *horizontal view*, diperlukan teknik interpolasi dan teknik penskalaan terhadap data aktual lapangan. Pada tahap estimasi keberadaan objek bawah tanah, semua informasi keberadaan objek dari data *C-scan* yang meliputi koordinat tiga dimensi objek divisualisasi dalam informasi dengan penskalaan aktual lapangan.

Kata kunci : GPR, C-Scan, Pengolahan sinyal

---

## ABSTRACT

Ground Penetrating Radar (GPR) is one type of radar that is used to detect an object that is inside the ground without having to dig it. GPR antenna sends electromagnetic signals into the ground and then touches objects or targets to produce reflected waves which are then received by the receiving antenna. Some of the signal processing carried out includes A-scan, B-scan, and C-scan. On A-scan, one-dimensional vertical GPR scanning and signal cleaning are performed. On B-scan resistance, signal processing is carried out so that signal data is obtained in 2-dimensional vertical slices from the ground. In the C-scan stage, the signal processing of some B-scan information is carried out to become an estimation of soil object profile data so that signal processing in the form of 3 dimensions is obtained.

In this Final Project, the detection process of underground pipes will be carried out using C-scan-based signal processing at GPR. In general, C-scan processing involves setting the input data (B-scan data), constructing the data C-scan horizontal view (raw and interpolated information), estimating the location of underground objects in stages. In the data entry stage, B-scan data is needed that has fulfilled the conditions that have been determined. At the horizontal view construction stage, interpolation techniques and scaling techniques are needed for the actual field data. In the stage of estimating the existence of underground objects, all information on the existence of objects from C-scan data which includes three-dimensional coordinates of objects is visualized in the information with actual field alignment.

Keyword : GPR, C-Scan, Signal Processing

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan radar saat ini sudah sangat berkembang pesat. Pengaplikasiannya sudah di berbagai bidang, diantaranya adalah militer, kesehatan, olah raga, dan berbagai bidang lainnya. Di bidang teknik geofisika radar digunakan untuk melakukan *Non-Destructive Test* (NDT) dengan mempergunakan *Ground Penetrating Radar* (GPR).

Metode ini menggunakan gelombang elektromagnetik untuk menelusuri tanah dengan rugi-rugi materialnya rendah. Pada awal kemunculannya, pengaplikasian GPR adalah untuk mendeteksi bahan geologi alam. Sekarang GPR juga diterapkan dengan baik untuk sejumlah media lainnya seperti kayu, beton, aspal, dan besi [1]. GPR memancarkan gelombang elektromagnetik ke tanah lalu mengenai benda sehingga menghasilkan gelombang pantul yang akan diterima oleh penerima, dan diteruskan pada proses pengolahan sinyal.

Umumnya pada pengolahan sinyal, data GPR sudah diproses dan ditampilkan dengan format A-,B-,C-scan [2]. *A-Scan* meliputi data *scanning* GPR satu dimensi berupa perbaikan dan pendeteksian objek satu dimensi, *B-Scan* kumpulan data dari *A-Scan* untuk pemrosesan data dua dimensi, serta *C-Scan* kumpulan data dari *B-Scan* untuk pemrosesan data tiga dimensi.

Untuk mendapatkan data *C-Scan*, proses pembentukannya dengan cara menggabungkan data *B-Scan* yang terekonstruksi dari visualisasi bidang (x,z) dengan mengambil cuplikan nilai-nilai tertentu didaerah Y [3]. Untuk mempermudah analisis dilakukan penyusunan irisan dalam bentuk vertikal dan bentuk horizontal. Pada penyusunan irisan vertikal, data *B-Scan* diurutkan berdasarkan urutan *load*. Pada penyusunan irisan horizontal yaitu dengan cara mencari nilai maksimum perkolom [4].

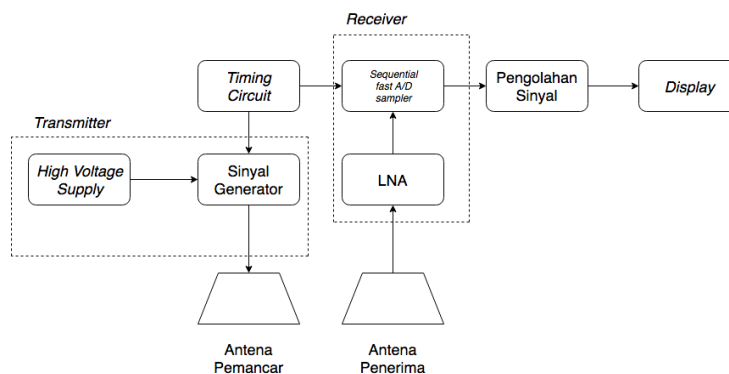
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Ground Penetrating Radar

*Ground penetrating radar* (GPR) merupakan teknik geofisika yang diterima dengan baik. Metode ini menggunakan gelombang radio untuk menyelidiki tanah dengan rugi-rugi material dielektriknya rendah. Pada awal kemunculannya, pengaplikasian utama GPR adalah untuk bahan geologi alam. Sekarang GPR juga diterapkan dengan baik untuk sejumlah media lainnya seperti kayu, beton, dan aspal [1].

### 2.2. Prinsip Kerja GPR

*Ground Penetrating Radar* (GPR) dibagi menjadi blok pemancar dan blok penerima. Pada blok pemancar yaitu antenna dihubungkan ke generator sinyal dan pada blok penerima antenna dihubungkan ke LNA (*Low Noise Amplifier*) dan ADC. Sistem dapat diilustrasikan seperti diagram blok yang ditampilkan pada Gambar 2.1 [2].



**Gambar 2. 1** Diagram blok sistem GPR [2].

*Pemancar* membangkitkan sinyal listrik yang dipancarkan oleh antenna ke dalam tanah. Kemudian sinyal ini akan mengalami atenuasi sepanjang jalur propagasi di dalam tanah. Disebabkan atenuasi eksponensial sepanjang jalur propagasi. Tingkat daya dari pantulan semakin kecil jika tanah bersifat homogen. Jika sinyal menabrak suatu inhomogenitas di dalam tanah, maka akan ada sinyal yang dipantulkan ke antenna penerima. Sinyal ini kemudian diproses oleh rangkaian penerima.

Untuk mencari kedalaman dari objek yang terkubur, dapat diketahui dengan mengukur selang waktu saat transit dan saat sinyal diterima. Pada selang waktu ini, sinyal akan bolak-balik dari antenna pemancar ke objek dan kembali lagi ke antenna penerima [1].

$$h = \frac{1}{2}tv_r \quad (2.1)$$

Ketika fungsi  $t$  menyatakan selang waktu, dan  $v_r$  merupakan kecepatan propagasi gelombang elektromagnetik, maka fungsi  $h$  menyatakan kedalaman objek. Untuk mengetahui kedalaman objek yang terdeteksi, lihat pada persamaan berikut [2].

$$v_r = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.2)$$

Dimana  $c$  merupakan konstanta kecepatan cahaya dan  $\epsilon_r$  merupakan permitifitasrelatif.

Kecepatan rambat gelombang elektromagnetik harus diketahui, kecepatan cahaya udara mempengaruhi dari kecepatan perambatan, serta konstanta dielektrik relatif medium perambatan. Adapun ketebalan beberapa medium di dalam tanah dinyatakan dalam  $d$ , yaitu [2].

$$d = v_r \frac{t}{2} \quad (2.3)$$

Dimana  $t$  merupakan waktu transit.

### 2.3. Pengolahan Sinyal

Setelah pengukuran, data diproses dan ditampilkan pada komputer. Untuk menampilkan data berupa gambar, umumnya data GPR diproses dan ditampilkan dalam bentuk A-, B-, atau C-Scan seperti yang ditampilkan pada gambar 2.3. Proses yang diaplikasikan pada format data dapat diklasifikasikan secara luas sebagai Prosesing sinyal A-Scan, Prosesing sunyal B-Scan (penentuan koordinat x, y, z dapat dipertukarkan), Prosesing sinyal C-Scan (data spasial dapat digunakan untuk merekonstruksi representasi gambar 3 dimensi) [1]. Ilustrasi sinyal A-,B-,C-Scan dapat dilihat pada gambar 2.7.

#### 2.3.1 A-Scan

Pada tahap A-Scan dilakukan pembersihan sinyal pantul dari objek yang diinginkan terhadap sinyal pantul dari clutter [1]. Pada pemrosesan A-Scan terdapat 5 tahapan pemrosesan sinyal, yaitu [2].

##### a. Zero Offset Removal

Sebuah operasi untuk memastikan bahwa nilai rata-rata dari A-Scan mendekati nol. Diasumsikan distribusi probabilitas amplitude A-Scan simetris pada nilai rata-rata dan tidak miring, nilai rata-rata waktu pendek konstan pada durasi waktu A-Scan.

##### b. Clutter reduction

*Clutter reduction* dilakukan dengan cara mengurangi setiap sample A-Scan dengan rata-rata dari kumpulan A-Scan atau B-Scan yang diambil dari daerah tertentu yang di kehendaki. *Clutter reduction* dapat dicapai menggunakan subtracting setiap nilai rata-rata A-Scan dari berbagai daerah A-Scan atau B-Scan yang dialihkan [2].

$$A'_{n,a}(t) = A_{n,a} - \frac{1}{Na} \sum_{a=1}^{Na} A_{n,a}(t) \quad (2.4)$$

dimana  $n$  merupakan 1 sampai N, N = nomor sampel,  $a = 1$  sampai  $N_a$ ,  $N_a =$  nomor dari bentuk gelombang A-Scan,  $A_{n,a}(t) =$  A-Scan sebelum diproses,  $A'_{n,a}(t) =$  A-Scan setelah diproses.

##### c. Noise Reduction

*Noise Reduction* bertujuan untuk mereduksi variasi *noise* dengan faktor  $\sqrt{N}$  dan memberikan peningkatan rasio *signal to noise* yang setara dengan  $10\log_{10} N$ . Persamaan umum dari operasi *filtering* didapat dari [2].

$$A'_n(t) = A'_{n-1}(t) + \frac{[A_n(t) - A'_{n-1}(t)]}{K} \quad (2.5)$$

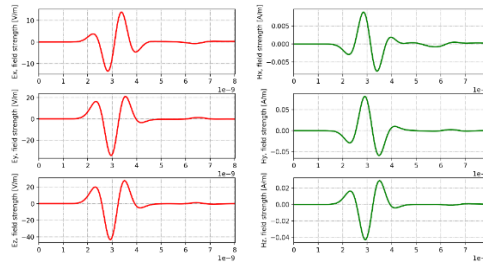
Dimana  $A'_n(t) =$  nilai rata-rata,  $A_n(t) =$  nilai sebelumnya,  $K =$  faktor yang dipilih agar berhubungan untuk  $n$ , N atau nilai tetap.

##### d. Ground Reflection Removal

Fungsi dari *Ground Reflection Removal* adalah untuk menghilangkan pantulan antara permukaan tanah dengan antena.

e. *Background Removal*

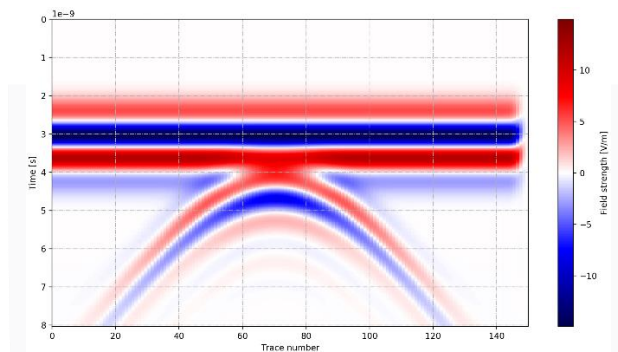
*Background removal* merupakan proses pemisahan lingkungan dari target agar hasil B-Scan dapat ditampilkan dengan baik.



Gambar 2. 2 sinyal A-Scan.

2.3.2. *B-Scan*

*B-Scan* yang diproses akan mendapatkan hasil yang optimal jika data *A-Scan* merupakan data dari proses yang optimal. Karena pada pemrosesan *B-Scan*, data input yang digunakan didapat dari pengolahan sinyal bersih *A-Scan*. Demikian juga pada pemrosesan *C-Scan*, data input didapat dari pengolahan sinyal bersih *B-Scan*, sehingga hasil pengolahan sinyal bersih *B-Scan* harus optimal [2].



Gambar 2. 3 Sinyal B-Scan

2.3.3. *C-Scan*

*C-scan* adalah gambar 3 dimensi yang terdefinisi atas sistem koordinat  $x \times z \times t$ . Biasanya dijelaskan sebagai *a cross tract x along track x time*, dan merupakan radagram yang paling informatif [5]. Dengan kata lain, *C-Scan* terbentuk dari kumpulan B-Scan dengan cara mengambil cuplikan nilai-nilai yang direkonstruksi dari visualisasi bidang  $(x,z)$  [2].

3. Perancangan dan Simulasi

3.1. Spesifikasi Sistem

3.2. Spesifikasi Sistem

Spesifikasi sistem ditentukan berdasarkan hasil perhitungan dan analisis penulis sebelumnya [3]. Berikut merupakan sistem yang digunakan tertulis pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Sistem

Nama Spesifikasi	Nilai
Frekuensi	600 Mhz
Sinyal basis	Ricker
Time Window	8 ns

3.3. Simulasi

Pada penelitian ini menggunakan simulasi dan perhitungan yang aktual pada *GPR Test-Range*. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak GPRmax. GPRmax merupakan perangkat lunak tanpa *interface* menggunakan metode FDTD yang dioperasikan melalui terminal. Bahasa yang digunakan adalah Python 3.6 melalui aplikasi tambahan yang dinamakan Miniconda 3.6. Proses untuk mendapatkan sinyal A-Scan yaitu dengan memasukan parameter diinginkan. Format inputan harus berupa “.in” agar dapat diproses menjadi sinyal keluaran berupa “.out”.

```

konduktor2benda_z_25_25_2_475_Bscan.in
1 B-scan 2 Benda
2
3 #domain: 1.8 1.0 0.95
4 #dc_dzdz: 0.01 0.01 0.01
5 #time_window: 0e-9
6
7 #material: 3 0.01 1 0 sand
8
9 #waveform: ricker 1 600e6 my_ricker
10 #hertzian_dipole: z 0.1 1.7 0.475 my_ricker
11 #rx: 0.3 1.7 0.475
12 #rx_steps: 0.01 0 0
13 #rx_steps: 0.01 0 0
14
15 #box: 0 0 0 1.8 1.7 0.95 sand
16 #cylinder: 0.9 1.45 0.1 0.9 1.45 1.9 0.1016 pec
17 #cylinder: 1.4 1.45 0.1 1.4 1.45 1.9 0.1016 pec
18 #geometry_view: 0 0 0 1.8 1.8 0.94 0.01 0.01 0.01 cylinder_sand n
    
```

Gambar 3. 1 Contoh Tampilan Data Masukan

```

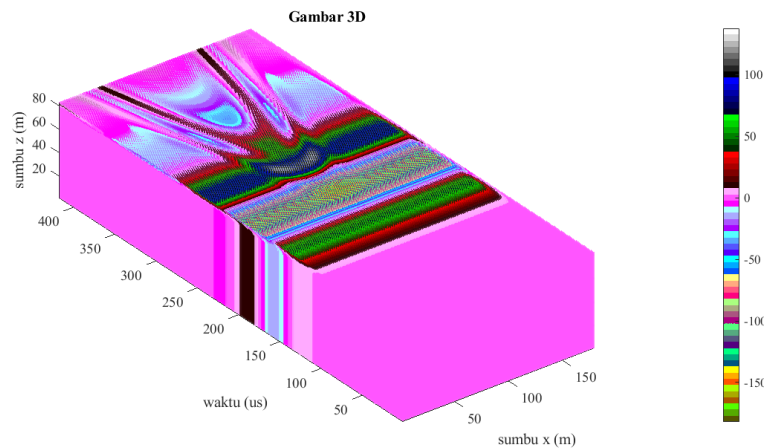
konduktor2benda_z_25_25_2_475_Bscan1.out
1 0940 4446 010a 1a0a 0000 0000 0000 0000
2 0400 1000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
3 ffff ffff ffff ffff ac50 0000 0000 0000
4 ffff ffff ffff ffff 0000 0000 0000 0000
5 0000 0000 0000 0000 0100 0000 0000 0000
6 0000 0000 0000 0000 a302 0000 0000 0000
7 0100 0000 0100 0000 1300 0000 0000 0000
8 1000 1000 0000 0000 2803 0000 0000 0000
9 3003 0000 0000 0000 5452 4545 0000 0100
10 ffff ffff ffff ffff ffff ffff ffff ffff
11 0000 0000 0000 0000 201a 0000 0000 0000
12 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
13 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
14 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
15 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
16 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
17 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
18 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
19 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
20 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000
    
```

Gambar 3. 2 Contoh Tampilan Data Keluaran

#### 4. Analisis Hasil dan Perancangan

##### 4.1 Rekonstruksi Sinyal B-Scan Menjadi Sinyal C-Scan

Pada kondisi ini hasil sinyal *C-Scan* ditampilkan dalam sumbu x, waktu, dan z. bentuk sinyal digambarkan secara tiga dimensi. Seperti yang terlihat pada gambar 4.43.

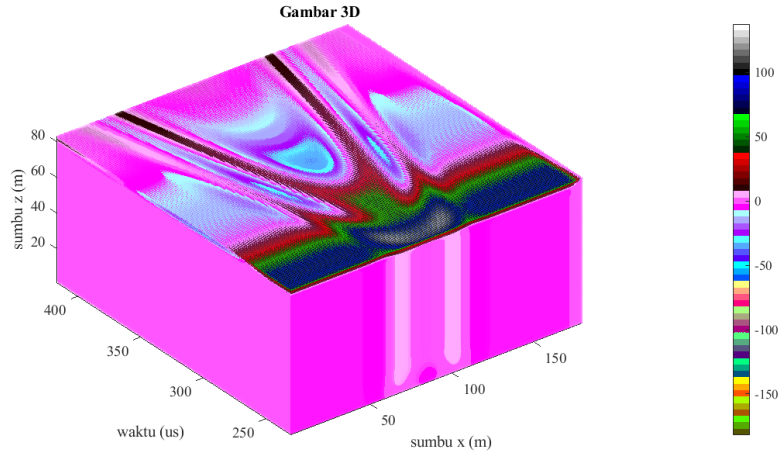


Gambar 4. 1 hasil C-Scan.

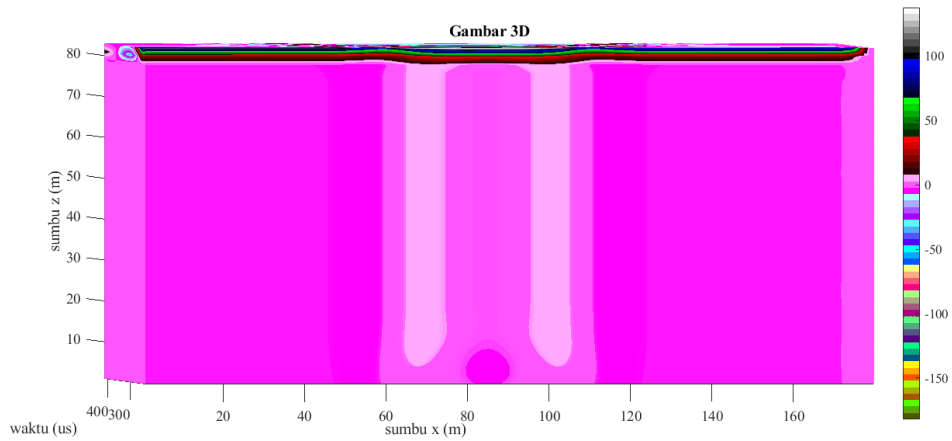
Pada gambar 4.43 skala kekuatan medan dilihat dari intensitas warna dengan satuan volt per meter ( $\frac{V}{m}$ ).

##### 4.3.1 Estimasi Bentuk Benda.

Untuk menentukan bentuk benda, dilakukan pengirisan secara horizontal terhadap sumbu waktu = 230 ns. Seperti yang terlihat pada gambar 4.44 benda yang terdeteksi berbentuk persegi panjang di sumbu x = 90 cm. dan pada gambar 4.45 ukuran benda yaitu 10 cm.



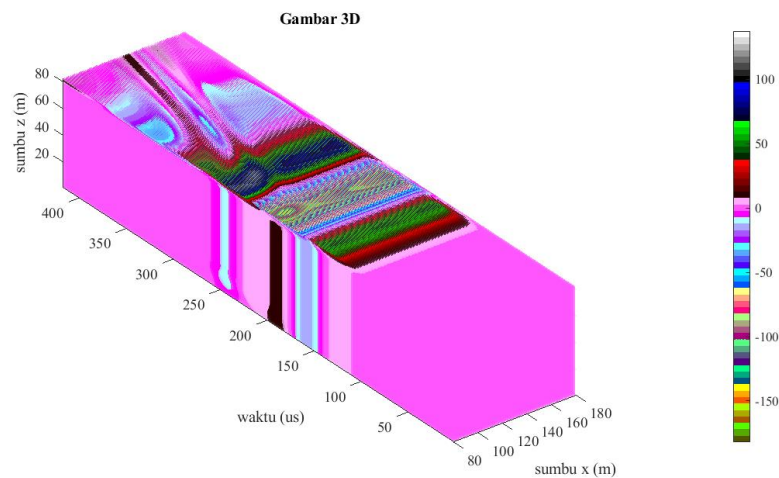
Gambar 4. 2 Irisan Horizontal.



Gambar 4. 3 Irisan Horizontal tampak atas.

**4.3.2 Estimasi Kedalaman Benda.**

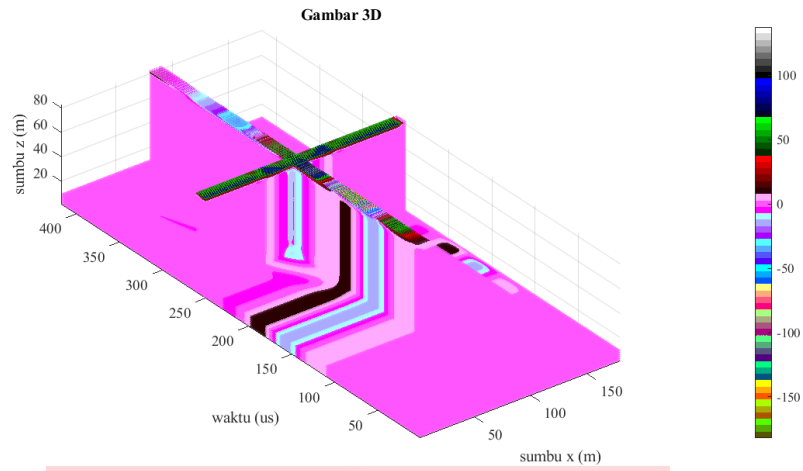
Untuk menentukan bentuk benda kedalaman benda, dilakukan pengirisan secara horizontal terhadap sumbu  $x = 80$ , didapat bahwa benda yang dideteksi berada kedalaman 25 cm. seperti yang terlihat pada gambar 4.46.



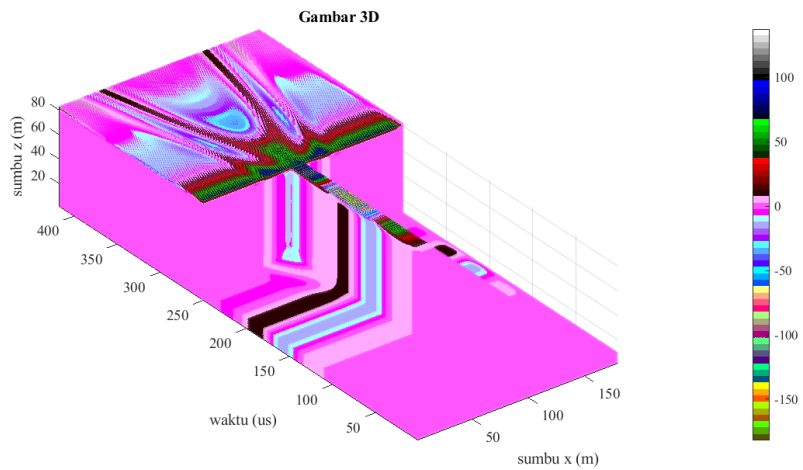
Gambar 4. 4 Irisan horizontal terhadap sumbu x.

**4.3.3 Bentuk Benda 3 Dimensi.**

Pada sub bab ini akan menampilkan bentuk benda dalam tiga dimensi dengan mengiris secara horizontal terhadap sumbu x dan sumbu waktu, seperti yang terlihat pada gambar 4.47 dan 4.48.



Gambar 4. 5 Bentuk pengirisan secara horizontal dan vertikal



Gambar 4. 6 Menampilkan bentuk benda secara tiga dimensi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] H. M. Jol, *Ground Penetrating Radar: Theory and Applications*, Kidlington: Elsevier Science, 2009.
- [2] D. J. Daniels, *Ground Penetrating Radar 2nd Edition*, London: The Institution of Electrical Engineers, 2004.
- [3] Azizah, "3-Dimensional Analysis of Ground Penetrating Radar Image for Non-Destructive Road Inspection," *IEEE*, 2011.
- [4] A. D. Prasetyo, "Deteksi Dan Estimasi Dimensi Dan Lokasi Objek Bawah Tanah Pada Aplikasi Ground Penetrating Radar (Gpr) Berbasis Pengolahan Sinyal C-Scan *Detection And Estimation Of Underground Object Dimension And Location In Ground Penetrating Radar (Gpr) Application Ba*," Universitas Telkom, Bandung, 2009.
- [5] K. Ramasubramanian, "Using a complex-baseband architecture in FMCW radar system," Texas Instruments Incorporated, Texas, 2017.
- [6] Przemyslaw Klesk, "Fast Analysis of C-Scans From Ground Penetrating Radar via 3-D Haar-Like Features With Application to Landmine Detection," *IEEE*, pp. 3996-4009, 2015.
- [7] Giannopoulos, "gprMax User Guide Release 3.1.4," The University of Edinburgh, 21 November 2018. [Online]. Available: <http://docs.gprmax.com>. [Diakses 14 Desember 2018].
- [9] Y. H. Wibowo, "Deteksi Kerusakan Kabel Telkom Bawah Tanah Menggunakan Pengolahan Citra B-SCAN Pada Ground Penetrating Radar (GPR)," Universitas Telkom, Bandung, 2011.
- [10] G. L. Charvat, "A Low-Power Radar Imaging System," 2007.
- [11] C. Ozdemir, "Migration Methods in B-scan Ground Penetrating Radar," *A Review. Mersin: Mersin University*, 2014.
- [12] Azizah, "Pemfokusan Citra Radar untuk Hasil Pemodelan," *Jurnal ELKOMIKA*, pp. 110-122, 2016.
- [13] A. a. E. J. Amin, "Pemfokusan Citra Radar untuk Hasil Pemodelan Radar Penembus Permukaan menggunakan Algoritma Migrasi Jarak," *Jurnal ELKOMIKA*, pp. 110-122, 2016.
- [14] H. J. a. T. Vladimirova, "Novel Algorithm for Landmine Detection using C-Scan Ground Penetrating Radar Signals," *IEEE*, pp. 68-73, 2017.