

PENERAPAN GROUND PENETRATING RADAR (GPR) TIPE KSD-24 UNTUK IDENTIFIKASI UTILITAS DIBAWAH PERMUKAAN JALAN

Ground Penetrating Radar (GPR) Type KSD-24 Application for Utility Identification Under Road Pavement Surface

Dani Hamdani¹, Raden Anwar Yamin², Rikal Andani³, Bhima Dhanardono⁴

^{1,2,3,4} Prodi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang
Korespondensi: dani.hamdani@politeknikpu.ac.id

Diterima: 29 September 2025,

Disetujui: 5 Desember 2025

ABSTRAK

Permasalahan penelitian ini adalah identifikasi posisi utilitas seperti jaringan pipa air minum ataupun pipa air kotor, kabel fiber optik, dan kabel listrik di bawah permukaan jalan belum terpetakan secara baik ketika akan dilaksanakan pekerjaan penggalian maupun perbaikan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan GPR tipe KSD-24 dalam mendeteksi posisi dan kondisi utilitas bawah permukaan melalui perbandingan hasil pencitraan dua frekuensi antena (300 MHz dan 800 MHz). Metode Penelitian yang digunakan adalah pengambilan data primer dari GPR merek Kodan Electronics Co., Ltd dengan tipe KSD-24, data diambil pada 2 (dua) lintasan yang melewati utilitas yang berada di bawah permukaan jalan. Selanjutnya data diolah dan diinterpretasikan dalam bentuk citra radargram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat GPR KSD-24 bisa mendapatkan informasi tentang keberadaan jaringan utilitas di bawah permukaan jalan. Hasil citra radargram dari alat GPR KSD-24 memberikan tampilan jarak dan kedalaman yang sama pada instalasi/pemasangan utilitas baik utilitas tanpa volume air/ kering seperti pipa air, rangkaian tulangan baja dan instalasi kabel. Begitu juga pada utilitas dengan tambahan volume air sebagai simulasi saluran air bawah permukaan (sub drainage). Alat GPR tipe KSD-24 diusulkan untuk masuk ke dalam kurikulum, khususnya mata kuliah Pemeriksaan Jalan dan Jembatan pada Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan dan Jembatan.

Kata kunci: Ground Penetrating Radar, GPR, citra radargram, utilitas, permukaan jalan

ABSTRACT

The research background is to identification the position of utilities such as drinking water pipes, waste water pipes, fiber optic cables, and electrical cables below the road surface that have not been properly mapped when excavation work or road preservation. This study aims to analyze the ability of the GPR KSD-24 in detecting the position and condition of subsurface utilities by comparing the imaging results of two antenna frequencies (300 MHz and 800 MHz). The research method used is primary data collection from GPR brand Kodan Electronics Co., Ltd with type KSD-24. Data collection was conducted on two paths that pass-through utilities. The data processed and interpreted in the form of radargram images. The results of the study indicate that the KSD-24 GPR tool can obtain information about the existence of utility networks below the road surface. The results of the radargram image from the KSD-24 GPR tool provide the same distance and depth display on utility installations/installations, both utilities without water volume/dry such as water pipes, steel reinforcement series and cable installations. Likewise for utilities with additional water volume as a simulation of underground drainage. The KSD-24 type GPR tool is proposed to be included in the curriculum, specifically the Road and Bridge Inspection course in the Road and Bridge Construction Technology Study Program.

Keywords: Ground Penetrating Radar, GPR, radargram image, utilities, road surface.

PENDAHULUAN

Posisi penempatan utilitas pada ruang milik jalan (rumija) sampai dengan saat ini masih banyak permasalahan. Bahkan pemilik lahan rumija yaitu Dinas Bina Marga baik pusat ataupun di daerah ketika akan melaksanakan perbaikan rekonstruksi jalan dengan penggalian atau pembongkaran selalu tertunda. Hal ini karena terdapat utilitas yang dipasang di bawah permukaan jalan milik pihak lain ketika perlu dibongkar. Dinas Bina Marga harus menunggu izin pihak lain tersebut, sehingga mengganggu jadwal pekerjaan yang telah tersusun. Permasalahan ini terjadi karena posisi utilitas belum terpetakan secara baik. Utilitas tersebut terkadang tidak diketahui pemiliknya, seperti banyak kabel fiber optik yang terpasang di bawah permukaan jalan tidak ada identitas pada kabelnya, dan posisinya sering tidak diketahui secara pasti oleh Dinas Bina Marga dan pemerintah setempat. Kasus lubang galian utilitas yang mengganggu pengguna jalan di daerah DKI Jakarta, diakses dari media Sindonews.com "Lubang Galian Kabel Utilitas Mengganggu, Bina Marga: Sudah Ada *Main Hall* (Jaringan saluran bawah tanah)" (Farabi, 2021), menjadi salah satu contoh kurangnya informasi terkait posisi jaringan utilitas di bawah permukaan jalan.

Masalah-masalah diatas seharusnya tidak terjadi, karena penempatan utilitas di rumija sudah diatur, dimana ada norma, standar, pedoman dan ketentuan (NSPK) terkait. Seperti Pedoman Nomor Pd T-13-2004-B tentang Pedoman Penempatan Utilitas Pada Daerah Milik Jalan (Ditjen Bina Marga, 2024). Serta Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010 tentang Pedoman Pemanfaatan dan Penggunaan Bagian-bagian Jalan (Kementerian PU, 2010).

Identifikasi posisi utilitas seperti jaringan pipa air minum ataupun pipa air kotor, kabel fiber optik telekomunikasi, dan kabel listrik di bawah permukaan jalan dapat menggunakan alat *Ground Penetrating Radar* (GPR) atau yang lebih dikenal dengan alat Georadar. GPR telah banyak digunakan untuk mendeteksi benda-benda bawah permukaan terutama pada bidang Arkeologi, Teknik Sipil, Geoteknik, dan dalam aplikasi Geofisika lainnya. Georadar adalah metode Geofisika, yaitu metode yang menggunakan alat untuk mengobservasi respons anomali dari gelombang elektromagnetik kepada benda di bawah permukaan jalan dengan hasil

citra radargram yang langsung dapat diamati. Metode GPR memanfaatkan radiasi dan penjaralan gelombang elektromagnetik yang memperlihatkan refleksi dari suatu material. Jenis gelombang yang digunakan adalah gelombang radio pada frekuensi tertentu pada rentang 10 MHz – 1000 MHz (Annan, 2023).

Dalam bidang Arkeologi, yaitu bidang ilmu yang mempelajari kehidupan dan kebudayaan manusia di masa lalu melalui sisa-sisa material, seperti artefak dan situs Arkeologi, alat GPR telah mengidentifikasi jalur pipa air dengan ukuran pipa 6 inci dengan kedalaman rata-rata 1 meter yang menghubungkan 10 buah katup dan 2 buah tempat penyimpanan (*reservoir*) utama di kawasan Candi Prambanan, Kabupaten Sleman, DIY (Silaban, 2016). Akurasi alat GPR pada pemeriksaan utilitas di bawah permukaan tanah yang mencapai akurasi hingga 0,10 meter akan berdampak sangat signifikan dalam meminimalkan risiko kegagalan dalam pekerjaan penggalian tanah atau struktur lainnya (Jad dan Hasyim, 2013).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, pada penelitian ini akan digunakan metode GPR untuk mengidentifikasi objek di bawah permukaan jalan (pipa besi, pipa air, kabel serat optik, dan kabel listrik). Radargram yang diperoleh dari pengukuran berisi informasi bawah permukaan terkait kedalaman, nilai kecepatan serta bentuk kurva hiperbola hasil refleksi benda anomali. Penelitian ini menggunakan alat GPR Tipe KSD-24 yang berasal dari hibah pemerintah Jepang kepada Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Kementerian PUPR. Selanjutnya dilaksanakan pengalihan Barang Milik Negara (BMN) dari Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan kepada Politeknik Pekerjaan Umum (PUtech).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan GPR tipe KSD-24 dalam mendeteksi posisi dan kondisi utilitas bawah permukaan melalui perbandingan hasil pencitraan dua frekuensi antenna (300 MHz dan 800 MHz).

Ground Penetrating Radar (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) pada bidang Geofisika sering dikenal sebagai *Ground Radar* atau Georadar, metode Geofisika ini menggunakan sinyal gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik akan dipancarkan ke dalam bumi (jalan) dan direkam oleh antenna pada saat gelombang telah

mencapai ke permukaan material. Gelombang elektromagnetik diteruskan, dipantulkan dan dihamburkan oleh struktur permukaan dan akan terjadi anomali jika terdapat utilitas di bawah permukaan. Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dan dihamburkan akan direkam oleh antena di permukaan. Metode ini dapat menghasilkan gambaran bawah permukaan dengan resolusi yang tinggi, karena gelombang yang dipancarkan oleh GPR memiliki frekuensi sekitar 10-1000Mhz (Annan, 2023).

Teknik penggunaan alat *Ground Penetrating Radar* adalah sistem *Electromagnetic Subsurface Profiling* (ESP), dengan cara memanfaatkan pengembalian pancaran gelombang elektromagnetik yang dipancarkan melalui permukaan tanah dengan perantara antena GPR. Pemancaran dan pengembalian gelombang elektromagnetik berlangsung cepat sekali yaitu dalam satuan waktu *nano second* (ns) (Allen, 1999).

Pengujian dengan menggunakan alat GPR ini merupakan metode yang sangat tepat untuk mendeteksi utilitas di bawah permukaan dengan kedalaman 0 (nol) meter sampai dengan 10 meter, metode ini dapat menghasilkan resolusi yang cukup tinggi atau konstanta dielektriknya rendah. Karena itu alat GPR sering digunakan oleh peneliti untuk mengaplikasikan pada bidang Arkeologi, Teknik Sipil, mengindikasikan dan instalasi bawah permukaan (Daniels, 2004).

Kecepatan Gelombang

Kecepatan gelombang elektromagnetik pada suatu medium selalu lebih rendah jika dibandingkan dengan kecepatan gelombang elektromagnetik di udara. Pada Tabel 1 menjelaskan gelombang elektromagnetik melewati medium yang memiliki permitivitas lebih tinggi dibandingkan ketika merambat pada medium yang memiliki permitivitas lebih rendah.

Tabel 1. Nilai parameter gelombang elektromagnetik material (Annan, 2023)

Material	ϵ_0	σ (ms/s)	v (m/s)	α (dB/m)
Udara	1	0	0.3	0
Air Distilasi	80	0.01	0.033	2×10^{-2}
Air Murni	80	0.5	0.033	0.1
Air Laut	80	3×10^3	0.01	10^3
Pasir Kering	3-5	0.01	0.15	0.01
Pasir Basah	20-30	0.1-1	0.06	0.03-0.3
Limestone	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1
Shale	5-15	1-100	0.09	1-100
Silt	5-30	1-100	0.07	1-100
Clays	5-40	2-1000	0.06	1-300
Granite	4-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Garam Kering	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Es	3-4	0.01	0.16	0.01

GPR KSD-24 Kodan Electronics Co., Ltd.

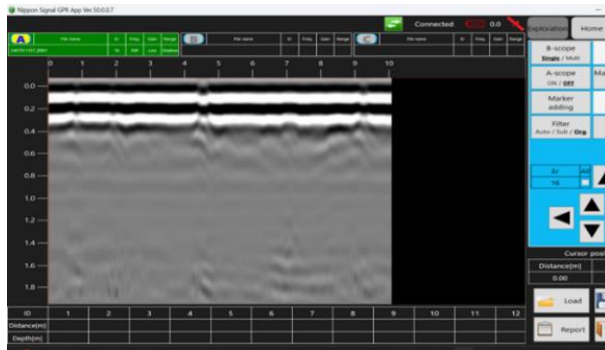
GPR merek Kodan Electronics Co., Ltd dengan tipe KSD-24. Alat ini diperoleh dari hibah pemerintah Jepang Kepada Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Kementerian PUPR, melalui program *Japan's Grant for the Economic and Social Development Programme for the Republic of Indonesia* (FY2018). Berikut ini adalah spesifikasi alat GPR tipe KSD-24, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi alat GPR tipe KSD-24

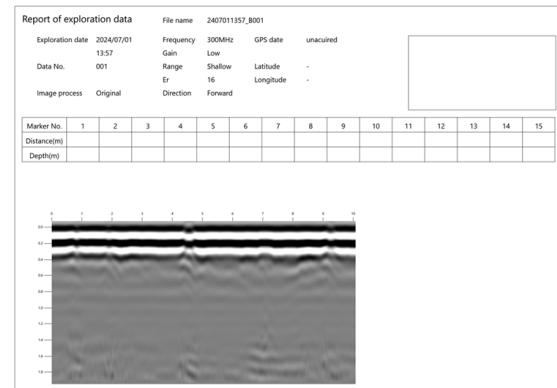
URAIAN	SPESIFIKASI
Tipe GPR	KSD-24
Format penyimpanan file: Data file Laporan	Format data Binari (.dt4g) PNG Format (.png)
Jumlah maksimum garis eksplorasi	10.000 garis
Seting Frekuensi	300 MHz / 800 MHz
Seting sensitivitas (<i>gain</i>)	Rendah (<i>low</i>) / Sedang (<i>medium</i>) / Tinggi (<i>High</i>)
Seting pengujian (<i>Trigger</i>)	Jarak / Waktu
Jangkauan Pengujian GPR	Rendah (<i>Shallow</i>): jangkauan 50ns Dalam (<i>Deep</i>): jangkauan 150ns
Jumlah sampel : Jangkauan 50 ns Jangkauan 150ns Jangkauan 30ns	270 titik 820 titik 1560 titik
Tampilan citra radargram	Skala keabuan (<i>Grayscale</i>)

Contoh tampilan program perangkat lunak GPR dan contoh luaran citra radargram dalam format gambar PNG, dapat dilihat pada Gambar 1.

Batasan alat GPR tipe KSD-24 adalah output atau luaran data dari alat ini hanya 1 (satu) yaitu data berupa gambar dalam bentuk file PDF yang tidak bisa diperbaharui dan tidak ada data luaran lainnya yang bisa diolah dalam bentuk tabelaris atau bentuk lainnya yang digunakan untuk analisis selanjutnya seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Contoh tampilan program perangkat lunak GPR tipe KSD-24



Gambar 2. Contoh tampilan luaran citra radargram dalam format gambar PNG

Penelitian Sebelumnya

Banyak studi yang berkenaan dengan penerapan GPR yang telah dilakukan oleh para peneliti. Beberapa studi tersebut antara lain adalah sebagaimana diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Studi Terdahulu Tentang GPR

Peneliti	Bahasan Penelitian	Research Gap dengan Penelitian yang diusulkan
Elfarabi, dkk (2017)	Pengolahan data <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) dengan menggunakan software MATGPR R-3.5	- Pengolahan data GPR yang dilakukan menggunakan software lain sebagai pembanding
Arief dan Sumargana (2021)	Penggunaan Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) Untuk Identifikasi Utilitas Bawah Tanah	- Penelitian saat ini menggunakan data sekunder, selanjutnya disarankan menggunakan data primer - Penelitian ini menggunakan data sekunder dari antenna GPR merek IDS (Ingegneria Dei Sistemi) <i>shielded antenna</i> dengan frekuensi 600 MHz - Tahapan pengolahan data GPR yang dilakukan yaitu, <i>import data, move start time, subtract-mean dewow, background removal, bandpass frequency, dan enegy decay</i>
Widayanti, Sutrisno, & Anggono, (2020)	Identifikasi Objek Bawah Permukaan untuk Fondasi Jalan Tol Di Jakarta Menggunakan Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR) Pada segmen Area Y	- Data yang terkumpul diolah menggunakan perangkat lunak Reflexw. - Frekuensi yang digunakan tinggi/besar, disarankan menggunakan yang lebih rendah hingga menghasilkan penetrasi gelombang yang lebih dalam - Disarankan juga melaksanakan menggunakan analisis geolistrik
Sugiarto, Junursyah, & Pratomo, (2018)	Identifikasi Objek Bawah Permukaan Menggunakan Metode <i>Ground Penetrating Radar</i> di Kompleks Candi Kedaton, Muarojambi, Indonesia	- Mengidentifikasi artefak Arkeologi bawah tanah tanpa penggalian di Candi Kedaton, Muarojambi - Survei dilakukan menggunakan Antena GPR dengan frekuensi 200 MHz digunakan untuk memindai area sekitar bangunan utama dan halaman dalam kompleks Candi Kedaton - Data berkualitas baik diperoleh dengan rasio sinyal terhadap derau lebih besar dari 110 dB
Wahidah, (2017)	Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode	- Pemodelan struktur geologi pada daerah studi menggunakan metode GPR dan untuk mengetahui pemetaan

GPR (<i>Ground Penetrating Radar</i>) Di Desa Kebo Ireng, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.	potensi keberadaan batu bara pada daerah studi berdasarkan data GPR - Menggunakan <i>Ground Penetrating Radar Future</i> (GPR) 2005 - Proses pengolahan data dilakukan menggunakan <i>software Future series 2005</i> - Pada daerah penelitian juga ditemukan adanya daerah rongga (<i>carity area</i>) yang terdapat di beberapa lintasan
--	---

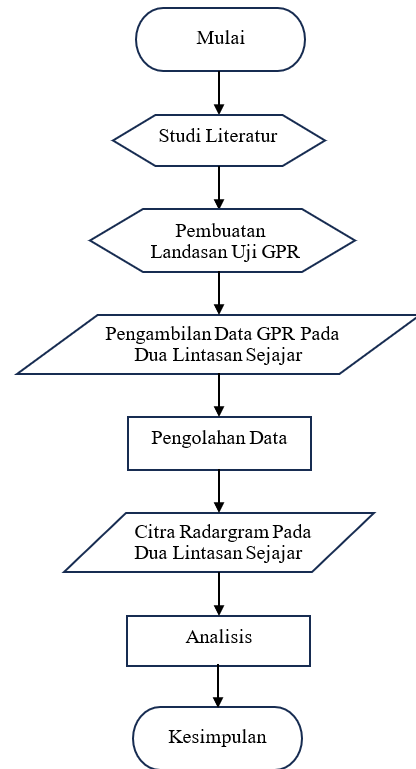
METODE

Penelitian ini menggunakan data primer dari GPR merek Kodan Electronics Co., Ltd dengan tipe KSD-24. Data ini diperoleh dari alat GPR milik PUTECH. Pengambilan data dilakukan pada 2 (dua) lintasan yang melewati utilitas dengan 2 kondisi kering atau basah seperti material pipa saluran air bersih, pipa saluran air kotor, kabel serat optik telekomunikasi, dan kabel listrik. Selanjutnya data diinterpretasikan dalam bentuk citra radargram.

Pengambilan data lintasan dilakukan di lingkungan laboratorium jalan dan jembatan PUTECH dengan cara mensimulasikan utilitas yang berada dibawah permukaan jalan dengan membuat landasan/lantai kerja dengan panjang sekitar 10 m, selanjutnya dipasang berbagai simulasi utilitas pada jarak dan posisi tertentu. Selanjutnya alat GPR menguji pada dua lintasan sejajar pada landasan/lantai kerja dengan jarak antara lintasan sekitar 1-2 m kemudian lintasan diberikan nama, misal Lajur 1 dan Lajur 2. Teknik ini dilakukan untuk memastikan anomali gelombang elektromagnetik yang memiliki kemenerusan pada kedua lintasan/lajur, jika anomali gelombang elektromagnetik hanya ditemukan pada salah satu lintasan maka tidak bisa diidentifikasi sebagai objek utilitas.

Pengolahan data Georadar dilakukan untuk memperoleh citra radargram yang cukup baik, sehingga hasil radargram tersebut dapat diinterpretasikan berdasarkan posisi dan kedalaman. Objek utilitas yang akan diidentifikasi pada citra radargram berupa kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf U atau huruf V terbalik. Kurva hiperbola terbentuk dari penjarangan gelombang.

Penelitian ini akan dilakukan dengan urutan kegiatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Tahap pertama adalah studi literatur. Selanjutnya dilakukan pembuatan landasan uji. Tahap ke-3 adalah Pengambilan data GPR pada dua lintasan sejajar, dilanjutkan dengan interpretasi citra radargram pada dua lintasan sejajar. Setelah itu dilakukan analisis citra radargram, Setelah itu bisa ditarik kesimpulan penelitian.



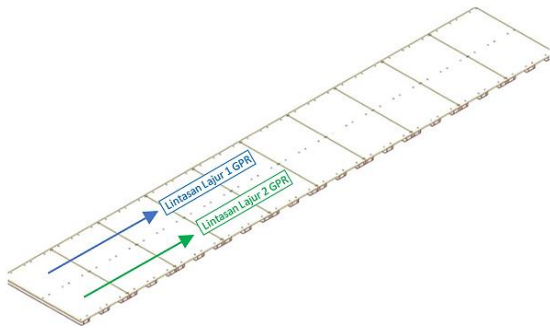
Gambar 3. Tahapan kegiatan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

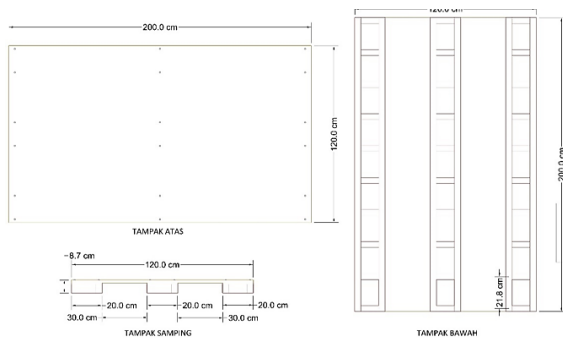
Pembuatan Landasan / Lantai Kerja dan Instalasi Utilitas Sebelum Pengujian GPR

Penelitian ini dilaksanakan dalam lingkup laboratorium jalan dan jembatan PUTECH. Sebelum dilaksanakan pengujian GPR, tahapan yang harus dibuat terlebih dahulu adalah pembuatan landasan/ lantai kerja untuk alat GPR melintas.

Gambar isometri 10 panel lantai kerja, seperti terlihat pada Gambar 4. Gambar detail per panel dapat dilihat pada Gambar 5. Dokumentasi pembuatan panel landasan kerja di laboratorium lapangan PUTECH dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Gambar Isometri 10 Panel Lantai Kerja Alat GPR.



Gambar 5 Gambar Detail Panel Lantai Kerja



Gambar 6. Dokumentasi pembuatan panel landasan kerja di laboratorium lapangan PUtech.

Pengujian GPR Tahap 1 (Utilitas Tanpa Air / Kering)

Setelah Lantai kerja dan utilitas yang akan diuji terpasang, selanjutnya dilaksanakan pengujian GPR. Jarak Pemasangan Utilitas Tahap 1 Dari Awal Pengujian GPR dapat dilihat pada Tabel 4. Dokumentasi perakitan panel landasan kerja dan pemasangan utilitas di laboratorium lapangan PUtech dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil citra radargram dapat dilihat berturut turut pada Gambar 8 sampai dengan Gambar 11. Keterangan Gambar 8 sampai dengan Gambar 11 adalah sumbu X dan sumbu Y dalam satuan meter (m).



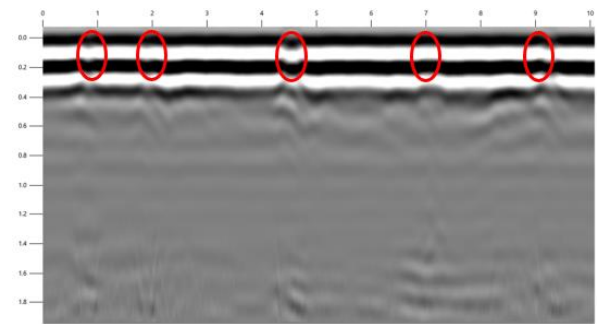
Gambar 7. Dokumentasi perakitan panel landasan kerja dan pemasangan utilitas di laboratorium lapangan PUtech.

Tabel 4 Jarak pemasangan utilitas tahap 1 dari landasan kerja GPR nomor 1

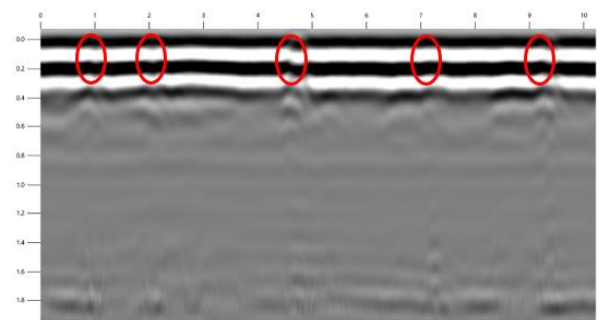
Utilitas	Jarak Pemasangan Utilitas (m)*
Pipa air galvanis ukuran $\frac{3}{4}$ inch	1,0
2 buah pipa baja $\frac{3}{4}$ inch	2,0
Rangkaian tulangan baja (simulasi saluran air dengan bahan beton bertulang)	4,5
3 buah rangkaian kabel (2 x 1,5 mm)	7,0
2 buah pipa baja persegi 1 inch	9,0

Keterangan:

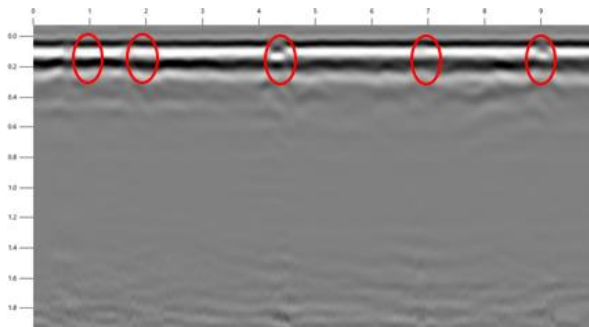
* Jarak Instalasi Utilitas dari landasan kerja GPR No 1 (0 m)



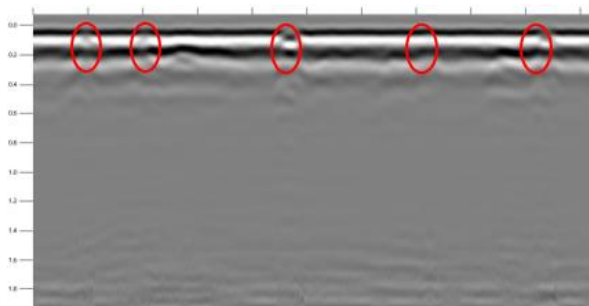
Gambar 8. Citra Radargram Lajur 1 (Frekuensi 300 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)



Gambar 9. Citra Radargram Lajur 2 (Frekuensi 300 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)



Gambar 10. Citra Radargram Lajur 1 (Frekuensi 800 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)



Gambar 11. Citra Radargram Lajur 2 (Frekuensi 800 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)

Pengujian GPR Tahap 2 (Utilitas dengan Tambahan Volume Air)

Pada pengujian GPR tahap ke 2 ini akan disimulasikan pengujian GPR yang melewati utilitas dengan volume air tertentu seperti saluran air bawah permukaan (*sub drainage*). Posisi pemasangan utilitas bisa dilihat pada Tabel 5.

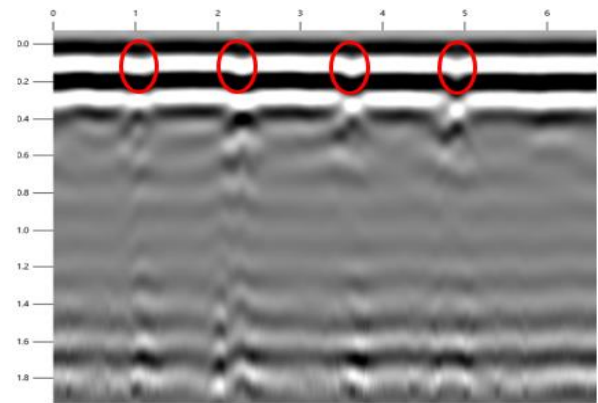
Tabel 5 Jarak pemasangan utilitas tahap 2 dari landasan kerja GPR nomer 1

Utilitas	Jarak Pemasangan Utilitas (m)*
Saluran air lebar 5 cm	1,0 m
Saluran air lebar 10 cm	2,2 m
Saluran air lebar 15 cm	3,5 m
Saluran air lebar 20 cm	4,7 m

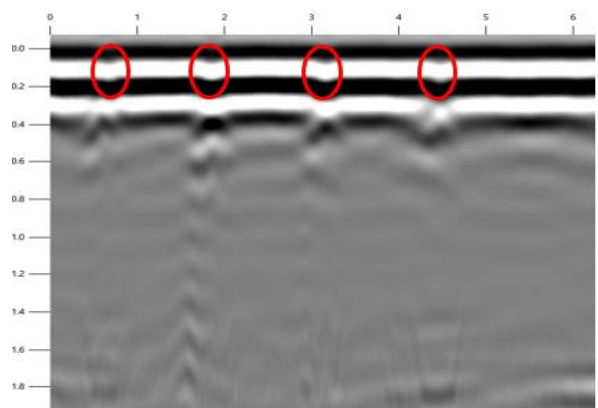
Keterangan:

* Jarak Instalasi Utilitas dari landasan kerja GPR No 1 (0 m)

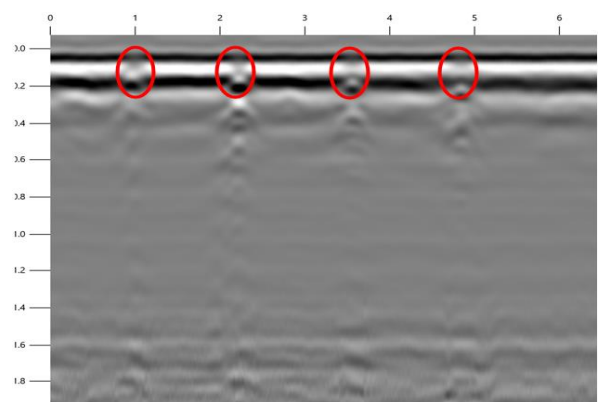
Hasil citra radargram pengujian GPR tipe KSD-24 tahap ke 2 dapat dilihat mulai Gambar 12 sampai dengan Gambar 15. Keterangan Gambar 12 sampai dengan Gambar 15 adalah sumbu X dan sumbu Y dalam satuan meter (m).



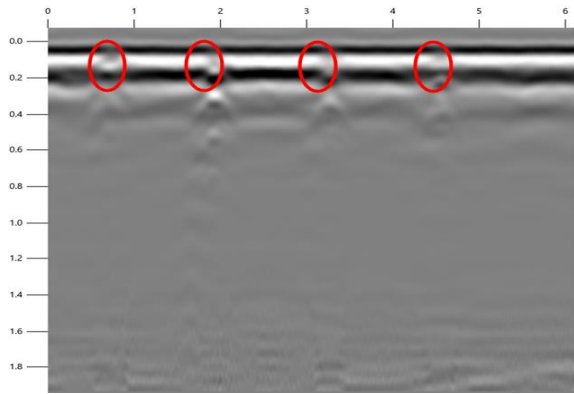
Gambar 12. Citra Radargram Lajur 1 (Frekuensi 300 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)



Gambar 13. Citra Radargram Lajur 2 (Frekuensi 300 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance).



Gambar 14. Citra Radargram Lajur 1 (Frekuensi 800 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance)



Gambar 15. Citra Radargram Lajur 2 (Frekuensi 800 MHz, Gain: Low, Trigger: Distance).

Berdasarkan pengujian GPR tahap 1 (utilitas tanpa air / kering) pada Gambar 8 dimana GPR melintas pada lajur 1 dengan mode pengujian Frekuensi: 300MHz, Gain: Low, Trigger: Distance, dapat diidentifikasi pada citra radargram berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf V terbalik, hal ini menunjukkan jarak kurva hiperbola pada radargram berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,0 m, 4,5 m, 7,0 m dan 9,0 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Posisi pada radargram ini sesuai dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 4.

Untuk memvalidasi bahwa tidak ada kesalahan pembacaan pada citra radargram, maka dilaksanakan pengujian GPR pada lintasan ke-2 pada Lajur 2 dengan lajur yang sejajar dengan jarak antara lintasan sekitar 1 m dengan hasil citra radargram dapat ditunjukkan pada Gambar 9. Pada lintasan ke-2 ini menghasilkan pola radargram yang cenderung identik atau sama, dimana pola citra radargram berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf V terbalik, pada jarak kurva hiperbola pada radargram yang sama dengan Gambar 7, dimana jaraknya berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,0 m, 4,5 m, 7,0 m dan 9,0 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Jarak pada radargram ini juga sesuai dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 4.

Fenomena yang sama ditemukan pada Gambar 10 dan Gambar 11, yang membedakan adalah setingan pada alat GPR pada saat pengujian dengan variasi frekuensi 800MHz dan setingan sensitivitas (*gain*) dengan pengaturan rendah (*low*), Trigger: Distance.

Setingan pada pengujian GPR yang dihasilkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 memberikan hasil yang lebih samar atau kurang jelas pada pola citra radargram. Kurva anomali yang terbentuk pada radargram menjadi lebih sulit diidentifikasi, akan tetapi masih bisa terbentuk anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf V terbalik,

hal ini menunjukkan jarak kurva hiperbola pada radargram berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,0 m, 4,5 m, 7,0 m dan 9,0 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Posisi anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf V terbalik pada radargram ini menunjukkan posisi utilitas yang sesuai dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 4.

Berdasarkan Gambar 8 sampai dengan Gambar 11 pada citra radargram yang dihasilkan oleh alat GPR tipe KSD-24 Tahap 1 yang menurut tim penulis terbaik adalah dengan setingan frekuensi 300MHz. Setingan frekuensi 300 MHz memberikan pada pola citra radargram yang lebih jelas daripada Setingan frekuensi 800 MHz. Perbedaan kejernihan gambar radargram antara GPR 300 MHz dan 800 MHz bukan sekadar soal semakin tinggi frekuensi maka gambar/citra radargram semakin jelas. Hasil yang lebih jelas sangat bergantung pada kondisi lapangan dan kedalaman utilitas. Pada simulasi yang dilaksanakan di laboratorium jalan dan jembatan menghasilkan setingan frekuensi 300 MHz memberikan pada pola citra radargram yang lebih jelas daripada Setingan frekuensi 800 MHz.

Pada pengujian GPR tahap 2 (utilitas dengan tambahan volume air) seperti terlihat pada Gambar 12 dimana GPR melintas pada lajur 1 dengan mode pengujian Frekuensi: 300MHz, Gain: Low, Trigger: Distance, dapat diidentifikasi pada citra radargram berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf U, hal ini menunjukkan jarak kurva hiperbola pada radargram berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,2 m, 3,5 m, dan 4,7 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Posisi kurva hiperbola pada radargram yang berbentuk seperti huruf U, sesuai dengan posisi pemasangan utilitas dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 5.

Untuk memvalidasi bahwa tidak ada kesalahan pembacaan pada citra radargram. Pada pengujian GPR tahap 2 (utilitas dengan tambahan volume air) maka dilaksanakan pengujian GPR pada lintasan ke-2 pada Lajur 2 dengan lajur yang sejajar dengan jarak antara lintasan sekitar 1 m dengan hasil citra radargram dapat ditunjukkan pada Gambar 13. Pada lintasan ke-2 ini menghasilkan pola radargram yang cenderung identik atau sama, dimana pola citra radargram berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf U, pada jarak kurva hiperbola pada radargram yang sama dengan Gambar 12, dimana jaraknya berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,2 m, 3,5 m, dan 4,7 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Jarak utilitas pada radargram ini juga sesuai dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 5.

Fenomena yang sama ditemukan pada Gambar 14 dan Gambar 15, yang membedakan adalah setingan pada alat GPR, dimana pada saat pengujian menggunakan frekuensi 800MHz dan pengaturan lainnya sama dengan pengujian sebelumnya. Luaran citra radargram pada pengujian GPR yang dihasilkan pada Gambar 14 dan Gambar 15 memberikan hasil yang lebih samar atau kurang jelas pada pola citra radargram. Kurva anomali yang terbentuk pada radargram menjadi lebih sulit diidentifikasi, akan tetapi masih bisa terbentuk pola citra radargram berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf U, hal ini menunjukkan jarak kurva hiperbola pada radargram berturut-turut adalah, 1,0 m, 2,0 m, 4,5 m, 7,0 m dan 9,0 m dengan kedalaman yang sama antara 5-10 cm. Posisi utilitas pada radargram ini sesuai dengan jarak pemasangan utilitas pada Tabel 4.

Berdasarkan Gambar 12 sampai dengan Gambar 15, setingan pada pengujian alat GPR tipe KSD-24 tahap 2 yang menurut tim penulis terbaik adalah dengan setingan frekuensi 300MHz, setingan sensitivitas (*gain*) adalah sedang/medium dan dengan setingan pengujian (*trigger*) adalah jarak/distance. Perbedaan kejernihan gambar radargram antara GPR 300 MHz dan 800 MHz bukan sekadar soal semakin tinggi frekuensi maka gambar/citra radargram semakin jelas. Hasil yang lebih jelas sangat bergantung pada kondisi lapangan dan kedalaman utilitas. Pada simulasi yang dilaksanakan di laboratorium jalan dan jembatan menghasilkan setingan frekuensi 300 MHz memberikan pada pola citra radargram yang lebih jelas daripada Setingan frekuensi 800 MHz.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji dan pembahasan disimpulkan bahwa:

1. Alat GPR KSD-24 bisa mendapatkan informasi tentang keberadaan jaringan utilitas di bawah permukaan jalan. Hasil citra radargram dari alat GPR KSD-24 terbentuk anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf V terbalik, memberikan tampilan jarak dan kedalaman yang sama pada instalasi/pemasangan utilitas tanpa volume air/ kering seperti pipa air, rangkaian tulangan baja dan instalasi kabel. Begitu juga pada citra radargram dari alat GPR KSD-24 terbentuk berupa anomali kurva hiperbola yang berbentuk seperti huruf U, memberikan tampilan jarak dan kedalaman yang sama pada instalasi/pemasangan utilitas dengan tambahan volume air sebagai simulasi saluran air bawah permukaan (*sub drainage*).
2. Setingan pada pengujian alat GPR tipe KSD-24

yang menurut tim penulis terbaik adalah dengan setingan frekuensi 300MHz, setingan sensitivitas (*gain*) sedang/medium dan dengan setingan pengujian (*trigger*) jarak/distance.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk melakukan analisis data dari GPR tipe KSD-24 dalam format data Binari (.dt4g) bisa diproses dengan perangkat lunak lainnya, sehingga bisa memberikan hasil citra radargram yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada kepada Direktur Putech, Civitas Akademika Putech, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan yang telah mendukung sehingga makalah ini dapat terwujud. Terima kasih penulis ucapkan juga kepada Pemerintah Jepang yang telah memberikan hibah alat GPR merek Kodan Electronics Co., Ltd dengan tipe KSD-24, Kepada Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, Kementerian PUPR, melalui program *Japan's Grant For The Economic and Social Development Programme for the Republic of Indonesia* (FY2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R.L., 1999. "Studies In Fluvial Sedimentation: Anelementary Geometric Model for the Connectedness of Avulsion-Related Channel Sand Bodies". *Sedimentary Geology*, vol.24, pp.253-267.
- A. P. Annan, 2023 "Ground Penetration Radar Principles, Procedure & Applications". *Sensors & Software Inc*
- B. Sugiarto, G. L. Junursyah, & I. Pratomo, 2018. "Identifikasi Objek Bawah Permukaan Menggunakan Metode *Ground Penetration Radar* di Kompleks Candi Kedaton, Muarojambi, Indonesia". *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral (JGSM.Geologi)*. Diakses dari <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/428>.
- Daniels, D.J., 2004. "Penetration Radar (2nd Edition)". *Institution of Electrical Engineering*. London
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2004. "Pedoman Nomor Pd T-13-2004-B tentang Pedoman Penempatan Utilitas Pada Daerah Milik Jalan". Jakarta.
- Quadiliba Al Farabi, 2021, "Lubang Galian Kabel Utilitas Mengganggu, Bina Marga: Sudah Ada Main Hall," *Sindonews.com*. Diakses dari <https://metro.sindonews.com/read/379608/171/lubang-galian-kabel-utilitas-mengganggu->

- bina-marga-sudah-ada-main-hall-tinggal-goreng-aja-1616983394.
- Elfarabi, dkk, 2017. "Pengolahan data *Ground Penetration Radar* (GPR) dengan menggunakan software MATGPR R-3.5".
- J. S. Silaban, 2016. "Pemetaan Utilitas Pipa Air Bawah Tanah Menggunakan *Ground Penetration Radar* Di Kawasan Candi Prambanan," Universitas Gadjah Mada, DIY.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010. "Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 20/PRT/M/2010 tentang Pedoman Pemanfaatan dan Penggunaan Bagian-bagian Jalan". Jakarta.
- Koden Electronics Co., Ltd, 2018. "GUI Application Manual *Ground Penetration Radar* KSD-24, Ver.1.0". Japan.
- M. Arief, & L. Sumargana, 2021. "Penggunaan Metode *Ground Penetration Radar* (GPR) Untuk Identifikasi Utilitas Bawah Tanah". Prisma fisika, Vol. 9, No. 3, 244 - 248. Diakses dari <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/download/51099/pdf>
- S. W. Jaw and M. Hashim, 2013 "Locational accuracy of underground utility mapping using *Ground Penetration Radar*," Tunnel. Underground Space Technology, vol. 35, pp. 20-29.
- T. D, Widayanti, Sutrisno, & T. Anggono, 2020. "Identifikasi Objek Bawah Permukaan Untuk Fondasi Jalan Tol Di Jakarta Menggunakan Metode *Ground Penetration Radar* (GPR) Pada Segmen Area Y". Al-Fiziya, 123-132. Diakses dari <https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/al-fiziya/article/view/17764/p>