

# Studi Deteksi Utilitas Bawah Tanah dalam Rangka Pembangunan Jaringan Perpipaan SPAM Semarang Barat

Cilda Thesisa Ilmawan Dzinnur<sup>1\*</sup>, Yuyu Sri Wahyuni H<sup>2)</sup>, Rafi Zidhan Henris<sup>3)</sup>

<sup>1)2)3)</sup>Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sunan Giri Surabaya  
Email:cilda@unsuri.ac.id

## Abstrak

Deteksi utilitas bawah tanah merupakan langkah krusial dalam proyek pembangunan jaringan perpipaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Semarang Barat guna menghindari potensi konflik dengan utilitas eksisting. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan keberadaan utilitas bawah tanah menggunakan metode Ground Penetrating Radar (GPR) dan Pipe & Cable Locator. Hasil deteksi menunjukkan adanya empat jenis utilitas utama, yaitu pipa gas (PGN), pipa air bersih (PDAM), kabel listrik, dan kabel fiber optik, dengan kedalaman bervariasi antara 0,3 hingga 5 meter. Beberapa utilitas, terutama kabel listrik, tidak dapat dipetakan secara menyeluruh, meskipun estimasi kedalaman tetap dapat diperoleh. Pengukuran juga menunjukkan adanya deviasi pada kedalaman hasil deteksi, yaitu  $\pm 30$  cm pada GPR dan  $\pm 5\%$  pada Pipe & Cable Locator. Temuan ini menegaskan pentingnya validasi hasil deteksi sebelum pelaksanaan konstruksi untuk menghindari kerusakan utilitas yang sudah ada.

**Kata kunci:** Deteksi utilitas bawah tanah, Ground Penetrating Radar (GPR), Pipe & Cable Locator, jaringan perpipaan, deviasi kedalaman

## Abstract

*Underground utility detection is a crucial step in the pipeline construction project of the Semarang Barat Drinking Water Supply System (SPAM) to prevent potential conflicts with existing infrastructure. This study aims to identify and map underground utilities using Ground Penetrating Radar (GPR) and Pipe & Cable Locator methods. The results revealed four primary types of underground utilities: gas pipes (PGN), clean water pipes (PDAM), power cables, and fiber optic cables, located at varying depths ranging from 0.3 to 5 meters. Some utilities, particularly power cables, could not be fully mapped, although depth estimates were successfully obtained. The measurements also indicated depth deviations, with  $\pm 30$  cm for GPR and approximately  $\pm 5\%$  for the Pipe & Cable Locator. These findings highlight the importance of validating utility detection results prior to construction to minimize the risk of damaging existing infrastructure..*

**Keywords:** *Underground utility detection, Ground Penetrating Radar (GPR), Pipe & Cable Locator, pipeline network, depth deviation*



Copyright © 2025 The Author(s)

This is an open access article under the [CC-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan konstruksi di kawasan urban modern, seperti pembangunan jalan, saluran air, atau jaringan utilitas baru, menghadapi tantangan besar terkait keberadaan utilitas bawah tanah yang tidak terdokumentasi dengan baik. Utilitas ini mencakup pipa gas, kabel listrik, pipa air bersih, hingga kabel komunikasi (seperti fiber optik), yang masing-masing memiliki risiko tinggi apabila terkena saat proses penggalian. Masalah ini umum terjadi karena tidak semua utilitas tercatat secara akurat dalam dokumen perencanaan atau peta utilitas setempat (Amade, 2016). Wilayah Semarang Barat,

sebagai bagian dari kota besar yang berkembang pesat, termasuk kawasan dengan jaringan utilitas padat yang tumpang tindih. Berdasarkan data PDAM Tirta Moedal Kota Semarang (2023), tercatat bahwa sekitar 30% gangguan pasokan air di wilayah Semarang Barat disebabkan oleh kerusakan pipa yang terjadi saat proyek konstruksi lain berlangsung, seperti pembangunan jalan atau perumahan baru. Hal ini menunjukkan tingkat kerentanan tinggi terhadap insiden yang merugikan layanan publik dan berisiko membahayakan keselamatan pekerja maupun masyarakat sekitar.

Menurut penelitian Zhao et al (2020), kerusakan pada utilitas bawah tanah bukan hanya berdampak pada kerugian finansial langsung, tetapi juga menimbulkan risiko kecelakaan kerja yang serius. (Kraus et al., 2007) menyebutkan bahwa rasio biaya tidak langsung terhadap biaya langsung dari insiden konstruksi dapat berkisar antara 4:1 hingga 17:1, sementara Salim et al (2022) mengungkapkan bahwa keterlambatan proyek akibat konflik utilitas bisa menambah beban biaya lebih dari 10% dari anggaran awal.

Untuk mengurangi risiko konflik dengan utilitas bawah tanah, pendekatan berbasis teknologi deteksi non-invasif menjadi semakin penting. Dua teknologi yang paling umum digunakan adalah *Ground Penetrating Radar* (GPR) dan *Pipe & Cable Locator* (PCL). Keduanya memiliki keunggulan dalam mendeteksi keberadaan objek bawah tanah tanpa perlu melakukan penggalian awal.

GPR bekerja dengan memancarkan gelombang elektromagnetik ke dalam tanah dan menangkap pantulan sinyal dari objek bawah permukaan, sangat efektif untuk mendeteksi objek non-logam seperti pipa plastik atau beton (Royal et al., 2011). Sementara itu, *Pipe & Cable Locator* menggunakan prinsip induksi elektromagnetik, baik secara pasif maupun aktif, untuk melacak keberadaan kabel atau pipa logam yang membawa arus listrik (Bernold et al., 2003).

Namun, sebagian besar studi sebelumnya hanya membahas efektivitas salah satu alat saja secara terpisah. Belum banyak kajian yang menguji integrasi dua metode ini dalam satu studi kasus nyata, terutama di lingkungan urban Indonesia yang padat utilitas dengan dokumentasi terbatas.

Penelitian ini hadir untuk menjawab tantangan tersebut melalui pendekatan integratif antara teknologi GPR dan *Pipe & Cable Locator* dalam konteks proyek Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Semarang Barat. Proyek ini merupakan infrastruktur vital yang ditujukan untuk mengatasi krisis air bersih di wilayah Semarang Barat, dengan target menjangkau lebih dari 50.000 pelanggan baru. Karena proyek ini melibatkan pekerjaan penggalian besar di wilayah dengan utilitas padat dan tumpang tindih, presisi dalam pendeteksian kedalaman dan posisi utilitas eksisting menjadi kunci keberhasilan proyek secara teknis

maupun keselamatan kerja. Kebaruan (novelty) dari studi ini terletak pada: (i) Penggunaan dua teknologi deteksi bawah tanah secara terintegrasi untuk menghasilkan pemetaan yang lebih akurat. (ii) Studi kasus spesifik di kawasan Semarang Barat, yang mewakili kondisi urban Indonesia dengan tingkat kerentanan utilitas yang tinggi. (iii) Penekanan pada verifikasi lapangan untuk membandingkan kedalaman utilitas hasil deteksi dengan kondisi aktual, yang masih jarang dilakukan dalam konteks lokal.

## 2. METODE

### 2.1. Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan berbagai alat bantu utama dalam proses deteksi utilitas bawah tanah serta pendukung keselamatan kerja di lapangan. Adapun daftar alat yang digunakan disajikan pada Tabel 1 berikut:

No	Peralatan Utama	Spesifikasi & Merk
1	<i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	IDS GeoRadar, Frequency 100 MHz
2	<i>Ground Penetrating Radar</i> (GPR)	IDS GeoRadar, Frequency 250 MHz
3	<i>Pipe and Cable Locator</i>	Vivax-Metrotech V-Loc Pro, Tx 10 Watt & Tx 150 Watt, Rx V-Loc Pro 2
4	GPS	Garmin eTrex 10

Alat-alat tersebut dipilih berdasarkan kemampuan teknisnya dalam mendukung akurasi deteksi utilitas bawah tanah, terutama dalam kondisi lapangan yang kompleks dan padat infrastruktur. GPR digunakan untuk mendeteksi keberadaan utilitas logam dan non-logam berdasarkan perbedaan konduktivitas dan permitivitas tanah, sedangkan *Pipe & Cable Locator* lebih spesifik dalam mendeteksi kabel dan pipa logam yang dialiri arus listrik atau medan elektromagnetik. *Pipe & Cable Locator* adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan jalur kabel atau pipa bawah tanah yang bersifat konduktif. Prinsip kerja alat ini adalah dengan memancarkan sinyal elektromagnetik melalui transmitter ke objek bawah tanah, yang

kemudian diterima oleh receiver untuk menunjukkan lokasi dan arah pipa atau kabel. Alat ini efektif untuk menghindari kerusakan terhadap infrastruktur bawah tanah yang sudah ada selama proses penggalian atau pemasangan jaringan baru. Perangkat GPS membantu dalam pemetaan posisi dengan presisi, dan perlengkapan K3 wajib digunakan untuk menjaga keamanan tim survei selama kegiatan berlangsung.

## 2.2. Metode penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan studi lapangan pada proyek pembangunan jaringan perpipaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Semarang Barat. Fokus utama penelitian adalah mendeteksi dan memetakan ulang jaringan utilitas bawah tanah menggunakan kombinasi dua metode, yaitu Ground Penetrating Radar (GPR) dan Pipe & Cable Locator. Metode ini dipilih untuk meminimalisasi risiko kerusakan terhadap infrastruktur eksisting selama proses konstruksi.

Proses penelitian dimulai dengan studi awal terhadap gambar perencanaan utilitas bawah tanah yang tersedia. Gambar ini berperan sebagai acuan untuk mendeteksi kemungkinan perbedaan antara kondisi perencanaan dan kondisi aktual di lapangan.

Selanjutnya dilakukan deteksi utilitas bawah tanah di lokasi proyek menggunakan kombinasi *GPR Pipe & Cable Locator* (Gambar 1 & Gambar 2). Data posisi dan kedalaman utilitas yang terdeteksi kemudian dibandingkan dengan gambar perencanaan yang ada. Selanjutnya dilakukan deteksi utilitas bawah tanah di lokasi proyek menggunakan kombinasi GPR dan Pipe & Cable Locator. Data posisi dan kedalaman utilitas yang terdeteksi kemudian dibandingkan dengan gambar perencanaan yang ada. Pada Gambar 1 menunjukkan alat GPR digerakkan di permukaan jalan dengan latar area proyek. Gambar 2 menunjukkan teknisi sedang mengoperasikan alat untuk mendeteksi posisi kabel atau pipa bawah tanah.

Bila hasil deteksi menunjukkan kecocokan visual, proses pemetaan dilanjutkan berdasarkan hasil deteksi. Namun, bila ditemukan ketidaksesuaian antara hasil deteksi dan gambar rencana, dilakukan validasi lapangan melalui survei visual dan penggalian terbatas.

Hasil dari proses validasi tersebut kemudian digunakan untuk menyusun gambar utilitas baru yang lebih sesuai dengan kondisi nyata. Proses ini juga mencakup identifikasi apakah jaringan lama tetap sesuai rencana, mengalami perubahan posisi, atau terdeteksi adanya utilitas baru yang sebelumnya tidak terdokumentasi.



**Gambar 1.** Penggunaan *Ground Penetrating Radar* (GPR) dalam survei utilitas bawah tanah



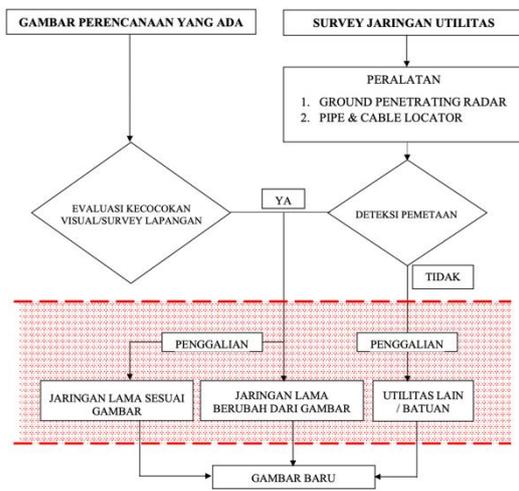
**Gambar 2.** Proses deteksi utilitas bawah tanah menggunakan Pipe & Cable Locator di lokasi proyek SPAM Semarang Barat.

Sebagai bagian akhir dari metode, dilakukan evaluasi terhadap deviasi antara hasil deteksi dengan kondisi aktual di lapangan untuk mengukur tingkat akurasi dari metode integratif yang digunakan.

Seluruh tahapan penelitian ini disusun secara sistematis dan selaras dengan alur kerja lapangan sebagaimana ditunjukkan dalam Diagram alir pekerjaan (Gambar 3). Diagram

tersebut menggambarkan langkah-langkah utama mulai dari pemanfaatan gambar perencanaan, penggunaan dua metode deteksi, proses evaluasi kesesuaian hasil, hingga pengambilan keputusan untuk penggalian atau pembuatan gambar baru. Adapun bagian diagram yang tidak relevan dengan ruang lingkup penelitian ini telah dieliminasi dari tahapan yang dikerjakan.

Dengan pendekatan tersebut, metode penelitian ini tidak hanya bersifat aplikatif di lapangan, tetapi juga memperkuat kontribusi terhadap pemetaan utilitas yang akurat dan pengambilan keputusan konstruksi yang lebih aman dan efisien.



Gambar 3. Diagram Alir Pekerjaan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Deteksi Kedalaman Utilitas – Pipe & Cable Locator Section I

Berdasarkan hasil survei dengan menggunakan alat *Pipe* dan *Cable Locator* pada Section I pekerjaan, diperoleh dua jenis utilitas utama yang terdeteksi di lokasi, yaitu:

Latitude (Y)	Longitude (X)	Depth (m)	Utility	frekuensi
-7.014823°	110.361214°	2,5	PIPA PGN	512 Hz
-7.013685°	110.361353°	2,3	PIPA PGN	512 Hz
-7.013350°	110.359797°	2,2	PIPA PGN	512 Hz
-7.012291°	110.359746°	2,5	PIPA PGN	512 Hz

Tabel 1. Hasil Deteksi Utilitas Menggunakan Pipe & Cable Locator pada Section I

Rentang kedalaman tersebut menunjukkan bahwa utilitas pipa gas dan kabel listrik berada dalam posisi yang cukup dalam, melewati ambang batas umum kedalaman permukaan utilitas (<2 m). Berdasarkan standar teknik pemasangan jaringan bawah tanah (ASCE 38-

02), kedalaman ini menunjukkan upaya mitigasi risiko terhadap gangguan atau kerusakan akibat aktivitas di atas permukaan, seperti lalu lintas kendaraan berat atau pekerjaan konstruksi.

Kedalaman pipa PGN yang berkisar antara 2,0 – 2,5 m juga sesuai dengan praktik keamanan pemasangan pipa bertekanan. Sementara itu, kabel listrik yang berada pada kedalaman serupa (2,3 – 2,5 m) menunjukkan kemungkinan kategori tegangan menengah hingga tinggi, yang biasanya memang diletakkan lebih dalam untuk menghindari interferensi dan faktor keamanan.

#### 3.2 Toleransi Koordinat Geografis

Koordinat geografis utilitas ditentukan dengan mencatat Latitude (S) dan Longitude (E) menggunakan perangkat GPS. Dalam pelaksanaannya, teridentifikasi adanya toleransi posisi horizontal sebesar ±5 meter.

Toleransi ini masih tergolong normal untuk perangkat GPS non-geodetik tanpa koreksi diferensial (Differential GPS). Menurut Leick (2004), GPS konvensional dapat mengalami deviasi posisi akibat:

- multipath signal (pantulan sinyal),
- tutupan vegetasi atau bangunan tinggi,
- atmosfer ionosferik,
- serta jumlah satelit aktif saat pencatatan.

Dengan demikian, posisi aktual utilitas di lapangan masih perlu divalidasi secara manual atau dengan metode pengukuran presisi tinggi (seperti Total Station atau RTK-GPS) sebelum kegiatan penggalian atau pengeboran dilakukan.

#### 3.3 Keterkaitan Antara Jenis Alat dan Ketelitian Data

Alat Pipe & Cable Locator bekerja berdasarkan prinsip medan elektromagnetik, yang sangat efektif untuk deteksi kabel listrik dan pipa logam, khususnya ketika kabel tersebut dalam kondisi aktif. Tingkat deviasi dari alat ini hanya sekitar ±5% dari kedalaman aktual, sebagaimana didukung oleh beberapa studi sebelumnya (Tavakoli Taba et al., 2015). Ini menjadikan alat tersebut sangat andal untuk identifikasi jaringan bawah tanah yang bersifat konduktif.

Namun, perlu diingat bahwa:

- Utilitas non-konduktif (seperti pipa plastik tanpa tracer wire) mungkin tidak terdeteksi.
- Lingkungan dengan interferensi elektromagnetik tinggi (misalnya di dekat

gardu listrik atau kabel besar) bisa mempengaruhi akurasi.

Sebagai pembanding, jika digunakan Georadar (GPR), maka alat tersebut mampu mendeteksi berbagai jenis utilitas baik konduktif maupun non-konduktif, namun cenderung memiliki deviasi kedalaman lebih besar (hingga  $\pm 30$  cm) dan kurang efektif pada tanah dengan kadar air tinggi atau permukaan aspal tebal.

### 3.4 Implikasi Terhadap Pelaksanaan Proyek

Berdasarkan hasil deteksi, diketahui bahwa:

- Kedalaman utilitas cukup dalam, artinya pekerjaan penggalian masih memiliki ruang aman asalkan dilakukan hati-hati dan sesuai SOP.
- Toleransi posisi horizontal  $\pm 5$  m menunjukkan perlunya *marking* ulang lokasi utilitas sebelum ekskavasi, agar tidak terjadi kesalahan pemotongan jalur.
- Deteksi ini berfungsi sebagai *baseline* penting untuk penyusunan metode kerja dan rencana proteksi utilitas (utility protection plan).

Di sisi lain, deteksi ini juga menegaskan bahwa gambar perencanaan utilitas yang tersedia harus selalu divalidasi dengan data lapangan terkini, karena:

- Pergeseran posisi utilitas dapat terjadi akibat proyek sebelumnya, perbaikan darurat, atau pemasangan yang tidak terdokumentasi dengan baik.
- Kondisi aktual lapangan seringkali berbeda dari dokumen desain, terutama di area padat perkotaan seperti Kota Semarang.

## 4. SIMPULAN

Penelitian ini menegaskan pentingnya deteksi utilitas bawah tanah sebelum pelaksanaan konstruksi, khususnya pada proyek jaringan perpipaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Semarang Barat. Dengan menggunakan metode integratif Ground Penetrating Radar (GPR) dan Pipe & Cable Locator (PCL), berhasil diidentifikasi empat jenis utilitas utama, yaitu pipa gas (PGN), pipa air bersih (PDAM), kabel listrik, dan kabel fiber optik, yang tersebar pada kedalaman antara 0,3 hingga 5 meter.

Meskipun sebagian utilitas, terutama kabel listrik, tidak dapat dipetakan sepenuhnya secara horizontal, estimasi kedalaman tetap dapat

diperoleh dengan deviasi pengukuran sebesar  $\pm 30$  cm untuk GPR dan  $\pm 5\%$  untuk PCL. Temuan ini menunjukkan bahwa masing-masing metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, dan integrasi keduanya menghasilkan peta utilitas yang lebih komprehensif. Validasi lapangan tetap diperlukan guna memastikan akurasi data sebelum proses penggalian dilakukan.

Dengan demikian, pendekatan ini memberikan kontribusi penting dalam mendukung keberhasilan proyek SPAM yang berskala besar dan beroperasi di kawasan padat utilitas, serta dapat direkomendasikan untuk diterapkan secara luas dalam proyek infrastruktur urban lainnya di Indonesia.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Amade, B. (2016). Constructability tools and techniques in use in the Nigerian construction industry. *PM World Journal*, 5(2), 1–19.
- Bernold, L., Venkatesan, L., & Suvarna, S. (2003). A multi-sensory approach to 3-D mapping of underground utilities. *NIST SPECIAL PUBLICATION SP*, 525–530.
- Kraus, E., Quiroga, C., Brown, R., Stevens, C., & Koncz, N. (2007). Development of a utility conflict management tool. No. FHWA/TX-07.0-5475-1. *Texas Transportation Institute, Texas A&M University System*.
- Royal, A. C. D., Atkins, P. R., Brennan, M. J., Chapman, D. N., Chen, H., Cohn, A. G., Foo, K. Y., Goddard, K. F., Hayes, R., & Hao, T. (2011). Site Assessment of Multiple-Sensor Approaches for Buried Utility Detection. *International Journal of Geophysics*, 2011(1), 496123.
- Salim, S. I. S., Zakaria, A., Nordin, N. A., & Mohamed, S. (2022). Implementation of EML and GPR Technology for Underground Utilities Detection. *Engineering Agriculture Science and Technology Journal (East-J)*.
- Tavakoli Taba, S., Rahnamayie Zekavat, P., Alipour Esgandani, G., Wang, X., & Bernold, L. (2015). A multidimensional analytical approach for identifying and locating large utility pipes in underground infrastructure. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11(6), 601859.
- Zhao, N., Wang, B., Bai, L., & Li, F. (2020). Quantitative model of the electricity-shifting curve in an energy hub based on aggregated utility curve of multi-energy demands. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(2), 1329–1345.