

## Struktur Lapisan Bawah Permukaan dan Zona Potensi Amblesan Daerah Wisata Kota Lama Semarang Berdasarkan Data Geolistrik

Supryadi\*, Khumaedi, Sugiyanto, Teguh Maulana, Taufik Nur Fitrianto

Program Studi Fiska, Universitas Negeri Semarang

\*e-mail : supriyadi@mail.unnes.ac.id

### ABSTRAK

Kota Lama Semarang merupakan salah satu obyek wisata yang berada di wilayah kota Semarang Bawah. Wisata yang ditawarkan di daerah ini adalah bangunan kuno peninggalan penjajah Belanda yang tersebar di beberapa sudut lokasi wisata ini. Berada di kawasan ini terasa suasana di benua Eropa. Permasalahan yang terlupakan di daerah ini merupakan zona amblesan di Semarang bawah sehingga diperlukan informasi tentang kondisi bawah permukaan untuk menjaga keberadaan gedung gedung kuno di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah di Kota Lama Semarang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*. Survei geolistrik memberikan hasil bahwa Hasil rekonstruksi geolistrik lebih lanjut menunjukkan struktur tanah dan batuan, sebanyak 3 jenis batuan dan didominasi oleh tanah penutup (top soil), lempung pasir, dan pasir. Amblesan tanah terletak pda kedalaman 6-10 m, yang diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir setebal kurang lebih 4 m.

**Kata kunci** : Kota Lama, geolistrik, lapisan tanah, amblesan

### ABSTRACT

Kota Lama Semarang is one of the tourist objects located in the city of down Semarang. The tours offered in this area are ancient buildings from the Dutch colonialists scattered in several corners of this tourist location. Being in this area feels the atmosphere on the European continent. The forgotten problem in this area is the subsidence zone in Semarang below, so information is needed about subsurface conditions to maintain the existence of ancient buildings above it. This study aims to determine the underground structure in Kota Lama. The method used in this research is the Schlumberger configuration resistivity geoelectric method. The geoelectric survey shows that the results of the geoelectric reconstruction further show the structure of the soil and rocks, as many as 3 types of rock and dominated by top soil, sandy loam, and sand. Soil subsidence lies at a depth of 6-10 m, which is interpreted as a layer of sandy clay about 4 m thick.

**Keywords** : Kota Lama, geoelectricity, subsoil, subsidence

### PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan kota yang berkembang dari pemukiman tua yang dibangun pada endapan alluvial yang berumur sangat muda. Beberapa fenomena alam yang muncul seiring dengan perkembangan kota Semarang, diantaranya penurunan muka tanah, terjadi banjir rob (Wardana, 2014).

Daerah ini merupakan bagian kota Semarang yang lokasinya dekat pasar Johar. Beberapa tahun terakhir ini kota lama Semarang telah menjadi satu obyek yang

sangat menarik. Pada awal mula terbentuknya, seakan menjadi lahan percobaan dan ladang uji coba para arsitek dalam menuangkan ide perencanaannya, baik dari sisi perkotaan maupun arsitekturnya. Peninggalan bangsa Belanda ini, tetap terawat dan terjaga setelah masa kemerdekaan dan bahkan sampai saat ini. Setelah diangkat sebagai obyek pariwisata dan dipromosikan sebagai maskot kota Semarang, bahkan dengan julukan Belanda mini, maka banyak peneliti perkotaan dan arsitektur mulai bermunculan dan seakan satu

mata air yang tak habis-habisnya ditimba (Purwanto, 2005).

Sebutan Belanda mini memang cocok untuk menggambarkan suasana di Kota Lama dengan ditandai dengan banyaknya bangunan-bangunan kuno yang tersebar di kawasan Kota Lama seperti Gedung Spiegel, Gedung Pelni, Gedung Bank Mandiri, dan Gedung Murba (Gambar 1). Sejak berbenah pada akhir tahun 1990-an, Kawasan Kota Lama Semarang yang sering kali disebut sebagai Little Netherland atau Belanda Kecil perlahan tapi pasti mulai memperoleh perhatian dari publik dan pemerintah (Hendro, 2015). Kawasan Kota Lama sempat mengalami kondisi stagnan, bahkan cenderung menurun kualitas lingkungannya, di periode tahun 1980 hingga 1990-an. Jangankan di malam hari, bahkan di siang hari pun, kawasan ini seperti kawasan kota mati, dengan dominasi aktifitas pergudangan dan bangunan-bangunan yang dibiarkan kosong dan mangkrak (Prabowo, 2018).



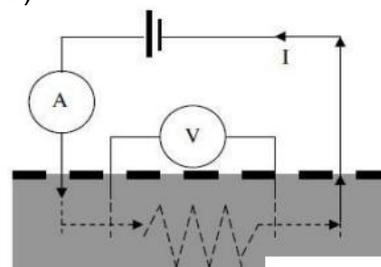
**Gambar 1.** Gedung-Gedung Kuno di Kawasan Kota Lama

Masalah lingkungan yang sekarang dihadapi kota Semarang Utara umumnya dan Kota Lama khususnya adalah penurunan muka tanah yang telah diketahui secara umum. Sayekti *et al.*, 2008, dalam Murwanto, 2008) menyebutkan bahwa penurunan tanah di kota Semarang berkisar  $< 0,6$  hingga  $>3$  cm/th. Penurunan yang cukup besar terjadi di bagian utara, yaitu sekitar pelabuhan Tanjung Emas, Stasiun Poncol hingga Stasiun Tawang (Kota Lama). Hasil penelitian Sarah *et al* (2012) menyebutkan kawasan Tawang, Pelabuhan, Kota lama, Tanah Mas mengalami penurunan 5 – 10 cm/t. Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat bahwa Kota Lama juga mengalami amblesan. Penelitian lainnya oleh Sarah *et al*,

2012 menunjukkan bahwa daerah Bandarharjo dan Pocol yang berdekatan dengan kawasan Kota Lama mengalami amblesan. Amblesan ini diperkirakan oleh kontribusi penurunan muka air tanah sebesar 67-96 %.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi struktur lapisan tanah bawah permukaan di kawasan Lama dengan menggunakan metode Geolistrik. Metode ini dipilih dengan pertimbangan target yang akan diteliti adalah lapisan tanah yang salah satu indikatornya adalah hambatan jenis. Hambatan jenis lapisan tanah akan lebih efektif jika diukur dengan menggunakan metode Geolistrik. Alasan lain mengapa menggunakan metode Geolistrik adalah metode ini sudah digunakan untuk maksud yang sama diberbagai lokasi dan memberikan hasil yang baik, diantaranya Ashari *et al*, 2019 di desa rancakole kabupaten Bandung. Wijaya (2015) menentukan struktur lapisan tanah di belakang kampus ITS. Rahmawati dan Zulfian (2020) mengidentifikasi lapisan tanah di lahan gambut Pontianak. Septyanto *et al*, 2012 melakukan identifikasi lapisan batuan di daerah Bojongsari Depok.

Metode geolistrik Resistivitas adalah salah satu dari metode geolistrik yang digunakan untuk menyelidiki struktur bawah permukaan berdasarkan perbedaan resistivitas batuan. Dasar dari metode resistivitas adalah hukum ohm yaitu dengan cara mengalirkan arus ke dalam bumi melalui elektroda arus dan mengukur potensialnya di permukaan bumi dengan menggunakan elektroda potensial (Gambar 2).



**Gambar 2.** Pola penginjeksian arus (Septyanto *et al*, 2012)

Mengalirnya arus listrik dibawah permukaan disebabkan oleh adanya sifat kelistrikan pada batuan. Sifat kelistrikan batuan adalah karakteristik dari batuan dalam menghantarkan arus listrik. Sifat kelistrikan batuan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah kandungan mineral logam, kandungan mineral non logam, kandungan elektrolit padat, kandungan air garam, perbedaan tekstur batuan, perbedaan porositas

batuan, perbedaan permeabilitas batuan, dan perbedaan temperature, Sedangkan sifat kelistrikan batuan digolongkan menjadi tiga, yakni resistivitas, aktivitas elektrokimia dan konstanta dielektrik (Septyanto, 2012).

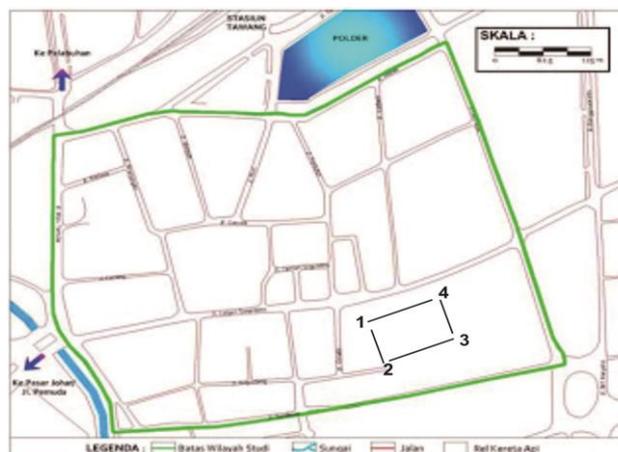
Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan tanah yang cukup stabil tersebut (Hidayat et al, 2015) . Namun, berdasarkan tingkat efisiensi serta cakupan wilayah penelitian yang dapat dijangkau, metode yang umum digunakan adalah metode geolistrik tahanan jenis (Hidayat et al, 2015) . Metode ini memanfaatkan sifat tahanan jenis dari batuan bawah permukaan (Said, 2016) akibat adanya aliran arus listrik yang melewatinya berdasarkan pada beda potensial yang terukur di permukaan.

Berdasarkan hal tersebut di atas, proses identifikasi keberadaan lapisan tanah keras dengan fokus perlapisan secara lateral maupun vertikal dilakukan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi WennerSchlumberger. Konfigurasi ini dipilih karena kelebihan dari konfigurasi ini yaitu, ketelitian pembacaan tegangan pada elektroda potensial lebih baik dan mampu untuk mendeteksi adanya non homogenitas lapisan batuan pada permukaan.

Penelitian dengan menggunakan metode Geolistrik untuk berbagai keperluan telah dilakukan di berbagai daerah di Indonesia. Pada penelitian ini metode tersebut diaplikasikan di kawasan wisata Kota Lama dengan tujuan untuk mendapatkan struktur bawah lapisan tanah.

## METODE

Penelitian dilaksanakan di Kota Lama (Gambar 3) pada bulan Nopember 2019. Mengingat Kota Lama pada saat dilakukannya penelitian dalam kondisi direvitalisasi oleh Pemerintah Kota Semarang dengan kondisi secara umum jalan yang awalnya aspal diganti dengan paving. Adanya paving ini menjadikan lahan permukaan disamping kiri jalan berubah paving dan tidak ditemukan lahan yang berupa tanah. Kondisi menjadikan desain penelitian sedikit berubah yaitu lokasi pengukuran geolistrik hanya bisa dilakukan di lahan parkir yang terletak depan gedung ex Bank Dagang Negera Indonesia (BDNI).



**Gambar 3.** Lokasi pengukuran dan lintasan geolistrik (1,2,3,4)

Proses pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode geolistrik tahanan jenis dengan menginjeksikan arus listrik di permukaan bumi melalui elektroda arus dan beda potensial yang terukur di permukaan melalui elektroda potensial (Vebrianto, 2016). Tahanan jenis yang didapat merupakan tahanan jenis semu yang diperoleh dari pembacaan nilai potensial di permukaan dengan asumsi medium tersebut homogen. Tahanan jenis semu dilambangkan dengan  $\rho_a$  dirumuskan pada persamaan (1).

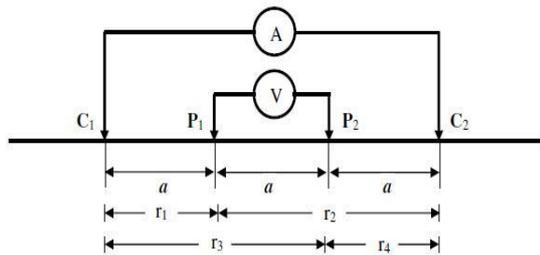
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left( \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (2)$$

dengan  $\rho_a$  : tahanan jenis semu ( $\Omega m$ ), K : faktor geometri, I : kuat arus (A),  $\Delta V$  : beda potensial antara  $P_1$  dan  $P_2$  (volt),  $r_1$  : jarak antara  $C_1$  dan  $P_1$  (m),  $r_2$  : jarak antara  $C_2$  dan  $P_1$  (m),  $r_3$  : jarak antara  $C_1$  dan  $P_2$  (m),  $r_4$  : jarak antara  $C_2$  dan  $P_2$  (m), dan K merupakan faktor konfigurasi dari letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus yang disebut dengan faktor geometri. Susunan elektroda yang digunakan dalam pengukuran geolistrik tahanan jenis pada penelitian ini adalah konfigurasi *Wenner Schlumberger*. Susunan konfigurasi ini dapat dilihat pada Gambar 4.

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor n untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda  $C_1$  dan  $P_1$  atau  $C_2$  dan  $P_2$  dengan spasi antara  $P_1$  dan  $P_2$  yang ditunjukkan pada Gambar 4 (Kearey, 2002).

Faktor geometri konfigurasi *Wenner Schlumberger* sebagai berikut.



**Gambar 4.** Susunan elektroda pada konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Faktor konfigurasi dinyatakan dengan persamaan  $K = \pi n(n+1)a$  (3). Interpretasi hasil penelitian dapat dilakukan dengan mengolah nilai tahanan jenis semu sehingga didapatkan nilai tahanan jenis sebenarnya pada lokasi penelitian. Interpretasi ini disesuaikan dengan peta geologi setempat dan mengacu pada nilai tahanan jenis material bumi yang terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai tahanan jenis material bumi (Telford et al, 1990)

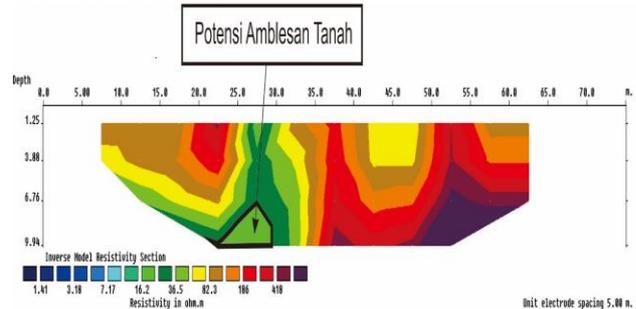
Material	Resistivitas ( $\Omega m$ )
Gambut	13,2 sd 276
Lanau	10 sd 200
Lempung	1 sd $10^2$
Batu pasir	1 sd $10^3$
Air tanah	0,5 sd $3 \times 10^2$
Kerikil	100 sd 600
Pasir	40 sd 80
Batu Lempung	1 sd 10
Pasir bercampur air	0,1 sd 0,9

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran geolistrik pada lintasan pertama (BR-01) dilakukan dengan titik 0 pada  $6^\circ 58'12.11''$  LS dan  $110^\circ 25'37.79''$  BT pada ketinggian 5 m dpl dan titik 75 pada  $6^\circ 58'11.84''$  LS dan  $110^\circ 25'37.79''$  BT dan elevasi 5 m dpl. Lintasan BR-01 tepat diambil di lokasi parkir Kota lama Semarang dan arah bentangan ke arah Barat-Timur. Pengukuran geolistrik lintasan kedua (BR-02) dilakukan dengan titik 0 pada  $6^\circ 58'11.47''$  LS dan  $110^\circ 25'35.03''$  BT pada ketinggian 4.7 m dpl dan titik 75 pada  $6^\circ 58'11.47''$  LS dan  $110^\circ 25'37.79''$  BT. Pengukuran geolistrik lintasan ketiga (BR-03) dilakukan dengan titik 0 pada  $6^\circ 58'12.11''$  LS dan  $110^\circ 25'37.79''$  BT pada ketinggian 4.7 m dpl dan titik 75 pada  $6^\circ 58'11.47''$  LS dan  $110^\circ 25'37.79''$  BT. Pengukuran geolistrik lintasan keempat (BR-

04) dilakukan dengan titik 0 pada  $6^\circ 57'49.06''$  LS dan  $110^\circ 25'46.76''$  BT pada ketinggian 4.7 m dpl dan titik 75 pada  $6^\circ 57'47.17''$  LS dan  $110^\circ 25'47.05''$  BT dan elevasi 4.7 m dpl. Lintasan BR-04 tepat diambil di sebelah Timur Stasiun Tawang Semarang.

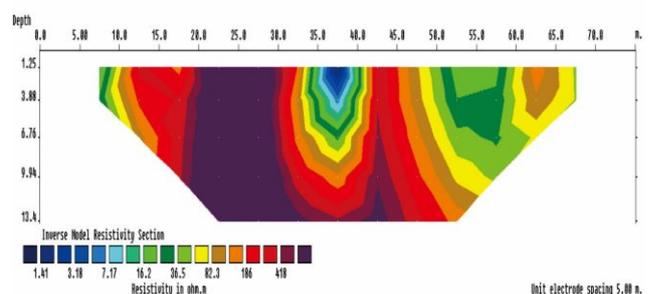
Hasil pengolahan data lintasan BR-01 dengan *software Res2Dinv* iterasi 5 dan error 26.7%, diperoleh kontur 2D nilai tahanan jenis bervariasi antara 1.41  $\Omega m$  sampai 418  $\Omega m$ . Kontur 2D lintasan BR-01 diperlihatkan pada Gambar 5 berikut.



**Gambar 5.** Model penampang 2D bawah permukaan Lintasan 1

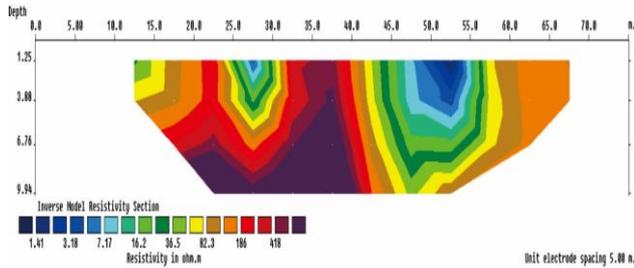
Hasil rekonstruksi geolistrik lebih lanjut menunjukkan struktur tanah dan batuan, sebanyak 3 jenis batuan dan didominasi oleh tanah penutup (top soil), lempung pasir, dan pasir. Amblesan tanah terletak pada kedalaman 6 - 10 m, yang diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir setebal  $\pm 4$  m.

Hasil pengolahan data lintasan BR-02 dengan iterasi 5 dan error 28 %, diperoleh kontur 2D nilai tahanan jenis bervariasi antara 1.41  $\Omega m$  sampai 418  $\Omega m$ . Kontur 2D lintasan BR-02 diperlihatkan pada Gambar 6 berikut.



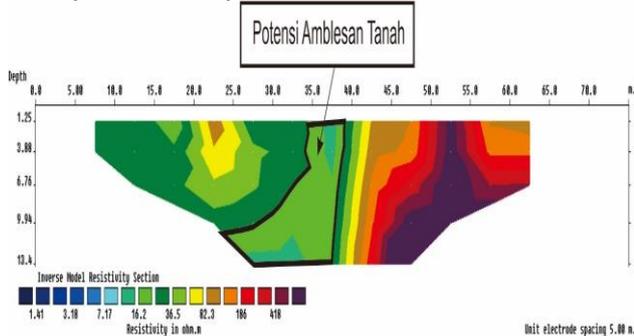
**Gambar 6.** Model penampang 2D bawah permukaan Lintasan 2

Hasil pengolahan data lintasan BR-03 dengan iterasi 5 dan error 28,2 %, diperoleh kontur 2D nilai tahanan jenis bervariasi antara 1.41  $\Omega m$  sampai 418  $\Omega m$ . Kontur 2D lintasan BR-03 diperlihatkan pada Gambar 7 berikut.



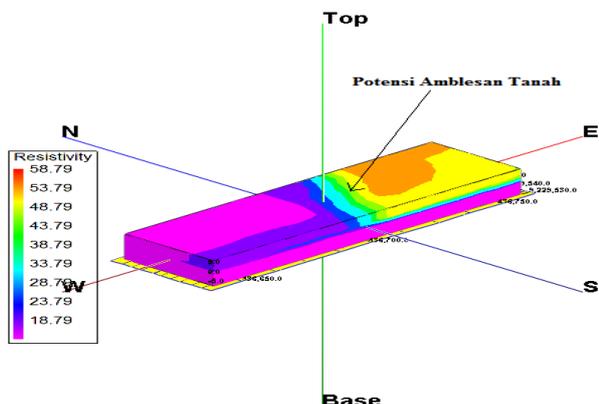
**Gambar 7.** Model penampang 2D bawah permukaan Lintasan 3

Hasil pengolahan data lintasan BR-04 dengan iterasi 4 dan error 35.6 %, diperoleh kontur 2D nilai tahanan jenis bervariasi antara 1.41  $\Omega$ m sampai 418  $\Omega$ m. Hasil rekonstruksi geolistrik lintasan BR-04 menunjukkan struktur tanah dan batuan sebanyak 2 jenis batuan dan di dominasi oleh lapisan tanah penutup (top soil) dan lempung pasir. Amblesan tanah terletak pada kedalaman 3 – 13.6 m, yang diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir setebal  $\pm$  9.4 m. Kontur 2D lintasan BR-04 diperlihatkan pada Gambar 8 berikut



**Gambar 8.** Model penampang 2D bawah permukaan Lintasan 4

Hasil pengolahan data geolistrik lebih lanjut dapat dibuat pemodelan 3D antar lintasan ukur penelitian dengan *software Rockworks*. Pemodelan 3D dimaksudkan untuk mengetahui sebaran dari lokasi yang diduga sebagai amblesan tanah. Pemodelan 3D diperlihatkan pada Gambar 9 berikut.



**Gambar 9.** Pemodelan 3 D lokasi kawasan Kampus Pascasarjana

## PENUTUP

Survei geolistrik memberikan hasil bahwa Hasil rekonstruksi geolistrik lebih lanjut menunjukkan struktur tanah dan batuan, sebanyak 3 jenis batuan dan didominasi oleh tanah penutup (top soil), lempung pasir, dan pasir. Amblesan tanah terletak pada kedalaman 6-10 m, yang diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir setebal kurang lebih 4 m.

Perlu validasi hasil penelitian ini dengan pendekatan geologi, misalnya data bor beberapa titik di kawasan Kota Lama, atau menggunakan pendekatan geofisika lainnya, misal menggunakan metode Gaya berat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM (Direktorat Riset Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) yang membiayai penelitian ini melalui Skim Penelitian Dasar dengan no.kontrak 51.18.3/UN37/PPK.3.1/2019.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashari A., Iryanti M., & Aminudin A. (2019). Analisis nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan tanah menggunakan metode Geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger di desa Rancakolekabupaten Bandung, Prosiding Seminar Nasional Fisika 2019, hal 279-287. ISBN 970 602 74598 30.
- Hidayat, R., & Sampurno, J. (2015). Identifikasi Lokasi Bedrock Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner sebagai Bahan Acuan Perancangan Pondasi Pembangunan Gedung di Daerah Sampit Kalimantan Tengah, *Jurnal Positron*, 02, 41-46.
- Prabowo B. N., & Harsritanto B. (2018). Kota Lama Semarang menuju status pusaka dunia UNESCO apa itu status world heritage?. Modul, vol 18.No.1, ISSN (P) 0853-2877 (E) 2598-327X

- Purwanto, L. M. F. (2015). Kota Kolonial Lama Semarang (Tinjauan Umum Sejarah Perkembangan Arsitektur Kota), <http://puslit.petra.ac.id/~puslit/journals/2015>
- Rahmawati, D., & Zulfian. (2020). Identifikasi lapisan tanah keras pada lahan gambut menggunakan metode Geolistrik tahanan jenis. *Jurnal Prisma Fisika*, vol.8, no.1, hal.45-49. ISSN :2337-8204
- Said, A. (2016). Identifikasi Batuan Dasar di Desa Kroyo Karangmalang Kabupaten Sragen Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sarah D., Soebowo E., Syahbana A.F., Murdohardono D., Setiawan T., Mulyono A., & Satriyo N. A. (2012). Perhitungan Penurunan Tanah Lintasan Bandarharjo-Poncol Kota Semarang Berdasarkan Pemodelan 2 Dimensi. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI