

Analisis Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 3D

Studi Kasus: Area Kampus Universitas Pertahanan Republik Indonesia, IPSC, Bogor

**Muhammad Hamzah Fansuri *1, Pungky Dharma Saputra¹, Anasya Arsita Laksmi¹,
Nina Purwanti¹, Abdurrahman Wafi²**

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan,
Universitas Pertahanan Republik Indonesia (Unhan RI), Bogor, 16810, Indonesia

²PT. Andalan Tunas Mandiri, Jakarta, 13940, Indonesia

*Korespondensi: *hamzah.fansuri@idu.ac.id

ABSTRAK

Kondisi bawah permukaan sangat penting sebagai dasar pembangunan infrastruktur sehingga bisa dilakukan tindakan yang benar. Salah satu metode untuk mengetahui kondisi bawah permukaan adalah dengan metode geofisika yakni metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode geofisika yang memanfaatkan nilai tahanan jenis material. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mendapatkan model 3D kondisi bawah permukaan tanah berdasarkan nilai resistivitasnya. Pengambilan data menggunakan peralatan geolistrik MAE X612-EM dan pengolahan menggunakan Software ERTLab. Luas area yang dilakukan kajian panjang 70m dengan lebar 10m, kedalaman yang didapatkan 11.6m. Hasil penampang 3D menunjukkan nilai resistivitas 2.96 Ω m – 9 Ω m dari model yang didapatkan. Pada bagian permukaan didominasi material keras dengan ditandai warna merah pada model 3D. Didapatkan zona dengan sebaran nilai resistivitas rendah yakni 2.96 Ω m di bagian tengah pada jarak 17 -40m pada kedalaman 5.56m yang diduga merupakan jebakan air. Pada model 3D diduga mendapatkan 3 layer lapisan yakni ditandai dengan warna merah, hijau, dan biru yang mewakili nilai resistivitas masing masing.

Kata Kunci: Resistivitas, geolistrik, air, bawah permukaan

ABSTRACT

Subsurface conditions are very important as a basis for infrastructure development so that the right actions can be taken. One method to determine subsurface conditions is the geophysical method, namely the geoelectric method. The geoelectric method is a geophysical method that utilizes the resistivity value of the material. The purpose of this study is to obtain a 3D model of subsurface conditions based on their resistivity values. Data collection uses MAE X612-EM geoelectric equipment and processing uses ERTLab software. The area studied is 70m long with 10m wide, the depth obtained is 11.6m. The 3D section results show a resistivity value of 2.96 Ω m – 9 Ω m from the model obtained. The surface is dominated by hard material marked in red on the 3D model. A zone with a low resistivity value distribution of 2.96 Ω m was obtained in the middle at a distance of 17 -40m at a depth of 5.56m which is suspected to be a water trap. In the 3D model, it is assumed to get 3 layers, which are marked in red, green, and blue which represent the respective resistivity values.

Keywords: Resistivity, geoelectric, water, subsurfaces

PENDAHULUAN

Universitas Pertahanan Republik Indonesia (Unhan RI) di Sentul, Bogor melakukan berbagai upaya untuk memperbaiki dan meningkatkan mutu institusi demi peningkatan kualitas akademik. Rencana perluasan pembangunan kampus dilakukan sebagai salah satu penunjang akademik dan non-akademik. Unhan RI merupakan salah satu daerah yang memiliki kondisi morfologi perbukitan yang di mana daerah tersebut merupakan pusat obyek vital yaitu kawasan IPSC (*Indonesia Peace and Security Center*). Berdasarkan hasil peta kerentanan pergerakan tanah di daerah kampus Unhan RI, Sentul, Bogor dilaporkan bahwa berada pada zona menengah ke tinggi dengan kisaran sudut kemiringan lereng mulai dari landai sampai curam (8%-25%) yang dapat menyebabkan pemicu terjadinya longsor (Fansuri, et al., 2023). Hasil tersebut sesuai dengan peta kemiringan lereng Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor yang telah dibuat seperti terlihat pada **Gambar 01**.

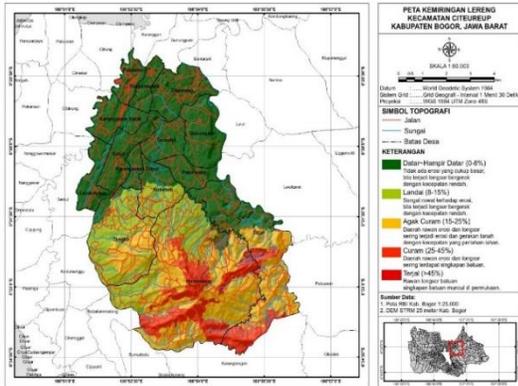
Tanah dan batuan merupakan unsur-unsur alamiah yang sangat signifikan dalam perencanaan pembangunan (Zakaria, 2002 dalam Sani, et al., 2017). Begitu pula kondisi bawah permukaan sangat penting sebagai dasar pembangunan infrastruktur sehingga bisa dilakukan tindakan yang benar. Tindakan yang salah akan mempengaruhi kondisi dari infrastruktur yang dibangun di atasnya. Karena parameter yang mempengaruhi terdiri dari dua parameter yaitu litologi dan penggunaan lahan (Hidayat, et al., 2019). Oleh karena itu, perlu diketahui informasi struktur bawah permukaan.

Struktur bawah permukaan tanah terdiri dari homogen dan heterogen. Struktur homogen adalah struktur yang memiliki satu jenis lapisan material yang sama. Sedangkan struktur heterogen adalah struktur yang umum dimana terdiri dari berbagai macam jenis material penyusun. Informasi struktur bawah permukaan tanah sangat krusial untuk bisa diidentifikasi terutama untuk bidang geoteknik/pembangunan. Dengan mengetahui struktur bawah permukaan tanah sangat terkait erat dengan perlakuan yang harus diberikan kepada wilayah tersebut untuk pembangunannya, sehingga gangguan pada bangunan dapat diminimalisir (Wafi, et al., 2023).

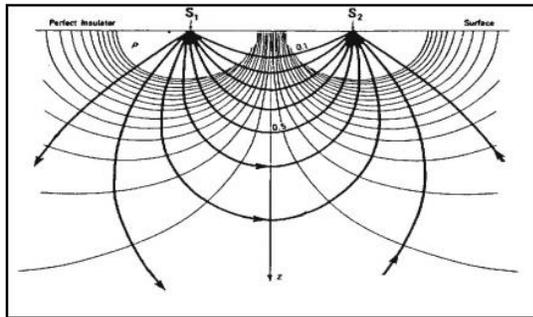
Pentingnya analisis struktur bawah permukaan ini terutama terkait dengan potensi risiko bencana alam, seperti gempa bumi dan longsor yang dapat terjadi akibat adanya perubahan geologi. Selain itu, pemahaman yang baik tentang struktur permukaan juga memberikan kontribusi positif dalam perencanaan pengembangan wilayah, termasuk pembangunan infrastruktur dan pemilihan lokasi bangunan. Jika kurang tepat dalam memperhitungkan kondisi bawah permukaan tersebut maka dapat berpotensi mengakibatkan kegagalan konstruksi bahkan sampai kerusakan terhadap bangunan yang terdapat di permukaannya. Terdapat 2 (dua) metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan, yakni metode langsung melalui penyelidikan tanah melalui boring/*standard penetration test* (SPT) dan sondir/*cone penetration test* (CPT), serta metode tidak langsung dengan pendekatan parameter fisis menggunakan Metode Geofisika (Wafi, et al., 2023).

Upaya mendapatkan pemahaman yang mendalam mengenai struktur bawah permukaan di lokasi studi dilakukan melalui penerapan metode geofisika menggunakan geolistrik 3D. Metode ini digunakan untuk merinci informasi terkait sifat-sifat geologi dan distribusi lapisan bawah permukaan dengan resolusi tinggi yang sangat efektif dan relevan (Antareza, et al., 2020). Pemanfaatan teknologi geolistrik 3D dapat mengidentifikasi struktur-struktur lipatan, patahan, dan lapisan batuan yang memiliki dampak signifikan terhadap ketahanan geologi dan lingkungan di lokasi penelitian.

Metode geofisika adalah metode yang memanfaatkan parameter fisika digabung dengan parameter geologi. Metode yang akan diterapkan adalah metode geolistrik. Metode geolistrik adalah metode yang memanfaatkan sifat kelistrikan material yang dinamakan resistivitas. Resistivitas merupakan hasil pengukuran dari arus dan beda potensial atas respon material dibawah permukaan (Andriyani, 2010). Prinsip dari arus dan potensial tertera seperti **Gambar 02**.



Gambar 01 Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor



Gambar 02 Pola Aliran arus listrik pengukurang geolistrik (Kanata, 2017)

Sebaran arus listrik yang diinjeksikan kedalam tanah melalui instrumentasi, mempunyai pola sebaran setengah bola. Hal ini dikarenakan terdapat 2 pasak yang berfungsi mengalirkan arus sedangkan 2 pasak lagi berfungsi sebagai penangkap beda potensial. Hasil arus dan beda potensial dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai resistivitas material. Parameter fisis ini yang digunakan untuk melakukan identifikasi jenis material berdasarkan **Tabel 01**.

Tabel 01. Jenis material berdasarkan nilai resistivitas

| Material | Resistivitas (Ωm) |
|------------|-----------------------------------|
| Air Tanah | 0,5 – 150 |
| Lempung | 1 – 100 |
| Pasir | 1 – 1000 |
| Andesit | 100 – 200 |
| Aluvium | 10 – 800 |
| Breksi | 75 – 200 |
| Kerikil | 100 – 600 |
| Batu Pasir | 200 – 8000 |
| Gamping | 50 – (1×10^7) |
| Granite | 5×10^3 – 10^6 |
| Basalt | 10^3 – 10^6 |
| Slate | 6×10^2 – 4×10^7 |

| | |
|---------------|---------------------------------|
| Sandstone | $8 - 4 \times 10^3$ |
| Shale | $20 - 2 \times 10^3$ |
| Limestone | $5 - 4 \times 10^2$ |
| Tufa Vulkanik | 20 – 100 |
| Lava | $100 - 5 \times 10^3$ |
| Konglomerat | $3 \times 10^3 - 2 \times 10^7$ |

Metode geolistrik terdiri dari metode *Sounding* (1D), *Mapping* (2D), dan Volumetrik (3D). Penggunaan geolistrik *Sounding* (1D) biasanya dipergunakan untuk mencari potensi air tanah. Geolistrik 2D dan 3D biasanya di pergunakan untuk mencari sebaran, titik titik rembesan, lapisan tanah, dll. Penelitian yang telah dilakukan (Puluyio, 2017) menggunakan geolistrik konfigurasi Dipole-dipole untuk mengetahui potensi air tanah. (Puluyio, 2017) pada penelitian lainnya adalah membandingkan konfigurasi Dipole-Dipole dan Pole Dipole untuk mencari potensi air tanah.

Aplikasi metode geolistrik 3D untuk mengetahui struktur bawah permukaan dengan studi kasus lingkungan Universitas Tanjung Pura (Isbiantoro & Zulfian, 2021). Mengacu pada penelitian sebelumnya yang sejenis, maka penelitian ini bertujuan menganalisis struktur bawah permukaan tanah dengan metode geolistrik 3D dengan studi kasus area kampus Unhan RI.

Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berharga dalam mengidentifikasi zona-zona potensial yang rentan terhadap risiko bencana alam serta membantu dalam merencanakan pengembangan wilayah secara berkelanjutan. Penelitian ini dapat meningkatkan pemahaman terhadap dinamika geologi dan merinci struktur bawah permukaan, yang pada gilirannya dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam menghadapi tantangan lingkungan dan pengembangan wilayah.

METODE

Studi ini dilakukan di area kampus Universitas Pertahanan Republik Indonesia (Unhan RI), Kawasan *Indonesia Peace and Security Center* (IPSC). Pemilihan lokasi studi kasus karena pentingnya peran institusi dalam konteks keamanan dan pertahanan nasional. Lokasi studi kasus berada di daerah perluasan pembangunan kampus Unhan RI, sehingga lokasi studi kasus ideal untuk menganalisis struktur bawah permukaan tanah, seperti terlihat **Gambar 03**.

Kondisi geomorfologi perbukitan menimbulkan bahaya longsor dan instabiliti tanah. Area IPSC berada di atas formasi Jonggol yang disusun oleh batuan sedimen tersier, vulkanik kuartar, dan intrusi batuan beku, seperti batu pasir, batu lumpur, dan konglomerat (Haryanto et al., 2016).

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi, mengingat potensi bahaya dan kebutuhan informasi yang komprehensif untuk mendukung pembangunan dan pengelolaan kawasan tersebut.



Gambar 03 Lokasi studi kasus di area perluasan kampus Unhan RI, IPSC Sentul

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran geolistrik dilakukan menggunakan peralatan Multichanel Resistivity Merk MAE X 612 EM+ buatan ITALY (**Gambar 04**). Luas area yang dilakukan pengujian yakni panjang 70m lebar 10m dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger

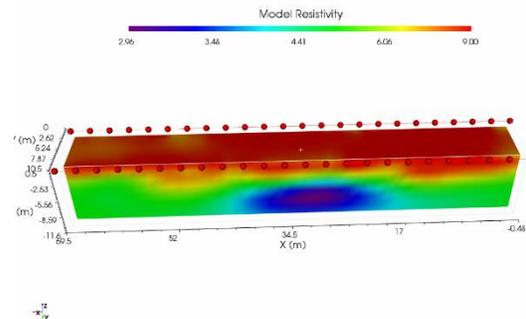


Gambar 04 Peralatan Geolistrik MAE X612 EM

2. Pengolahan Data
Pengolahan data diolah dengan menggunakan Software ERTLab.
3. Interpretasi Data
Pembahasan penampang warna yang sudah di olah dengan software sehingga bisa diketahui struktur bawah permukaan di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

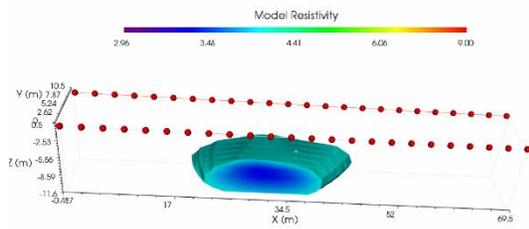
Pengukuran Geolistrik dilakukan dengan area 70m × 10m. Kedalaman yang dihasilkan pada pengujian ini yakni 11,6m. **Gambar 05** menunjukkan hasil penampang didapatkan nilai resistivitas 2–9Ωm. Semakin besar nilai resistivitasnya maka interpretasinya semakin mengeras jenis materialnya. Hasil penampang 3D didapatkan pada lokasi penelitian didominasi 2 lapisan dengan lapisan pertama digambarkan dengan warna merah-coklat dan lapisan kedua warna hijau. Pada lokasi tengah pada jarak 17-40m pada kedalaman 5 meter kebawah didapatkan warna biru yang berkorelasi dengan material lunak.



Gambar 05 Penampang hasil geolistrik 3D Konfigurasi Wenner Schlumberger

➤ Nilai Resistivitas 2-4 Ωm

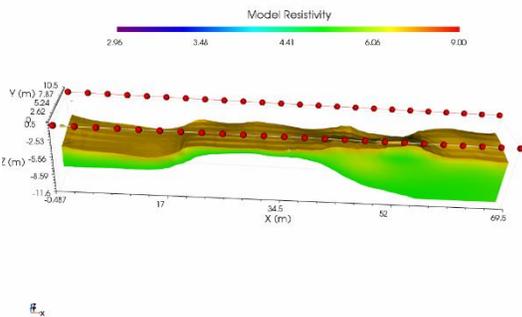
Gambar 06 menjelaskan penampang bawah permukaan dengan nilai resistivitas 2–4Ωm terdapat pada kedalaman 5 sampai 11,6 meter. Jika melihat dari kemenerusan daerah sekitar penampang ini merupakan aliran air/sungai pada lokasi penelitian. Hal ini dikarenakan sebaran dari warna biru ini hanya terpusat disatu area yang tidak menyebar di seluruh area penelitian.



Gambar 06 Penampang hasil geolistrik 3D dengan nilai resistivitas 2-4 Ωm

➤ Nilai Resistivitas 5-7 Ωm

Gambar 07 menjelaskan penampang bawah permukaan dengan nilai resistivitas 5-7 Ωm terdapat pada kedalaman 2,53 sampai 6 meter. Pada penampang ini digambarkan dengan warna hijau mengarah ke kuning dan coklat. Penampang terlihat dari awal sampai akhir area pengukuran yang terlihat pada jarak 50-70 meter sampai pada kedalaman 11meter. Jenis material pada nilai resistivitas ini dapat dikorelasikan dengan *clay* jenuh.



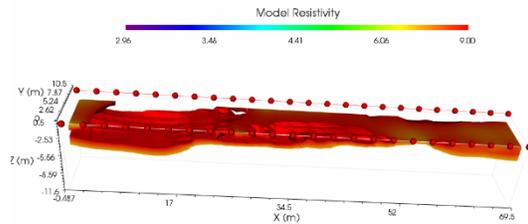
Gambar 07 Penampang hasil geolistrik 3D nilai resistivitas 5-7 Ωm

➤ Nilai Resistivitas 7-9 Ωm

Gambar 08 menjelaskan penampang bawah permukaan dengan nilai resistivitas 7-9 Ωm terdapat pada kedalaman 0 sampai 2,53 meter. Pada penampang ini terlihat warna merah di permukaan yang menggambarkan sebaran nilai resistivitas pada lokasi penelitian menyebar sepanjang area pengukuran. Jenis material ini bisa dikorelasikan dengan jenis material *dry clay* (lempung kering).

Berdasarkan hasil dari model 3D pada area penelitian didapatkan analisis pada area penelitian terdiri dari 3 jenis material yakni air (warna biru),

clay jenuh (warna hijau –kuning) dan *clay* kering (warna merah).



Gambar 08 Penampang hasil geolistrik 3D dengan nilai resistivitas 7-9 Ωm

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan: Pada lokasi penelitian didominasi dengan material lunak yang terlihat dari nilai resistivitas 2-9 Ωm . Didapatkan analisis 3 jenis material yakni air (warna biru), lempung jenuh (warna hijau-kuning) dan lempung kering (warna merah) yang mendominasi di wilayah terkait. Pada model penampang nilai resistivitas 2-4 Ωm dengan model warna biru didapatkan pola kemenerusan yang dianalisis merupakan aliran air yang terdapat pada bagian tengah lokasi penelitian pada kedalaman 5-11 meter.

Pentingnya informasi kondisi dibawah permukaan ini dapat digunakan sebagai informasi awal untuk pembangunan kampus Unhan RI, IPSC Sentul yang nanti dilengkapi dengan data bor atau data data fisis tanah secara langsung di lokasi penelitian. Dengan melengkapi dengan data fisis pada lokasi penelitian agar mempermudah untuk membuat desain bangunan yang sesuai dengan kondisi bawah permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Andalan Tunas Mandiri dan Program Studi Teknil Sipil Universitas Pertahanan Republik Indonesia (Unhan RI) atas dukungan terhadap perjalanan penelitian ini. Semoga jalinan kerjasama dalam penulisan ini bisa berjalan terus kedepannya sehingga menghasilkan beberapa tulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antareza, M. A., Wafi, A., Lasmana, Y., & Mariyanto M. (2020). Geoelectrical survey and cone penetration test data for groundwater potential determination around Gatot Subroto Street, Banjarmasin. *10th International Conference on Physics and It Applications (ICOPIA 2020), Journal of Physics: Conference Series*, 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1825/1/012015>
- Fansuri, M. H., Purwanti, N., Laksmi, A. A., Harahap, S., Puspitasari, S. D., Saputra, P. D., Putra, O. A., Suprayogi, Yanto, & Pratama, B. D. (2023). Membangun Ketahanan Berbasis Komunitas dalam Mengurangi Risiko Bencana Tanah Longsor di Desa Tangkil Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor. *Sewagati*, 7(6): 1006-1015. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i6.773>
- Haryanto, I., Helmi, F., Aldrin, & Sudradjat, A. (2016). Struktur Geologi Daerah Jonggol DaJatiluhur Jawa Barat: *Prosiding Seminar Nasional ke-3 FTG Unpad*, 3: 8-17.
- Hidayat, S., Pachri, H. & Alimuddin, I. (2019). Analysis of Landslide Susceptibility Zone Using Frequency Ration and Logistic Regression Method in Hambalang, Citeureup District, Bogor Regency, West Java Province. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 280 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/280/1/012005>
- Isbiantoro, R. & Zulfian, Z. (2021). Aplikasi Metode Geolistrik 3D untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus: Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. *Prima Fisika*. 9 (2): 132-137. <https://doi.org/10.26418/pf.v9i2.49463>
- Kanata, B. & Zubaidah, T. (2017). Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner-Schlumberger Untuk Survey Pipa Bawah Permukaan, Mataram: *Jurnal Elektro*. 7(2):84-91.
- Puluiyo, J., As'ari, & Tongkukul, S. H. J. (2017). Perbandingan Konfigurasi Wenner Alfa, Wenner-Schlumberger, Dipole-Dipole dan Pole-Dipole dalam Metode Geolistrik Tahan Jenis untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah: *Jurnal MIPA Unsrat Online*.
- Sani, R. A., Muslim, D., Zakaria, Z. & Misbahudin. (2017). Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Pada Bukit Hambalang Bagian Selatan, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. 8(3): 143-152. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v8i3.127>
- Setiyawan, T. (2010). *Tugas Akhir: Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo Dengan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Mendapatkan Bidang Patahan*. Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA ITS.
- Jefriyanto, U., As'ari, & Tongkukul, S. H. J. (2015). Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger dan Konfigurasi Dipole-Dipole untuk Identifikasi Patahan Manado di Kecamatan Paaldua Kota Manado. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(2). <https://doi.org/10.35799/jis.15.2.2015.10228>
- Wafi, A. (2013). *Tugas Akhir: Pemetaan Zona Lemah dengan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner dan Dutch Cone Penetrometer Test di Jalan Arteri Porong*, Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA ITS
- Wafi, A., Santosa, B. J., Warnana, D. D. (2014). Pemetaan Zona Lemah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner dan Dutch Cone Penetrometer Test (DCPT). *Jurnal SAINS dan SENI ITS*, 3(2), B92- B95. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v.v3i2.6783>
- Wafi, A., Sasmito, P., Rizki, M. A., & Rahman, A. (2018). Comparison Analysis of Subsurfaces Survey Between Geophysics Method (Geoelectric/ERT) and Geotechnical Method (Standard Penetration Test (SPT) at Kaima Overpass Manado-Bitung Toll Road. *EAGE-HAGI 1st Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience & Engineering*, 11-12 April 2018, Yogyakarta, Indonesia.
- Wafi, A., Prayogo, A. S., & Susilianto, P. (2023). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode Geolistrik 2D Dan Geolistrik 1D Studi Kasus: Lapangan Pulojahe). *Prosiding Seminar Nasional Metode dan Teknologi Bidang Konstruksi Politeknik Pekerjaan Umum Tahun 2022 "Digital Construction Dalam Rangka Akselerasi Pelaksanaan Konstruksi Berkelanjutan"* ISSN 3024-8345. Semarang, 6-7 Desember 2022: Politeknik Pekerjaan Umum

Wafi, A., Santoso, H. T., Sasangka, D. J., Andani. A. (2023). Analisis struktur bawah permukaan tanah dengan menggunakan metode geolistrik dan sondir (studi kasus: lapangan gate-ball, kampus I Politeknik Pekerjaan Umum, Semarang). *Prosiding Seminar Nasional Metode dan Teknologi Bidang Konstruksi Politeknik Pekerjaan Umum Tahun 2022 "Digital Construction Dalam Rangka Akselerasi Pelaksanaan Konstruksi Berkelanjutan"*ISSN 3024-8345. Semarang, 6-7 Desember 2022: Politeknik Pekerjaan Umum