



Aplikasi Perangkat Lunak Plaxis dan Geostudio dalam Studi Subsiden Tanah di Kecamatan Tarumajaya akibat Pemanfaatan Air Tanah Berlebih

Yonas Prima Arga Rumbyarso *

Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): yonasprima@unkris.ac.id

Abstrak

Kecamatan Tarumajaya di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat, yang memiliki luas 53,63 km² dan kepadatan penduduk yang tinggi, mengalami peningkatan ekstraksi air tanah untuk penggunaan domestik dan industri melalui sumur bor dalam. Ekstraksi ini berisiko menyebabkan penurunan tanah yang berkelanjutan. Studi ini menerapkan perangkat lunak Plaxis dan Geostudio untuk mensimulasikan dan memproyeksikan tingkat subsiden. Berdasarkan hasil simulasi, Plaxis mengindikasikan penurunan yang lebih signifikan dibandingkan Geostudio, dengan estimasi penurunan mencapai 12,44 cm per tahun saat pompa diaktifkan, dan 2,91 cm per tahun tanpa penggunaan pompa. Di sisi lain, Geostudio menunjukkan penurunan sebesar 11,01 cm per tahun dengan pompa, dan hanya 0,022 cm per tahun tanpa pompa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pompa memiliki pengaruh besar terhadap tingkat penurunan tanah, khususnya pada Gedung A Universitas Esa Unggul, dengan potensi risiko penurunan tanah meningkat hingga 291,09% saat pompa digunakan.

Kata kunci: *Geostudio, plaxis, penurunan tanah, pengambilan air dalam tanah, tarumajaya*

1. Pendahuluan

Menurut data terkini yang dirilis oleh (Biro Pusat Statistik Kabupaten Bekasi, 2023) untuk populasi di wilayah tersebut telah mencapai angka 2.251.117 orang. Laju pertumbuhan penduduk tahunan di wilayah ini tercatat sebesar 0,71%, dengan kepadatan yang mencapai 14.081,21 orang per kilometer persegi. Kecamatan Tarumajaya, dengan luas wilayah sekitar 53,63 kilometer persegi, menjadi salah satu area yang dicatat dalam laporan tersebut oleh (Melanira & Rudianto, 2023). Wilayah ini mengalami peningkatan kebutuhan akan sumber daya air, baik untuk keperluan industri maupun rumah tangga.

Kebutuhan air di Tarumajaya yang tinggi ini umumnya dipenuhi melalui penggunaan sumur bor dalam. Hal ini berpotensi menimbulkan masalah subsiden tanah atau penurunan tanah, yang juga dikenal dengan istilah *land subsidence*, yang diantaranya disebabkan oleh pemompaan air tanah dan beban bangunan (Rochim, A., & Fitriyana, L., 2022).. Subsiden adalah fenomena penurunan permukaan tanah yang bisa terjadi secara bertahap atau mendadak. Penyebab umum dari fenomena ini adalah ekstraksi air tanah yang berlebihan menggunakan pompa dari akuifer. Proses ini meningkatkan tekanan pada partikel tanah dan menyebabkan pemampatan, terutama pada jenis tanah yang lunak seperti lanau atau liat.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Darmiyanti, L., et al., 2023), ekstraksi air tanah yang berlebih dapat menyebabkan berkurangnya gaya uplift tanah. Akibatnya, terjadi

peningkatan tegangan efektif yang menyebabkan penyusutan butiran tanah dan penurunan tanah yang signifikan. Proses ini juga bisa memicu erosi dalam tanah yang berdampak pada penurunan muka air tanah dan penurunan tanah yang lebih luas. Kesadaran akan dampak jangka panjang dari kegiatan ini perlu ditingkatkan di kalangan masyarakat dan pihak berwenang untuk menghindari kerusakan yang lebih parah di masa depan. *Land subsidence* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu penurunan tanah alami (*natural subsidence*) disebabkan oleh sedimentasi pada daerah cekungan dan sebagainya, yaitu proses geologi. Penyebab penurunan tanah alami dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) yaitu siklus geologi dan sedimentasi pada daerah cekungan (Fitriyana, L., & Satrio, E. M., 2023)

2. Metode

Pada metode penelitian menjelaskan tentang konsep dari penelitian, yaitu urutan, teknik yang digunakan, alat yang digunakan, dan desain dari penelitian. Desain dari penelitian ini sesuai dengan pemilihan pendekatan pada penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis atau menyelidiki besarnya penurunan dan lama waktu penurunan tanah yang dipengaruhi oleh pengambilan air dalam tanah yang terjadi di Kawasan Tarumajaya menggunakan aplikasi khusus geoteknik. Untuk tahapan penelitian pertama kami mulai untuk pengumpulan materi atau tinjauan pustaka untuk menggali informasi terkait dengan penelitian ini. Kemudian kami mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk penelitian ini yang dimana nantinya data itu akan kami analisis pada pembahasan. Kemudian dari pembahasan yang telah dibahas akan ditarik pada kesimpulan dan saran sebagai referensi penelitian selanjutnya. Pada penelitian ini digunakan data sekunder, yaitu data yang didapatkan tidak langsung dari lapangan. Data tersebut meliputi gambar kerja Gedung A Universitas Esa Unggul, data tanah Gedung A Universitas Esa Unggul, data penggunaan air di Gedung A Universitas Esa Unggul, data *land subsidence* Kabupaten Bekasi, dan data parameter tanah menurut para ahli.

2.1. Data Umum Proyek

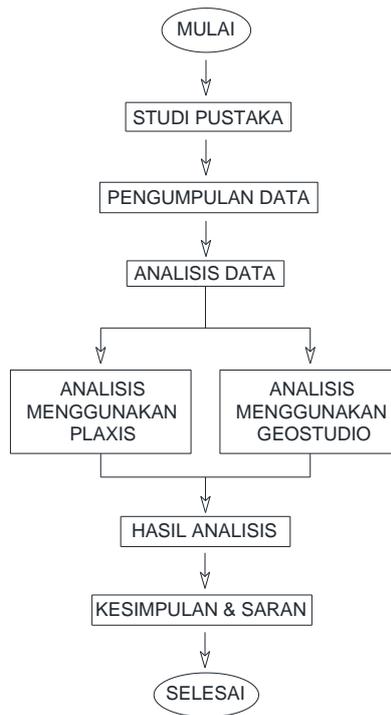
Proyek Konstruksi Gedung A di Universitas Esa Unggul, yang berlokasi di Jalan Harapan Indah Boulevard No.2, Pusaka Rakyat, Kecamatan Tarumajaya, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17214, didesain untuk digunakan sebagai Gedung Laboratorium. Struktur gedung ini terdiri dari lima lantai dan satu basement, menggunakan beton bertulang untuk struktur utama dan rangka baja untuk atapnya.

2.2. Data Utama

Kekuatan tekan beton yang digunakan untuk pelat lantai, pelat tangga, balok, dan kolom adalah $f'c$ 25 MPa, sementara untuk pondasi, beton yang digunakan memiliki kekuatan tekan $f'c$ 30 MPa. Adapun baja tulangan yang digunakan memiliki kekuatan tarik sebesar f_y 400 MPa dan f_y 240 MPa. Jumlah lantai adalah 5 lantai dan 1 basement, struktur konstruksi bangunan menggunakan struktur beton bertulang, struktur atap menggunakan rangka baja.

Adapun tahapan-tahapan analisis data adalah sebagai berikut :

- 1) Perhitungan beban bangunan dilakukan secara manual termasuk beban angin dan beban gempa sesuai dengan standar SNI-1726-2019;
- 2) Tujuan awal adalah untuk menganalisis penurunan tanah dengan merancang sistem pompa air pada lapisan tanah menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D;
- 3) Melakukan analisis dengan menggunakan Geostudio.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil investigasi tanah di lapangan, umumnya kondisi tanah dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 1. Profil tanah BM. 1

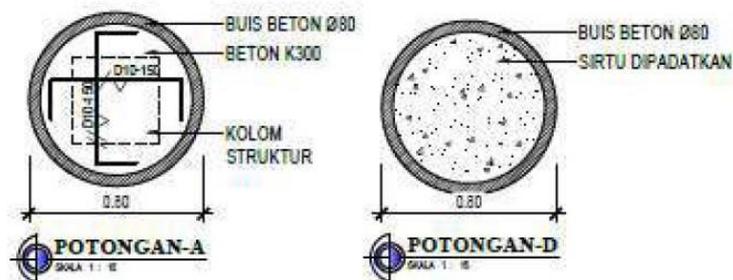
No	Depth (m)	Gs	W (%)	C (kg/cm ²)	Ø (°)
1	5	1,412	35,172	0,350	27,05
2	10	1,417	54,124	0,01	23,1
3	15	1,352	52,161	0,2`3	27,31
4	20	1,427	62,313	0,051	21,66
5	25	1,374	51,305	0,071	32,11
6	30	1,427	35,011	0,212	26,22
7	35	1,443	32,576	0,208	21,17
8	40	1,402	40,111	0,321	27,13
9	45	1,479	37,377	0,459	31,55
10	50	1,465	35,201	0,202	46,61

Sumber : Data Tanah Proyek, 2024.

3.1. Uji Bore Log

Hasil uji bore log di Gedung A mengungkapkan kedalaman muka air tanah sekitar 32 cm. Berdasarkan pengeboran, komposisi tanah berubah pada berbagai kedalaman: mulai dari permukaan hingga -3,15 m, ditemukan tanah urug berisi campuran pasir, kerikil, dan batuan koral berwarna coklat gelap yang cukup lunak; sementara pada kedalaman -3,15 m hingga -48,75 m, dominan lempung dengan campuran pasir dan kerikil pada tingkat yang berbeda, berwarna abu-abu dan coklat gelap dengan tekstur dari lunak hingga semakin keras di lapisan bawah. Untuk analisis pembebanan Gedung A di Universitas Esa Unggul Tarumajaya,

digunakan perhitungan manual yang menggabungkan beban mati dan beban hidup. Dalam pembangunan gedung tersebut, digunakan dua jenis pondasi, yaitu pondasi sumuran dan pondasi tiang pancang.



Gambar 2. Detail pondasi

3.1.1. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran mempunyai diameter 80 cm dengan kedalaman mencapai 2,75 meter, dengan total beban yang ditanggung sekitar 7 ton yang terdiri dari 3,9 ton dari beton bertulang dan 3,8 ton dari sirtu. Sementara itu, pondasi tiang pancang berdimensi 55 cm x 55 cm x 3500 cm dengan total beban mencapai 1.117,3 ton. Untuk *Pile Cap*, terdapat 6 tipe dengan total beban sebesar 265 ton dan *Tie Beam* juga memiliki 6 tipe dengan beban total 141,9 ton. Kolom bangunan mencakup 5 lantai dan 1 basement dengan beban total sekitar 555,47 ton. Rinciannya, beban kolom semi basement adalah 104,7 ton, kolom lantai 1 sebesar 111,77 ton, kolom lantai 2 sebesar 121,44 ton, kolom lantai 3 sebesar 133,77 ton, kolom lantai 4 sebesar 98,21 ton, kolom lantai 5 sebesar 119,71 ton, dan kolom atap sebesar 6 ton. Total beban pada balok keseluruhan adalah 998,7 ton dengan rincian pada lantai 1 sebesar 203,72 ton, lantai 2 sebesar 187,6 ton, lantai 3 sebesar 175 ton, lantai 4 sebesar 177 ton, atap sebesar 17 ton, dan *ringbalk* sebesar 114,1 ton. Pelat lantai merupakan bagian yang paling tipis dalam struktur, bertumpu pada balok dan kolom dengan satu pelat basement, lima pelat lantai, dan satu pelat atap, dengan total beban keseluruhan pelat sebesar 1333,44 ton. Rincian beban meliputi pelat lantai basement sebesar 315,1 ton, lantai 1 sebesar 433 ton, lantai 2 sebesar 219,3 ton, lantai 3 sebesar 314,31 ton, lantai 4 sebesar 307,11 ton, dan lantai 5 sebesar 322,11 ton, dengan beban total plat *ringbalk* sebesar 143,7 ton, dan beban total plat atap sebesar 16,9 ton. Dinding geser atau *shear wall*, yang merupakan elemen vertikal dari sistem penahan gempa, berfungsi menahan gaya lateral. Volume dinding ini adalah 13,33 m³, yang berarti beban sekitar 32,55 ton, dengan dinding memiliki luas 2771,3 m² dan berat 1155,22 ton. Total beban mati Gedung A adalah 4.798,1 ton atau 54,911 kN, dan jika dikonversi per m² menjadi 71,17 kN/m². Berdasarkan SNI-1727-2020, beban hidup untuk Gedung A adalah lantai laboratorium 250 kg/m², tangga 500 kg/m², dan lantai basement 800 kg/m², dengan total beban hidup Gedung A sebesar 1,65 t/m² atau 14,7 kN/m². Kombinasi beban didapatkan dari 1,2 DL ditambah 1,6 LL yang menghasilkan 71,84 kN/m².

Menurut SNI 03-7065-2005, kebutuhan air bersih pada gedung laboratorium sebesar 111 liter/orang/hari, sehingga dapat diperoleh debit penggunaan air pada Gedung A sebagai berikut :

- Penghuni : 85 orang
- Kebutuhan air bersih : 111 liter/orang/hari

- Debit air asrama (Q) = penghuni asrama x SNI kebutuhan air
= 85 orang x 111 liter/orang/hari = 9.435 liter/hari = 11,1 m³/hari

Data tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil uji sondir tanah di Gedung A Laboratorium Universitas Esa Unggul Tarumajaya Bekasi, ditunjukkan pada Tabel 2.

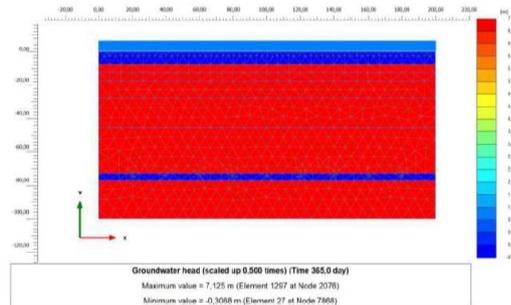
Tabel 2. Parameter tanah

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT	Type	WC (%)	γ_{sat} (kN/m ³)
0 – 8,5	Sand	21	Drained	45,17	15,14
8,5 – 13,5	Medium Stiff Clay	3	Drained	51,33	17,31
13,5 – 18,5	Very Stiff Clay	7	Drained	57,16	17,13
18,5 – 28,5	Medium Stiff Clay	11	Drained	51,55	15,55
28,5 – 46,5	Sand	21	Drained	36,15	15,65
46,5 – 48,75	Hard Clay	33	Undrained	36,27	15,47

3.2. Hasil Analisis Software Plaxis 2D

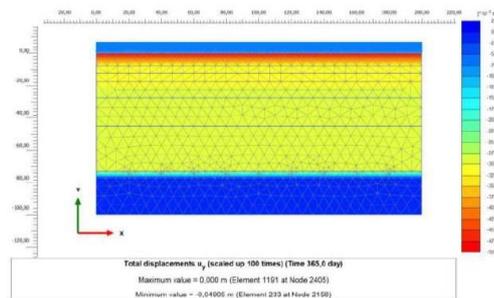
a) Permodelan tanpa menggunakan pompa selama 1 tahun

- Kondisi muka air tanah mengalami penurunan sebesar 0,43 cm, yang awalnya berada pada elevasi -27 cm menjadi -27,44 cm.



Gambar 3. Groundwater head

- Total penurunan mencapai nilai 4,11 cm.



Gambar 4. Total displacement

Untuk mengetahui besar penurunan pada setiap lapisan tanah, dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

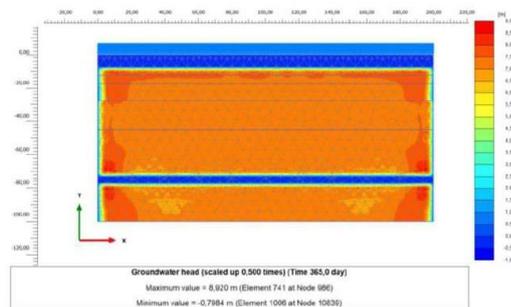
Tabel 3. Output titik monitoring plaxis tanpa pompa

Titik Acuan	Tipe Tanah	Penurunan (cm)	Penurunan Tiap Titik (cm)
1	Soft Clay	5,2	1,7
2	Soft Clay	4,2	0,2
3	Stiff Clay	4,0	0,07
4	Medium Stiff Clay	3	0,01
5	Sand	3	0,07
6	Very Stiff Clay	4,1	0,07
7	Sand	4,1	3,32
8	Very Stiff Clay	0,7	0,07
9	Hard Clay	0	0
Total Penurunan			4,1

Berdasarkan Tabel 3, penurunan terbesar terjadi pada lapisan tanah sand (lapisan tanah pompa) sebesar 3,32 cm.

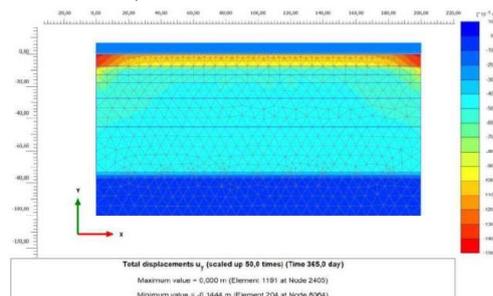
b) Permodelan dengan menggunakan pompa selama 1 tahun

- Kondisi muka air tanah mengalami penurunan sebesar 45,69 cm, yang awalnya berada pada elevasi -32 cm menjadi -32,19 cm.



Gambar 5. Groundwater Head

- Total penurunan mencapai nilai 14,71 cm.



Gambar 6. Total Displacement

Untuk mengetahui besar penurunan pada setiap lapisan tanah, dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Output titik monitoring plaxis tanpa pompa

Titik Acuan	Tipe Tanah	Penurunan (cm)	Penurunan Tiap Titik (cm)
1	Soft Clay	10,22	2,1
2	Medium Stiff Clay	9,7	5,7
3	Very Stiff Clay	6,3	0,1
4	Medium Stiff Clay	6	0,1
5	Hard Clay	5,6	0,2
6	Very Stiff Clay	5,8	0,3
7	Sand	5,2	2,11
8	Very Stiff Clay	0,9	0,8
9	Hard Clay	0	0
Total Penurunan			4,1

Berdasarkan Tabel 4, penurunan terbesar terjadi pada lapisan medium stiff clay (lapisan tanah pompa) sebesar 5,7 cm.

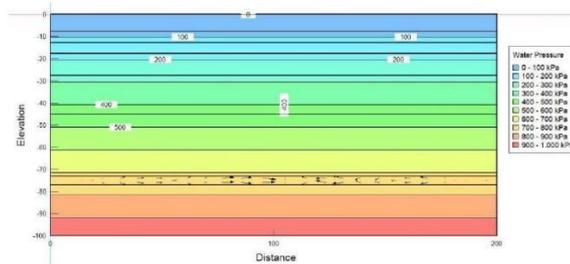
Tabel 5. Hasil Analisis Software Plaxis

Model Plaxis	Penurunan Tanah (cm)	Groundwater Head (cm)	Settlement (cm)
Tanpa Pompa	3,7	-0,66	4,11
Dengan Pompa	8,45	-49,99	5,7

3.3. Hasil Analisis Software Geostudio

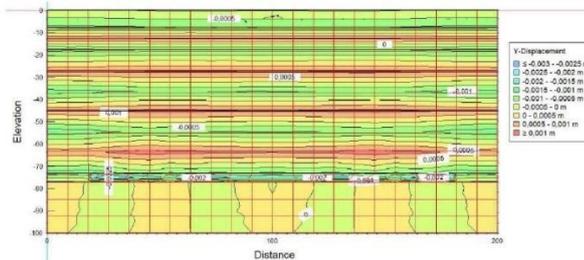
a) Permodelan tanpa menggunakan pompa selama 1 tahun

- Kondisi muka air tanah mengalami penurunan



Gambar 7. Kondisi Muka Air Tanah

- Total penurunan mencapai 0,07 cm



Gambar 8. Penurunan Tanah

3.3.1 Output Geostudio tanpa pompa

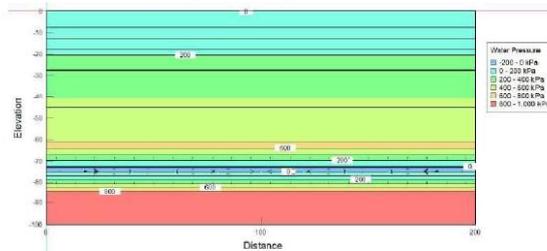
Tabel 6. Output Geostudio Tanpa Pompa

Titik Monitor	Jenis Tanah	Settlement (cm)	Penurunan Tiap Titik (cm)
1	Very Stiff Clay	0,02	-0,071
2	Soft Clay	0,07	0,00
3	Very Stiff Clay	-0,07	0,00
4	Stiff Clay	0,07	0,00
5	Hard Clay	-0,08	0,00
6	Hard Clay	-0,08	0,02
7	Very Stiff Clay	0,11	0,201
8	Medium Stiff Clay	0,03	0,003
9	Very Stiff Clay	0,00	0,00
Total Penurunan			0,021

Berdasarkan Tabel 6, penurunan terbesar terjadi pada lapisan *very stiff clay* (lapisan tanah pompa) sebesar 0,201 cm.

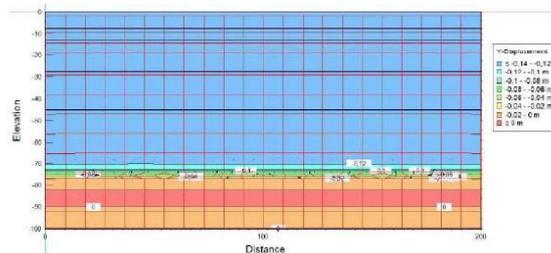
b) Permodelan dengan pompa selama 1 tahun

- Kondisi muka air tanah tidak mengalami penurunan



Gambar 9. Kondisi Muka Air Tanah

- Total penurunan mencapai 0,0047 cm



Gambar 10. Penurunan tanah

Kesimpulan

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D dan Geostudio menunjukkan bahwa ekstraksi air tanah di kawasan Tarumajaya, khususnya di Gedung A Laboratorium Universitas Esa Unggul, mengakibatkan penurunan muka air tanah sebanyak 46,71 cm dalam satu tahun menurut Plaxis 2D, sementara Geostudio tidak mencatat adanya penurunan. Penurunan tanah paling signifikan tercatat pada lapisan soft clay sebesar 3,1 cm dalam Plaxis 2D dan pada lapisan sand sebesar 7,17 cm dalam Geostudio. Dalam periode satu tahun, penurunan tanah yang diprediksi adalah 12,11 cm oleh Plaxis 2D dan 11,77 cm oleh Geostudio. Penggunaan pompa meningkatkan penurunan tanah hingga 168,77% dalam Plaxis 2D, dengan perbedaan 6,31 cm antara kondisi dengan dan tanpa penggunaan pompa, sedangkan Geostudio

mencatat perbedaan sebesar 9,66 cm. Ini menunjukkan bahwa penggunaan pompa dalam pengambilan air tanah berdampak besar terhadap penurunan tanah di area tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana atas seluruh dukungan dan perhatian yang telah diberikan, yang memungkinkan penelitian ini dapat dilaksanakan. Isi sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Daftar Pustaka

- Achmad, F. A., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). Analisis Struktur Slab On Pile terhadap Kontrol Lendutan pada Proyek Jalan Tol Kataraja. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 13457-13467.
- Anggrahini, N. Z., & Fitriyana, L. (2022). Studi Kasus Perbaikan Tanah Lunak Pada Proyek Tol Semarang â€“Demak (STA 20+ 300 â€“STA 20+ 500). *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, 1(1), 668-681.
- AASHTO 1993, *Guide for Design Of Pavement Structures*. AASHTO, Washington, DC.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing SNI 03-7065-2005*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Biro Pusat Statistik Kabupaten Bekasi. (2023). *Pedoman Pendataan Survei Penduduk Antar Sensus 2023*. Kabupaten Bekasi : Biro Pusat Statistik.
- Darmiyanti, L., Prima, Y., & Aldianto, M. A. (2023). Analisis Borepile Menggunakan Metode Meyyerhoff dan Reese Wright. *Jurnal Sipil Krisna*, 9(1), 27-38.
- Das, B.M.1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Fitriyana, L. (2019). Pengaruh Feldspar Dan Ampas Tebu Terhadap Propertis Tanah Ekspansif. *Jurnal* <https://syawal88.wordpress.com/>. (2024).
- Fitriyana, L., & Satrio, E. M. (2023). Analisa Konfigurasi Tiang Grup Terhadap Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Pada Tanah Lunak. *Jurnal Teknik Silitek*, 3(02), 91-98.
- Kusumo, B. (2023). Rancang Bangun Pengendali Jarak Jauh Panel Listrik Rumah Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Menggunakan Smartphone Android dengan Komunikasi Bluetooth 3.0. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 5(02), 448-472. <https://doi.org/10.53863/kst.v5i02.957>
- Melanira, A., & Rudianto, A. M. (2023). Identifikasi fungsi dan elemen fisik taman tegalega sebagai pemanfaatan ruang terbuka hijau di kota bandung. *Jurnal Ilmiah Arjouna: Architecture and Environment Journal of Krisnadwipayana*, 7(2).
- Pribadi, G., & Rumbyarso, Y. P. A. (2023). Analisis Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Dengan Perhitungan Manual dan Software ALLPILE. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(2), 16-20.

-
- Rochim, A., & Fitriyana, L. (2022). Characterization of Subgrade Soil of Lowland Areas of Semarang City. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 971, No. 1, p. 012034). IOP Publishing
- Rumbyarso, Y. P. A., & Pribadi, G. (2023). Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigation Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 5(02), 562-577.

This is an open access journal distributed under the Creative Commons Attribution License CC BY 4.0, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited