

PEMODELAN PENURUNAN TANAH DI IBU KOTA NEGARA NUSANTARA MENGGUNAKAN ANALISIS NUMERIK METODE ELEMEN HINGGA LISA V.8

Aco Wahyudi Efendi^{1,*}

¹Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tridharma, Balikpapan, 76122, Indonesia

*Corresponding authors: aw.efendi2018@gmail.com

Submitted: 13 August 2022, Revised: 28 November 2022, Accepted: 18 December 2022

ABSTRACT: The IKN area is dominated by hilly areas and broad plains, Seeing the various soil characteristics and varying land elevations, disasters such as landslides and land subsidence often occur. This study validates the results of LISA against a geotechnical analysis program that is very often used and specifically for geotechnical software. It is hoped that the results of this study can contribute to the geotechnical world, especially to become a new treasure using the finite element method LISA. For the point of view the settlement that occurs is 0.0623 meters, where at analysis using geotechnical software, the settlement that occurs at the same point in the review is 0.0633 meters, there is an insignificant difference with a ratio of 1.016 from the results of the geotechnical software with the results of LISA V.8 FEA.

KEYWORDS: FEA; geotechnical; LISA; soil; subsidence.

ABSTRAK: Wilayah IKN didominasi oleh daerah perbukitan dan dataran yang luas, Melihat karakteristik tanah yang beragam dan elevasi tanah yang bervariasi, sering terjadi bencana seperti tanah longsor dan penurunan muka tanah. Penelitian ini melakukan validasi hasil LISA terhadap program analisis geoteknik yang sangat sering digunakan dan khusus untuk perangkat lunak geoteknik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bagi dunia geoteknik khususnya menjadi khazanah baru dengan menggunakan metode elemen hingga LISA V.8 FEA. Untuk sudut penurunan yang terjadi adalah 0.0623 meter, dimana pada analisis menggunakan software geoteknik Geostudio Sigma/W , penurunan yang terjadi pada titik yang sama pada tinjauan adalah 0.0633 meter, terdapat perbedaan yang tidak signifikan dengan rasio 1.016 dari hasil software geoteknik Geostudio Sigma/W dengan hasil LISA V.8 FEA.

KATA KUNCI: FEA; geoteknik; LISA; tanah; penurunan.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1 PENDAHULUAN

Wilayah Ibu Kota Negara Nusantara (IKN) didominasi oleh daerah perbukitan dan dataran yang luas, memiliki situs formasi batuan (Tmbp) Pulau Balang yang terendapkan secara selaras di atas formasi Bebulu. Formasi ini tersusun atas diselingi batupasir granit dan kuarsa dengan sisipan batugamping, batulempung, batubara, dan tufa dasit. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) PPU, tercatat musibah bencana tanah longsor di 2018 terjadi 4 kali, 2019 terjadi 2 kali, 2020 terjadi 1 kali, dan 2021 terjadi 4 kali. Ditinjau dari berbagai karakteristik tanah dan perbedaan elevasi tanah yang sangat bervariasi, ini akan menimbulkan potensi terjadi bencana seperti tanah longsor dan penurunan permukaan tanah.

Pada penelitian ini difokuskan pada perilaku penurunan tanah menggunakan *software finite element method* LISA untuk mengidentifikasi potensi dan seberapa besar penurunan tanah yang terjadi. Perangkat

lunak LISA lebih banyak digunakan dalam analisis perilaku material struktural dalam konstruksi dan beberapa bidang industri.

Penggunaan perangkat lunak metode elemen hingga dalam melakukan analisis dalam berbagai tinjauan sangat membantu dan memberikan waktu yang efisien dalam mendapatkan hasil dari perilaku model yang dianalisis.

Metode elemen hingga (FEM) disimulasikan dan dibandingkan dengan solusi analitik atau hasil dari metode numerik lainnya untuk memvalidasi kebenaran dan efisiensi pendekatan yang diusulkan (Wang et al., 2022). FEM adalah pendekatan numerik untuk memecahkan masalah perpindahan besar dan kontinum regangan besar yang berada di luar kemampuan metode elemen hingga klasik (Carbonell et al., 2022). Penelitian ini untuk melakukan validasi dari hasil software LISA terhadap program analisis geoteknik yang sangat sering digunakan dan khusus untuk perangkat lunak geoteknik. Diharapkan hasil penelitian

ini dapat memberikan sumbangsih bagi dunia geoteknik khususnya dan menjadi khazanah baru dengan menggunakan metode elemen hingga LISA.

2 METODOLOGI

2.1 Data tanah dari penyelidikan lapangan

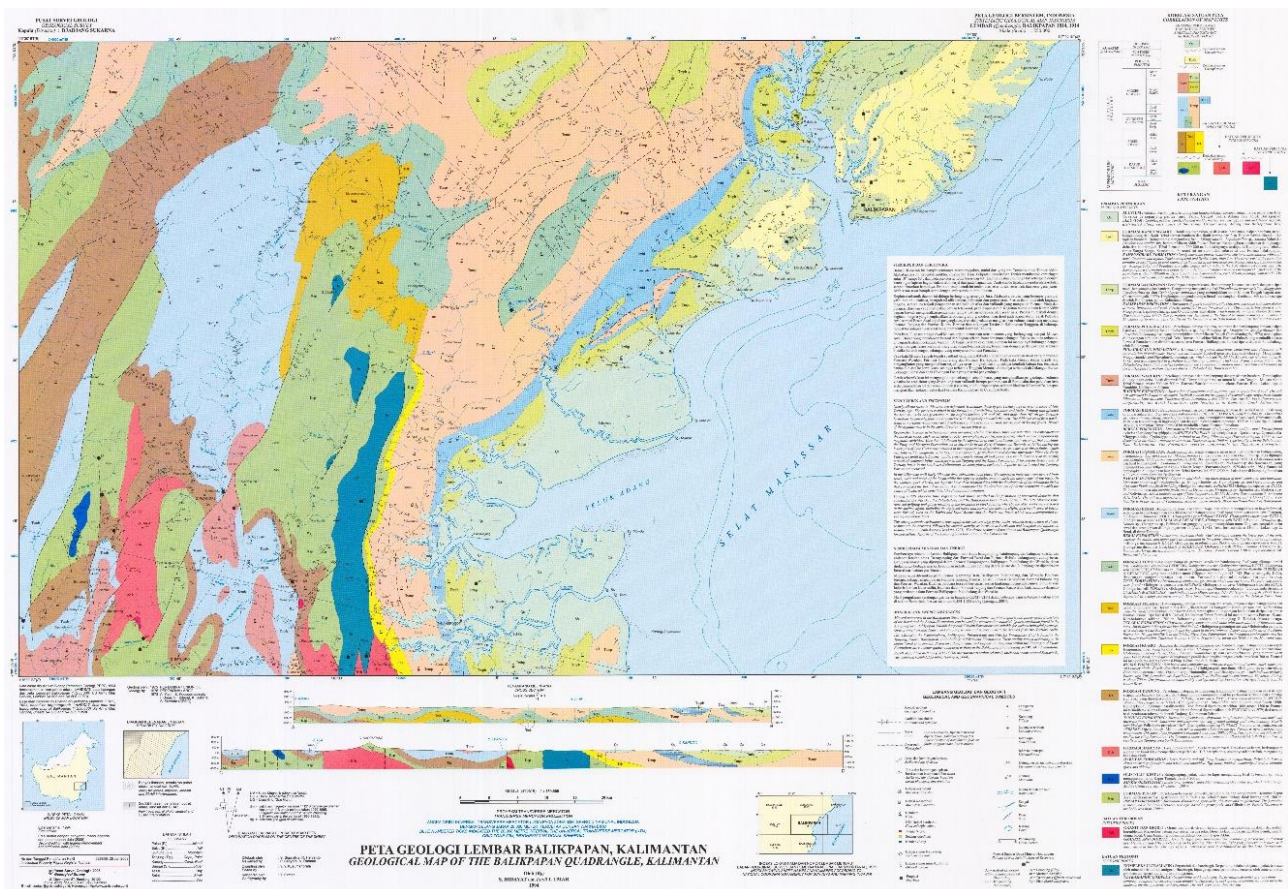
Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data properti tanah dari hasil penyelidikan tanah menggunakan metode boring di salah satu area di kawasan IKN yaitu menggunakan data dari hasil laporan penyelidikan tanah yaitu data pada titik BH-03 di area pelabuhan alat berat milik warga setempat, dari data pemboran dan hasil inspeksi di area pelabuhan milik warga sekitar dan hasil laboratorium tanah, Peneliti akan mendapatkan beberapa parameter. Model multiskala digunakan untuk menguji pengaruh sifat masukan dari bahan konsolidan pada sensitivitas sifat mekanik sampel situs tanah. Perbandingan antara pemodelan dan hasil eksperimen menunjukkan kesepakatan yang memuaskan (Zhang et al., 2022). Dalam metode elemen hingga (FEM), perilaku mekanis tanah ditetapkan melalui model konstitutif, dan pemilihan serta kalibrasi parameter yang benar sangat penting untuk mendapatkan hasil yang akurat (León et al., 2023). Hasil dari beberapa data maka akan

dijadikan acuan dalam pengisian parameter material setiap elemen lapisan tanah dan pemodelan pada *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* untuk mendapatkan perilaku penurunan tanah yang akan dijadikan parameter dalam menggunakan *software* LISA.

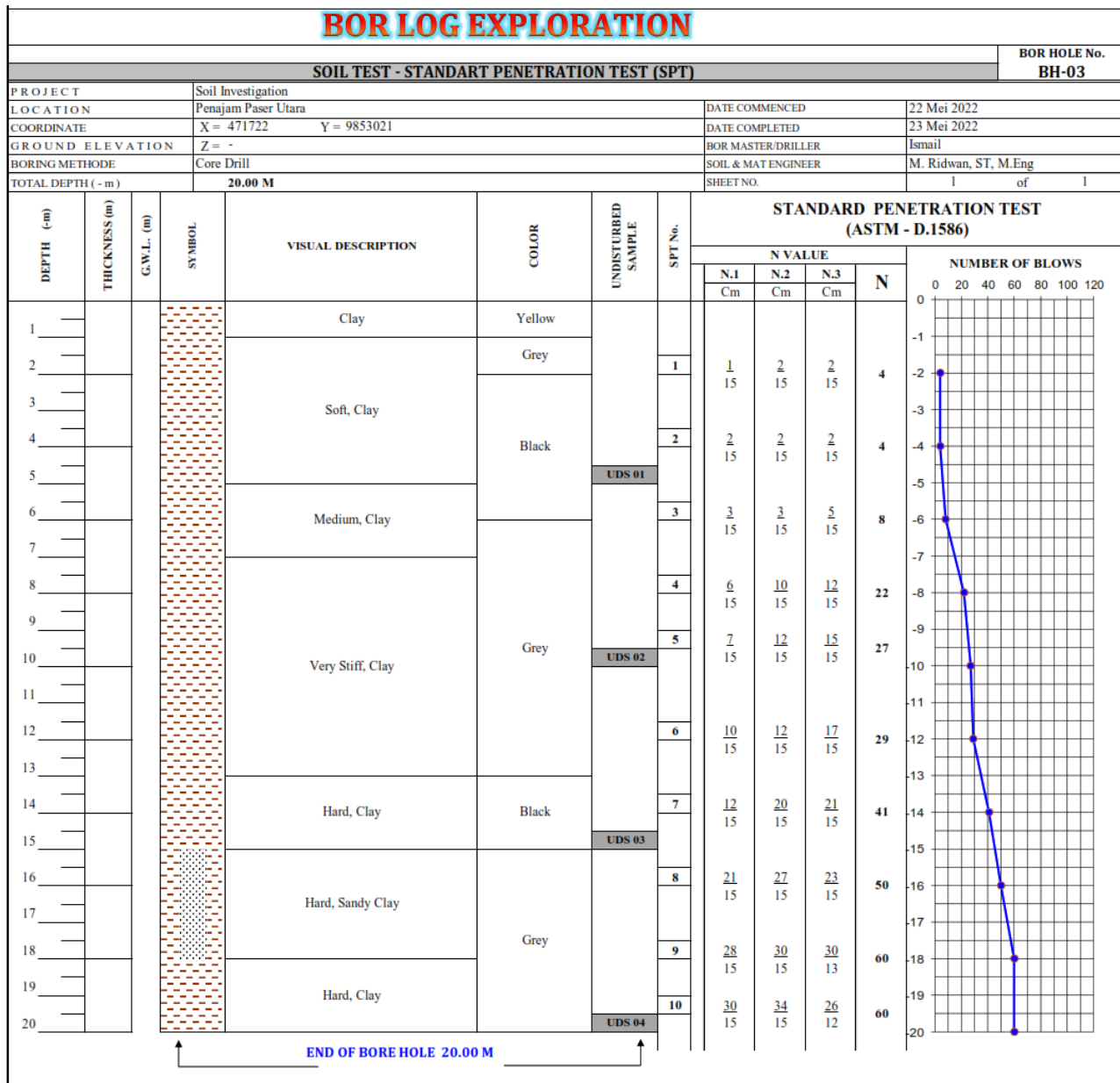
Berdasarkan dari Gambar 1 menerangkan mengenai formasi batuan dari wilayah IKN yaitu formasi ini tersusun dari batu pasir granit dan kuarsa dengan sisipan batu gamping, batu lempung, batu bara, dan tufa dasit. Umur formasi Pulau Balang adalah Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapan darat sampai laut dangkal dan daerah ini juga bersinggungan dengan formasi Balikpapan (Tmpb) yang terbentuk pada lingkungan pengendapan delta atau littoral hingga laut dangkal terbuka, dengan kisaran umur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir.

Adapun dari data hasil penyelidikan tanah berupa dengan metode SPT boring menghasilkan data pada Tabel 1 (Ridwan, 2022).

Data dari penyelidikan tanah ini digambarkan dalam bentuk grafik nilai N SPT pada setiap lapisan tanah (Ganiyu et al., 2021; Akan & Sert, 2021; Amechi & Horsfall, 2020) yang ditinjau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta Lembar Geologi di Kawasan IKN
(Sumber: S. Hidayat, 1994)



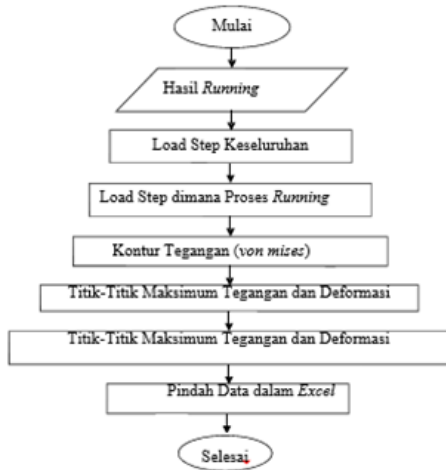
Gambar 2. Hasil Penyelidikan Tanah

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Penyelidikan Tanah Metode SPT pada Titik BH-03

Boring No.	Nomor Satuan Tanah (m)	Keterangan	Nomor Unit Sub Tanah (meter)	Kepadatan	N-SPT (Blows/30 cm)		
BH-03	1	0.00 - 15.00	Lempung	1	0.00 - 1.00	-	
				2	1.00 - 5.00	Lunak	4/30
				3	5.00 - 7.00	Sedang	8/30
	2	15.00 - 18.00	Lempung berpasir	4	7.00 - 13.00	Sangat kaku	22 - 29/30
				5	13.00 - 15.00	Keras	41/30
				6	15.00 - 18.00	Keras	50 - 60/30
				7	18.00 - 20.00	Keras	≥ 60

2.2 LISA V.8 FEA

LISA adalah program analisis elemen hingga multi-fisika yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan perusahaan teknik kecil dan menengah akan kemampuan, dan keandalan (Sonnenhof Holdings, 2013). Bagan alir pengambilan beban kritis, beban leleh, beban ultimit berdasarkan FEM LISA V.8 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian secara Umum

Metode elemen hingga (FEM) adalah metode numerik untuk memecahkan masalah analisis teknis. Metode elemen hingga menggabungkan beberapa konsep matematika untuk menghasilkan persamaan sistem linier atau nonlinier. Jumlah persamaan yang dihasilkan biasanya sangat banyak, mencapai lebih dari 20.000 persamaan. Oleh karena itu, metode ini memiliki nilai praktis yang kecil kecuali komputer yang sesuai digunakan (Song et al., 2017).

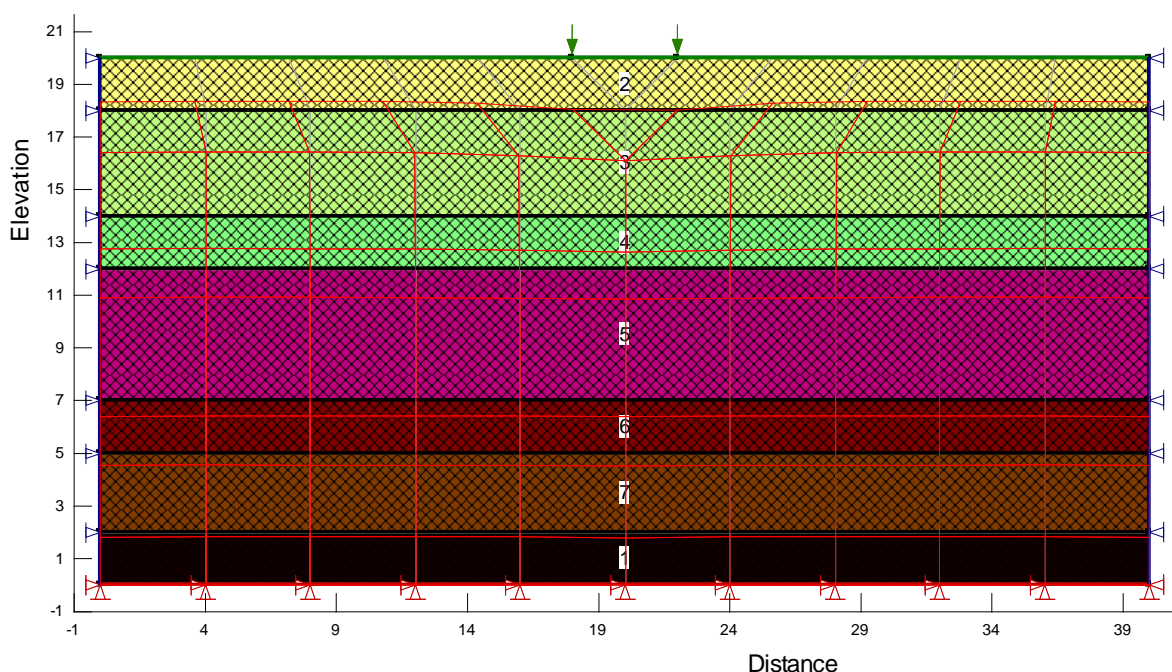
Ketika suatu struktur dikenai gaya-gaya seperti tegangan, tekanan, suhu, laju aliran, dan panas, hasilnya adalah regangan (deformasi), tegangan, suhu, tekanan, dan laju aliran. Sifat distribusi aksi yang dihasilkan (deformasi) pada suatu benda tergantung pada sifat-sifat sistem gaya dan tegangan itu sendiri. Dalam metode elemen hingga Anda dapat menemukan distribusi efek ini, dinyatakan sebagai perpindahan (Akçay et al., 2021; Navaratnarajah & Indrarnatna, 2020).

Untuk elemen garis, LISA menyediakan menu bentuk struktur yang umum digunakan, pengguna hanya perlu menambahkan dimensi elemen dalam satu kotak dialog dan konduktivitas termal di kotak dialog lain. Untuk model elemen garis saja, koefisien konveksi dari permukaan pelat dasar perlu ditentukan sebagai setengah dari nilai yang digunakan di tempat lain karena kita tidak dapat mengecualikan konveksi dari perakitan permukaan pelat dasar dengan alat pemilihan muka. Ini hanya masalah akal sehat (Fumagalli et al., 2022).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil data penyelidikan tanah di atas melakukan pemodelan pada software geoteknik *Geostudio Sigma/W* untuk mendapatkan hasil perilaku penurunan tanah yang terjadi, hal ini menjadi parameter acuan dalam pemodelan yang akan dilakukan pada software LISA V.8 FEA.

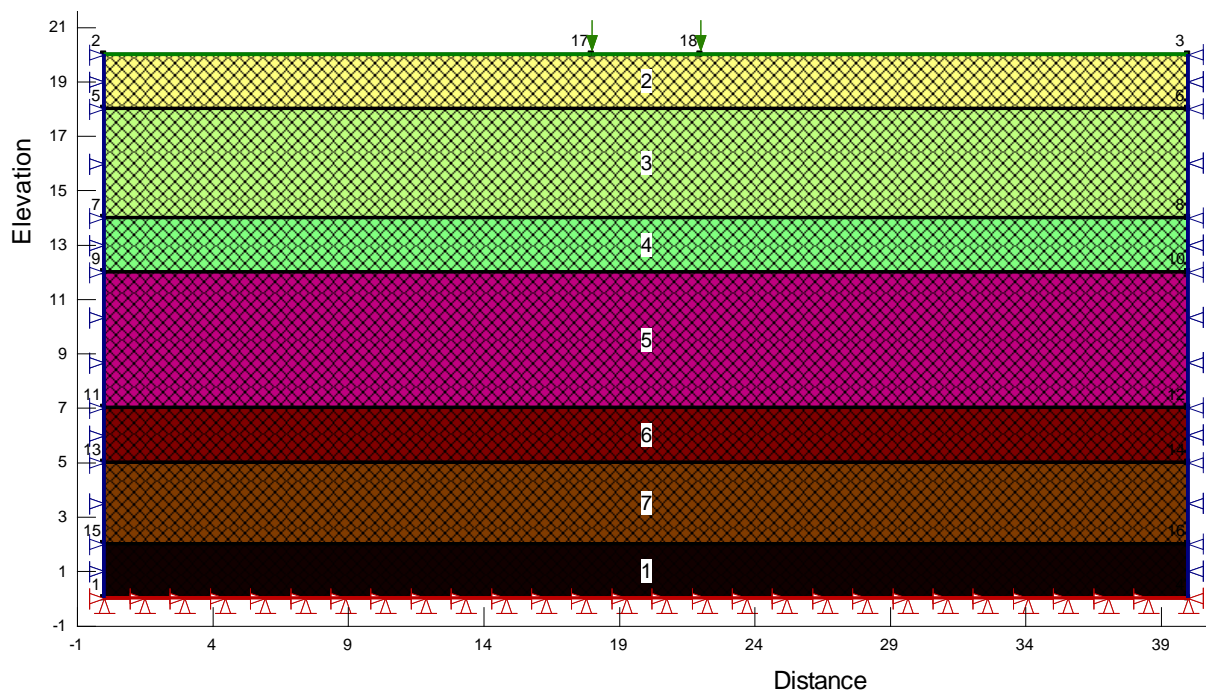
Pemodelan perangkat lunak geoteknik seperti terlihat pada Gambar 4, dimodelkan berupa lahan terbuka sesuai dengan kondisi eksisting di lokasi, dengan meninjau lebar 40 meter dan kedalaman sesuai hasil penyelidikan tanah, dimana nilai N SPT > 30 berada pada kedalaman hingga 20 meter.



Gambar 4. Pemodelan Tanah

Tabel 2. Data Properti Tanah

Kedalaman (m)	Tipe Tanah	Kepadatan (kN/m ³)	N SPT Rata-rata	Tegangan Efektif (kN/m ²)	Es (kN/m ²)	Poisom Rasio (v)
0-2	Clay	16.30	4	20.00	10000	0.42
2-6	Soft clay	16.30	4.3	21.67	10833	0.4
6-8	Medium Clay	16.20	10.3	51.67	25833	0.3
8-13	Very Stiff, Clay	16.20	19.8	98.75	49375	0.25
13-15	Hard Clay	16.90	30.7	153.33	76666	0.2
15-18	Hard Sandy Clay	16.90	37.0	185.00	92500	0.15
19-20	Hard Clay 2	17.00	40.3	201.67	100833	0.15



Gambar 5. Pemodelan Tanah Menggunakan Beban

Data parameter yang diperoleh sesuai dengan Tabel 2, dari hasil uji laboratorium dan beberapa korelasi yang dilakukan sesuai petunjuk standar SNI. Di mana hasil yang diperoleh adalah nilai berat jenis, modulus elastisitas dan poisson rasio masing-masing karakter dan jenis tanah pada kedalamannya masing-masing (Atibrata & Listyawan, 2020).

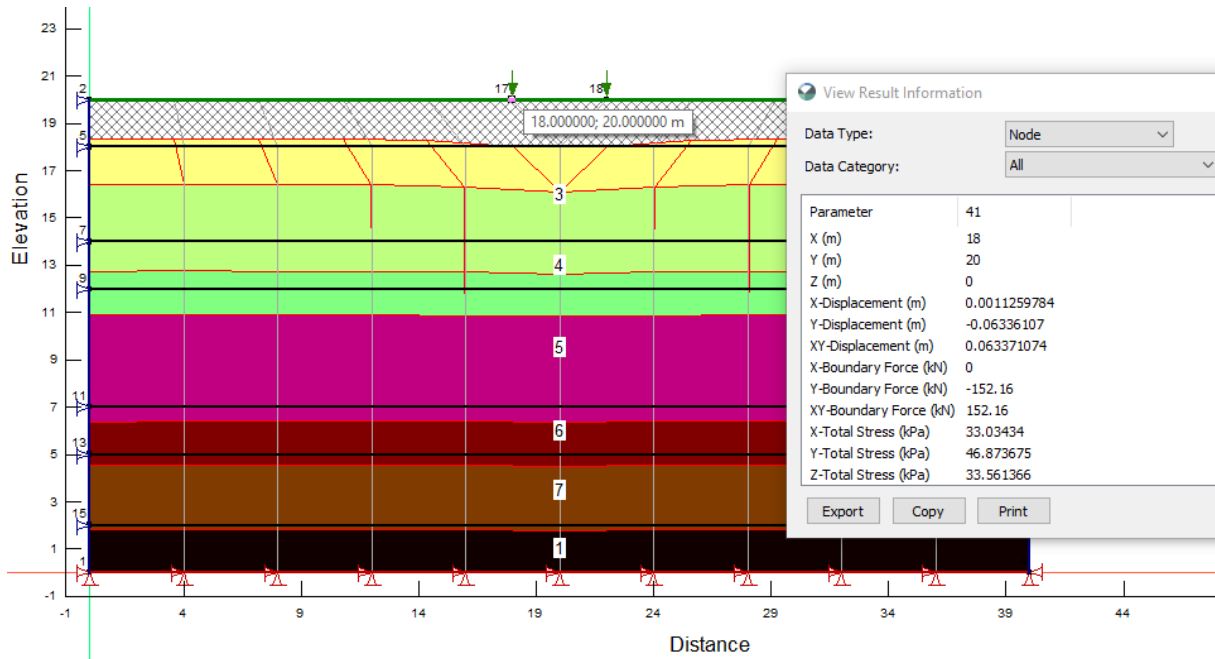
Dari Tabel 2 nilai modulus elastisitas, berat jenis masing-masing jenis tanah dan nilai *poison* rasio digunakan menjadi parameter yang dimasukkan dalam *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* dan *software* LISA V.8 FEA agar memiliki perilaku yang sama dari dua perangkat lunak (Aboubakar et al., 2021; Alkhorshid et al., 2021; Carbonell et al., 2022; Dayarathne et al., 2022; Kudryavtsev et al., 2021; Li et al., 2019; Navaratnarajah & Indraratna, 2020; Zornberg et al., 2017; Vu & Yang, 2018).

Pemodelan awal menggunakan *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* dalam analisis subsiden dengan parameter tanah sesuai Tabel 2, model ini akan

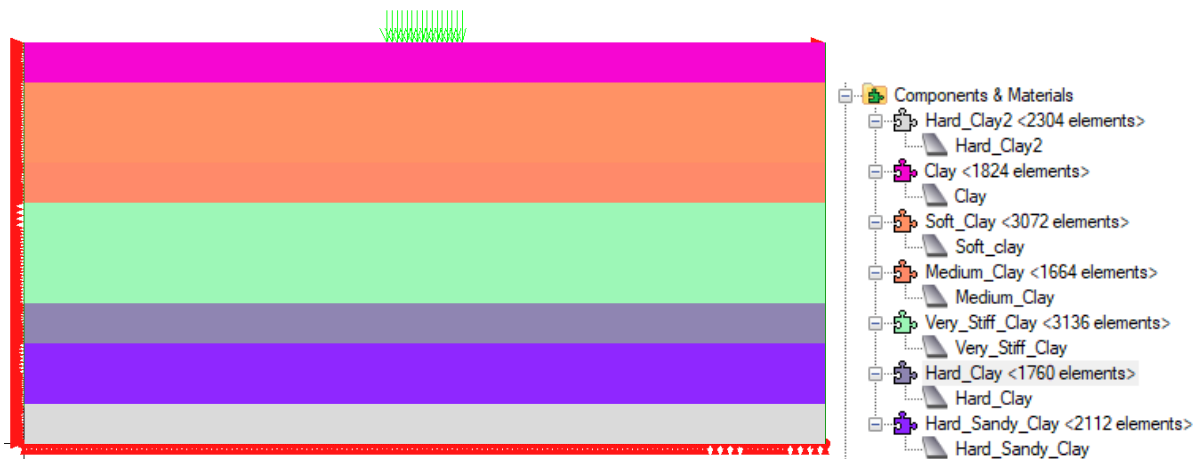
menjadi acuan perilaku *software* metode elemen hingga LISA V.8 FEA dalam melakukan analisis subsidensi, setelah semua parameter dimasukkan pada setiap layer dan jenis tanah, Model diberi beban 152 kN di tengah model, 18-22 meter (simpul 17.18) dari sudut pandang 0 di permukaan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Dari hasil analisis numerik penurunan muka tanah menggunakan *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* di atas didapatkan bahwa terjadinya penurunan pada sumbu Y yang ditinjau akibat beban kerja sebesar 152.16 kN adalah -0.063 m, seperti terlihat pada Gambar 6.

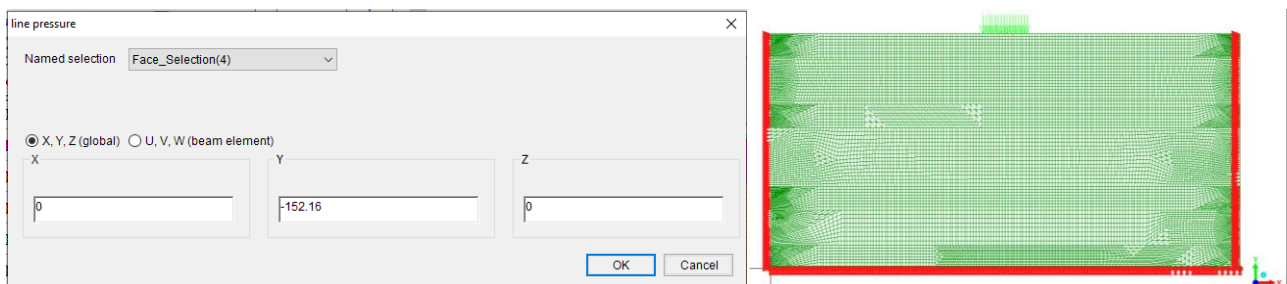
Dari hasil diatas maka dilakukan pemodelan analisis penurunan tanah pada *software* LISA V.8 FEA, dengan menggunakan data sifat tanah yang sama dengan model sebelumnya menggunakan *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* seperti terlihat pada Tabel 2.



Gambar 6. Hasil Analisis Penurunan Muka Tanah



Gambar 7. Parameter Lapisan dan Material Tanah Menggunakan LISA V.8 FEA



Gambar 8. Parameter Beban dan Area Meshing

Pemodelan geometri pada LISA v.8 FEA sesuai dengan geometri yang dilakukan pada gambar 4, dengan tipikal kedalaman yang sama dan melakukan batas pengaku pada sisi kanan dan kiri lapisan tanah dengan perilaku tidak mengalami pergerakan pada sumbu X dan hanya bergerak pada sumbu Y, dan pada

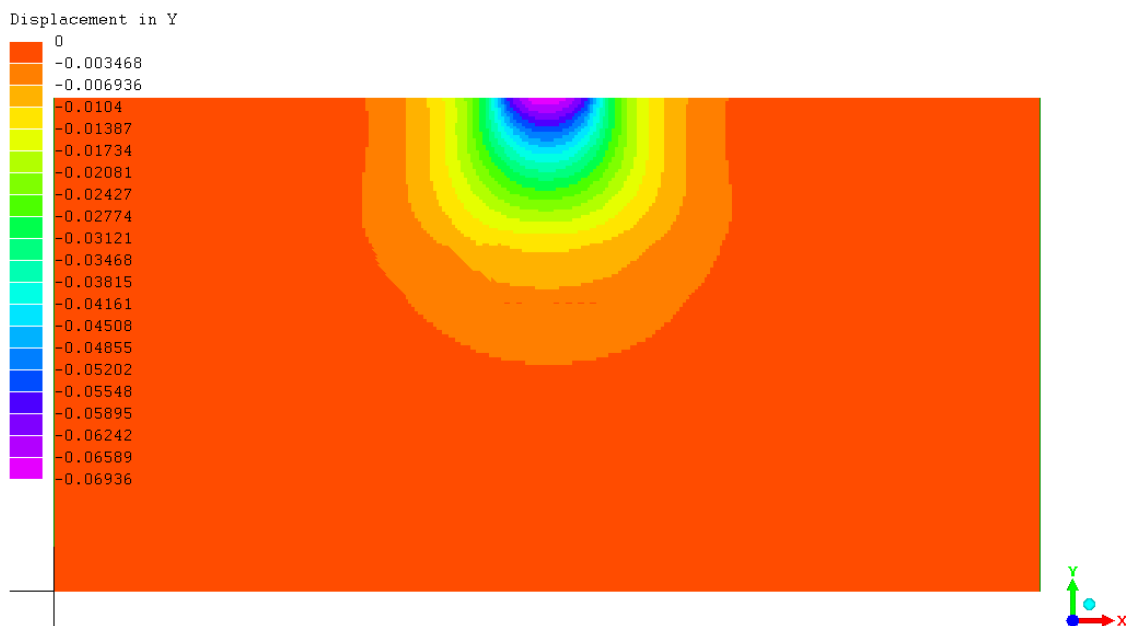
sisi bawah lapisan tanah diberi pengaku kaku atau tidak bergerak pada kedua sumbu X dan Y, hal ini dilakukan untuk mendapatkan perilaku yang sesuai pada model sebelumnya. Pemodelan lapisan tanah menggunakan elemen cangkang Quad 4 pada elemen LISA V.8 FEA dengan analisis 2D, dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari parameter awal hasil korelasi data penyelidikan tanah dan laboratorium, parameter komponen dan material masing-masing elemen yang telah dimodelkan pada LISA V.8 FEA sudah sesuai dengan input pada *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* sebelumnya, namun untuk pembagian area meshing terdapat perbedaan, tidak berpengaruh signifikan terhadap hasil dari analisis. Beban pada pemodelan tanah pada LISA V.8 FEA disesuaikan dengan beban yang diinput pada *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* sebelumnya, ditunjukkan pada Gambar 6 dan 8.

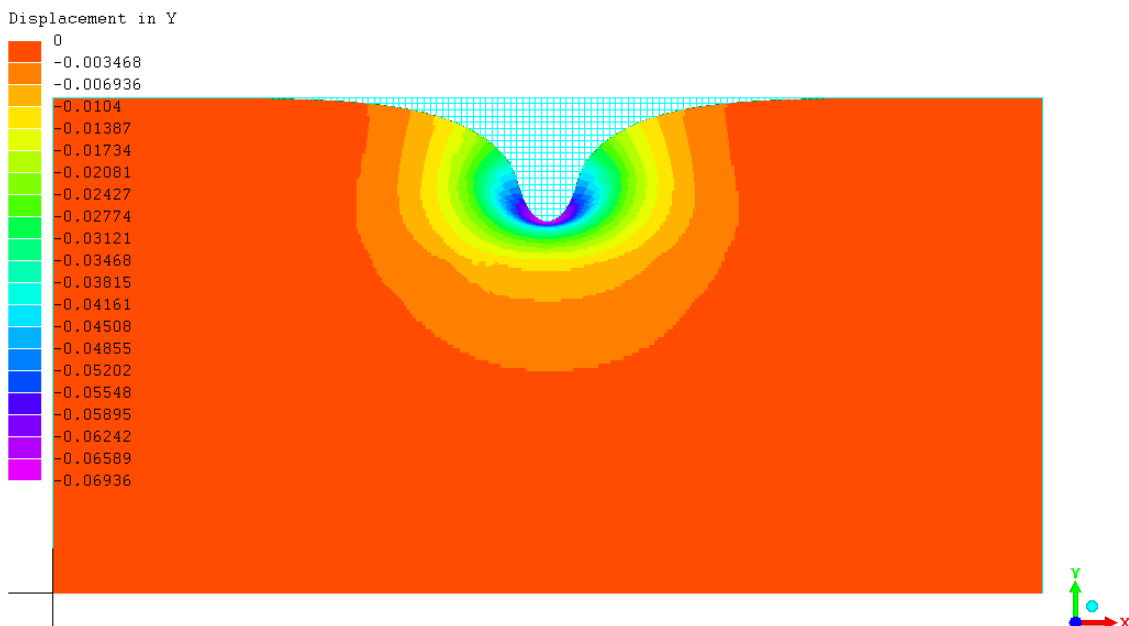
Dari hasil analisis pada LISA V.8 FEA dapat diketahui bahwa rona penurunan muka tanah yang terjadi setelah pembebanan adalah 152.16 kN sesuai

dengan analisis yang dihasilkan oleh *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W* seperti terlihat pada Gambar 6 pada LISA V.8.

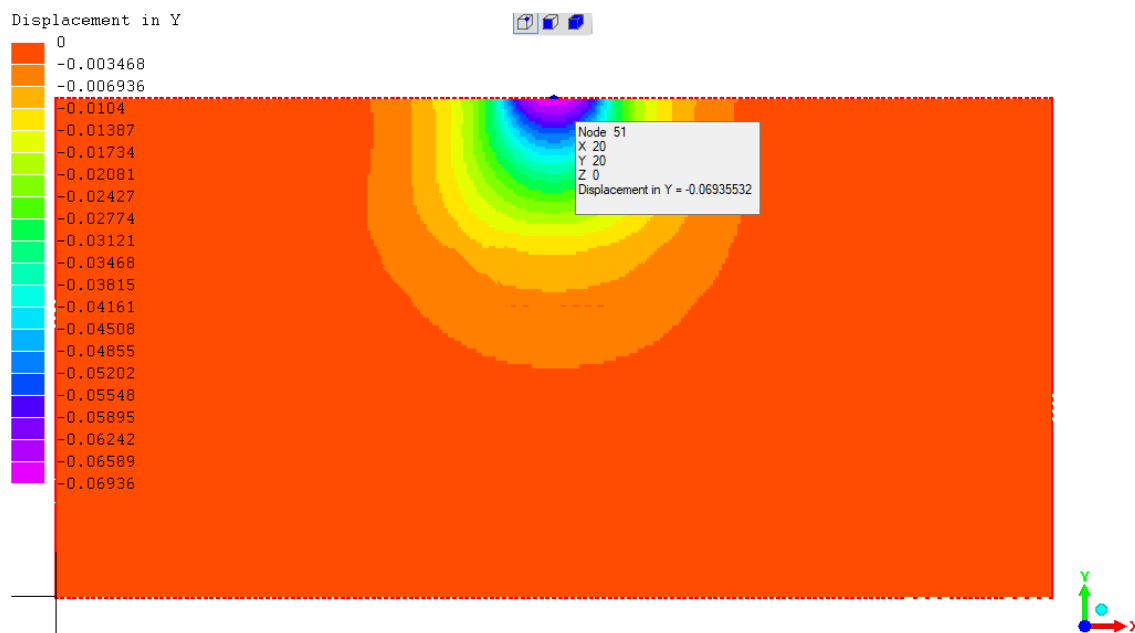
Analisis FEA nilai penurunan maksimum adalah 0.06936 meter yang disebabkan oleh beban yang diberikan pada permukaan zonasi elemen yang terkena beban, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10, untuk tampilan penurunan yang terjadi yaitu 0.0623 meter seperti terlihat pada Gambar 11, dimana pada analisis menggunakan *software* geoteknik *Geostudio Sigma/W*, penurunan yang terjadi pada titik yang sama pada tinjauan adalah 0.0633 meter, terdapat perbedaan yang tidak signifikan dengan rasio 1.016 dari hasil geoteknik perangkat lunak dengan hasil LISA V.8 FEA.



Gambar 9. Kontur Penurunan Tanah



Gambar 10. Perilaku Pernurunan



Gambar 11. Nilai Penurunan Vertikal

4 KESIMPULAN

Penelitian analisis penurunan tanah ini dengan perangkat lunak metode elemen hingga LISA V.8 FEA memberikan hasil dalam analisis penurunan tanah dan memberikan perilaku yang sama dan mendekati hasil perangkat lunak analisis geoteknik, dengan nilai rasio 1.016, namun karena pemodelan hanya dilakukan pada satu sampel, peneliti berharap ada penelitian lebih lanjut tentang penggunaan perangkat lunak LISA V.8 FEA ini untuk beberapa sampel sehingga perilaku yang terjadi dapat divalidasi dengan baik dan dapat menjadi pilihan untuk digunakan analisis geoteknik dengan metode elemen hingga.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboubakar, A., Manefouet, B. I., Komguez, L. S., Talom, E. T., Foueze, C. R., & Djonthu, Y. L. (2021). Geotechnical characterization of Beka-Gotto rock massif (Adamawa Region-Cameroon) for the use in civil engineering. *Journal of Nepal Geological Society*, 62, 47–57. <https://doi.org/10.3126/jngs.v62i0.38693>
- Akan, R., & Sert, S. (2021). Investigation of the Consolidation Behavior of Soft Soil Improved with Vertical Drains by Finite Element Method. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(3), 93–105. <https://doi.org/10.24107/ijeas.1002115>
- Akçay, N., Gökalp, A. S., Günlemez, A., Oğuz, D., Kılıçbay, F., & Engin Arısoy, A. (2021). Comparison of LISA vs INSURE Technique using Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) Support In Preterm Infants: A Randomized Controlled Trial. *Medical Journal of Bakirkoy*. <https://doi.org/10.5222/BMJ.2021.35744>
- Alkhorshid, N. R., Araujo, G. L. S., & Palmeira, E. M. (2021). Consolidation of soft clay foundation improved by geosynthetic-reinforced granular columns: Numerical evaluation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13(5), 1173–1181. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.03.004>
- Amechi, B. U., & Horsfall, O. I. (2020). Shallow Depth Soil Resistivity Investigations and Subsurface Lithology for Corrosivity Assessment along Obama-Kolo Creek Pipeline Using Geoelectric Method. *Asian Journal of Applied Science and Technology*, 04(01), 98–106. <https://doi.org/10.38177/AJAST.2020.4109>
- Atibrata, A. L., & Listyawan, A. B. (2020). *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Jenis Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) pada Pekerjaan Galian Apartemen Bengawan Malang* [Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/86824>
- Carbonell, J. M., Monforte, L., Ciantia, M. O., Arroyo, M., & Gens, A. (2022). Geotechnical particle finite element method for modeling of soil-structure interaction under large deformation conditions. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14(3), 967–983. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.12.006>
- Dayarathne, R., Hawlader, B., Phillips, R., & Robert, D. (2022). One- and two-dimensional finite element modelling of thaw consolidation. *Canadian Geotechnical Journal*, 59(7), 1130–1145. <https://doi.org/10.1139/cgj-2021-0120>
- Fumagalli, J., Pieroni, M., Renaux-Petel, S., & Witkowski, L. T. (2022). Detecting primordial features with LISA. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2022(07), 020. <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2022/07/020>
- Ganiyu, S. A., Oladunjoye, M. A., Olobadola, M. O., Aizebeokhai, A. P., & Badmus, B. S. (2021). Investigation of incessant road failure in parts of Abeokuta, Southwestern Nigeria using integrated geoelectric methods and soil analysis. *Environmental Earth Sciences*, 80(4), 133. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09446-4>
- Kudryavtsev, S. A., Valtseva, T. Y., Gavrillov, I. I., Kotenko, Z. I., & Sokolova, N. (2021). Geotechnical monitoring bearing capacity boring pile foundations of bridge during permafrost degradation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1928(1), 012057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1928/1/012057>
- León, R. F. P., Rebolledo, J. F. R., & Hormaza, B. C. (2023). Stiffness and strength parameters for the hardening soil model of a reconstituted diatomaceous soil. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 27(1), 479–499. <https://doi.org/10.1080/19648189.2022.2051077>
- Li, T., Li, L., Tang, C., Zhang, Z., Li, M., Zhang, L., & Li, A. (2019). A coupled hydraulic-mechanical-damage

- geotechnical model for simulation of fracture propagation in geological media during hydraulic fracturing. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 173, 1390–1416. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.10.104>
- Navaratnarajah, S. K., & Indraratna, B. (2020). Stabilisation of Stiffer Rail Track Substructure Using Artificial Inclusion. *Indian Geotechnical Journal*, 50(2), 196–203. <https://doi.org/10.1007/s40098-019-00406-1>
- Ridwan. (2022). *Laporan Soil Investigasi Pembangunan Rumah Tinggal & Dermaga, Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur*.
- Song, T., Liu, Y., & Wang, Y. (2017). Finite Element Method for Modeling 3D Resistivity Sounding on Anisotropic Geoelectric Media. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2017/8027616>
- Sonnenhof Holdings. (2013). *Beginners' Guide: Getting Started with FEA*. LISA Finite Element Analysis Software.
- Vu, V., & Yang, Y. (2018). Numerical modelling of soft ground improvement by vacuum preloading considering the varying coefficient of permeability. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 12(3), 258–266. <https://doi.org/10.1080/19386362.2016.1270793>
- Wang, Z., Jin, Y., Yin, Z., & Wang, Y. (2022). A novel coupled NS-PFEM with stable nodal integration and polynomial pressure projection for geotechnical problems. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 46(13), 2535–2560. <https://doi.org/10.1002/nag.3417>
- Zhang, Y., Liu, D., Chen, W., & Sun, L. (2022). Microstructural analysis and multiscale modeling for stiffening and strengthening of consolidated earthen-site soils. *Journal of Cultural Heritage*, 55, 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.005>
- Zornberg, J. G., Roodi, G. H., & Gupta, R. (2017). Stiffness of Soil-Geosynthetic Composite under Small Displacements: I. Model Development. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 143(10). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001768](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001768)