

STUDI KAPASITAS DUKUNG TIANG PANCANG BERBASIS KORELASI DATA SONDIR DAN DATA NSPT DI KOTA PEKALONGAN

Ekrar Oktoviar

Program Studi D 4 Teknik Konstruksi, Universitas Pekalongan

Email : ekrarsavir@gmail.com

ABSTRACT

Pekalongan city has a land carrying capacity that varies according to the type of soil. the phenomenon of subsidence also occurs with a decrease time that varies according to the load and type of soil. the carrying capacity of the land is related to land subsidence and the length of time of its subsidence. the study was conducted in pekalongan city by taking soil samples in the pdam environment of pekalongan city. data and sample analysis was carried out in the laboratory to obtain the large carrying capacity of the land, soil subsidence, and the length of time of subsidence. the results showed that the distribution of soil engineering properties parameters can describe the carrying capacity of soil in pekalongan city which can be used as an instrument to determine soil carrying capacity and evaluate space utilization from the aspect of land use suitability and land capability. land loading exceeding the carrying capacity of the soil will trigger a failure of soil stability in the form of deformation / subsidence.

Keyword : Piles, Sondir, NSPT

PENDAHULUAN

Stabilitas daya dukung lahan adalah stabilitas kemampuan lahan yang merupakan karakteristik lahan mencakup sifa-sifat tanah, topografi, drainase, dan kondisi lingkungan hidup lain untuk mendukung kehidupan/kegiatan pada suatu hamparan lahan. Pada wilayah perkotaan stabilitas daya dukung lahan menjadi faktor pembatas dalam pemenuhan pemanfaatan ruang yang sesuai dengan kemampuan lahan, sehingga terdapat kesesuaian suatu hamparan lahan dengan daya dukung yang stabil untuk pemanfaatan ruang tertentu. Stabilitas lahan sebagai massa tanah pembentuk hamparan lahan tidak hanya mencakup kemampuan lahan untuk pertanian atau aspek fisik lahan, tetapi lebih kepada susunan massa tanah di bawah

permukaan hamparan yang berupa karakteristik geologi teknik.

Nilai Uji Penetrasi Standar (SPT) merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mendiskripsikan karakteristik tanah yang mengacu pada hubungan antar parameter-parameter tanah sehingga dapat memberikan indikasi sifat stabilitas tanah secara spesifik.

Secara geologi, dataran Pekalongan tersusun oleh endapan aluvial sungai, endapan dataran delta dan endapan pasang surut. Endapan tersebut terdiri dari selang seling antara lapisan pasir, pasir lanauan dan lempung lunak, dengan sisipan lensa lensa kerikil dan pasir vulkanik. Sebagai wilayah pantai umumnya merupakan dataran aluvial yang berupa lahan jenis lanau kepasiran (*sandy silt*) dan lanau kelempungan

(*clayed silt*) dengan kondisi muka air tanah tinggi. Sering pula dijumpai pada wilayah pantai, lahan daratan adalah dominan jenis lempung lunak (*soft clay*) yang mempunyai kondisi kandungan air lebih besar dibanding nilai batas cair dari tanah tersebut. Pada daerah yang menjauhi garis pantai kondisi lahan umumnya adalah dominan lanau kepasiran ataupun pasir kelanauan yang mempunyai ikatan cukup kuat karena butiran semakin heterogen dan kadar kandungan air kecil. Masing-masing jenis material tersebut memiliki besaran daya dukung lahan, laju penurunan tanah, dan waktu lama penurunan tanah yang berbeda.

Rekayasa lahan dan perencanaan konstruksi sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah setempat yang sangat beragam kondisinya, sehingga efektifitasnya akan diperoleh jika telah diketahui pasti sifat-sifat tanah tertentu pada zona-zona tertentu dalam hubungannya dengan parameter-parameter yang diperlukan dalam perencanaan sehingga diperoleh hasil yang optimal. Namun dalam kenyataannya sering dijumpai fenomena yang berindikasi kegagalan perencanaan seperti amblesan di daerah relokasi pemukiman, terendamnya kawasan buatan akibat penurunan lahan / amblesan.

Tulisan ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas dukung tiang pancang yang didasarkan pada data sondir dan data NSPT.

METODA

Penelitian dilakukan di lokasi rencana bangunan gedung Transmart di Kota Pekalongan yang secara geografis terletak pada koordinat UTM 352617; 9236920.

Penelitian lapangan dilakukan dengan menggunakan sondir pada 4 titik dan bor dalam pada 1 titik. Sampel penelitian berupa sampel tanah yang diambil dari pengeboran pada kedalaman sampai dengan 30 meter, dengan titik pengeboran yang ditentukan di lokasi penelitian. Pelaksanaan sondir, pengeboran, pengambilan, dan perlakuan sampel mengacu pada ketentuan SNI 8460:2017. Pengujian laboratorium terhadap sampel tanah juga menggunakan acuan *American Society for Testing and Materials* (ASTM) untuk berat volume (ASTM D2937), batas plastisitas (ASTM D423), ukuran butiran (ASTM D422-58 dan D422-63), uji geser langsung (ASTM D3080), dan uji konsolidasi (ASTM D2435).

Metode penelitian menggunakan metode pendekatan eksperimental laboratoris. Data dalam penelitian ini berupa daya dukung lahan dan penurunan muka tanah. Seluruh data diperoleh melalui uji lapangan dan laboratorium berdasarkan sampel tanah yang diambil pada 1 titik pengeboran. Sebaran titik sondir dan bor seperti ditampilkan Gambar 1.



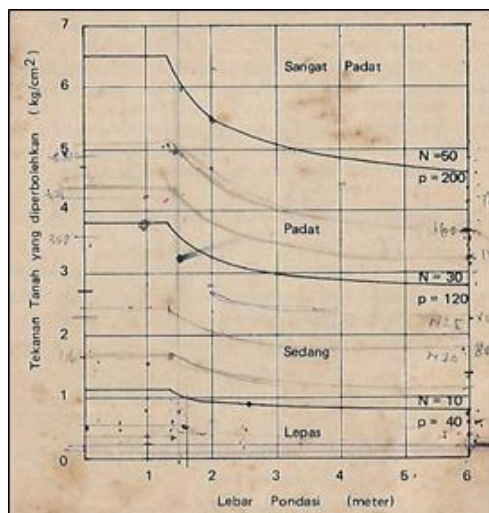
Gambar. 1 Lokasi titik penelitian

Daya dukung lahan dalam mendukung beban dianalisis menggunakan persamaan (1).

$$Q_{all} = N/F(K_d)(K_m) \quad (1)$$

Persamaan (1) adalah rumus untuk menghitung daya dukung tanah. Q_{all} adalah daya dukung tanah (kg/cm^2). K_d adalah faktor kedalaman yang didefinisikan sebagai $1+0,33Df/B < 1,33$. K_m adalah faktor keamanan yang ditetapkan pada 1,5. N/F ditentukan menggunakan grafik Terzaghi dan Peck tentang hubungan NSPT dengan daya dukung izin. B adalah satu unit bidang kontak $< 1,2$ meter. Df adalah area kontak untuk jarak vertikal.

N/F menggunakan grafik Wesley 1977 – Hubungan N SPT dan qc dengan Daya Dukung Ijin, sebagai berikut Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan kapasitas dukung dengan NSPT

Selanjutnya, uji konsolidasi terutama parameter M_v dan C_v digunakan untuk menghitung

penurunan tanah dengan formula dalam Persamaan (2).

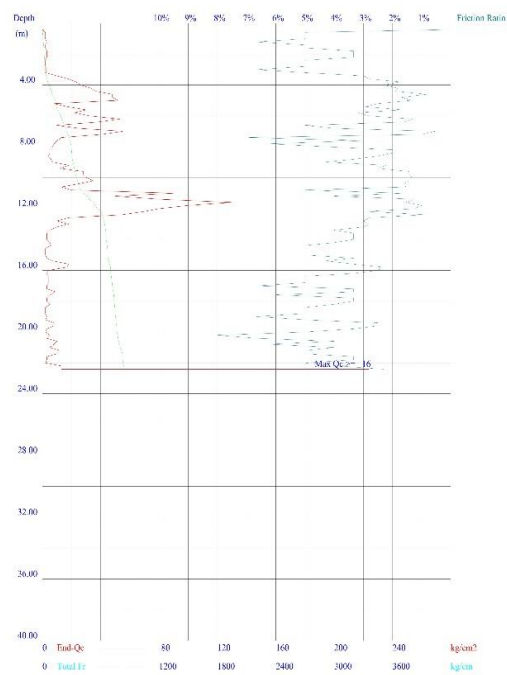
$$S = M_v D_p H \quad (2)$$

Persamaan (2) adalah rumus untuk menghitung penurunan tanah. S adalah besar penurunan tanah (sentimeter). M_v adalah koefisien kompresibilitas volume tanah (cm^2/kg), D_p adalah tegangan tambahan karena beban (kg/cm^2), H adalah ketebalan lapisan tanah yang berpotensi turun (meter).

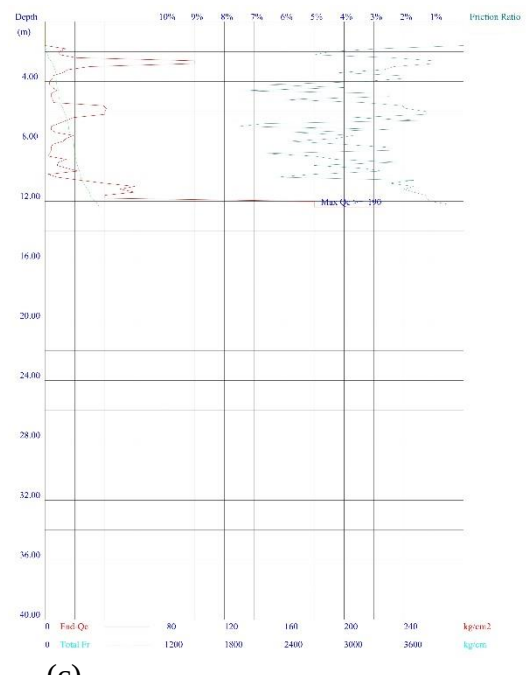
Dengan melakukan analisis data yang didapat dari penelitian lapangan dan laboratorium didapat kepastian mengenai karakter tanahnya sehingga dapat dilakukan analisis potensi penurunan tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

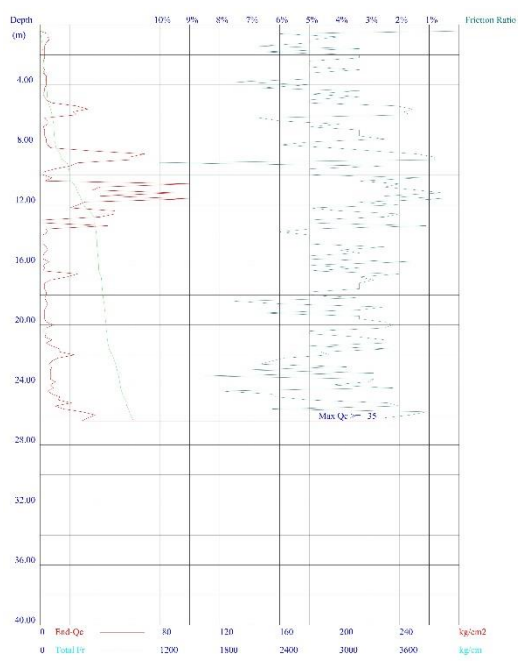
Pada kedalaman penetrasi - 26,40 m tidak ditemukan tanah keras dengan qc fluktuatif terbesar 110 kg/cm^2 . Lekatan lempung dan pipa sondir sangat kuat, tahanan penetrasi pipa $> 500 \text{ kg/cm}^2$, terindikasi oleh 4 angker sondir yang terangkat. Grafik sondir untuk masing-masing titik ditampilkan pada Gambar 3.



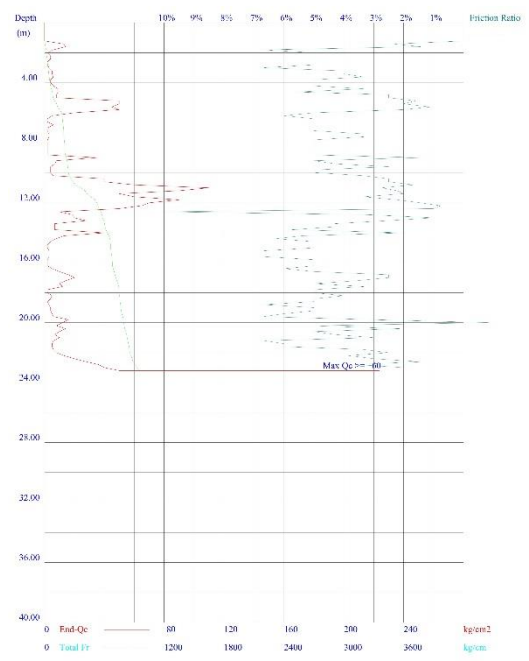
(a)



(c)



(b)

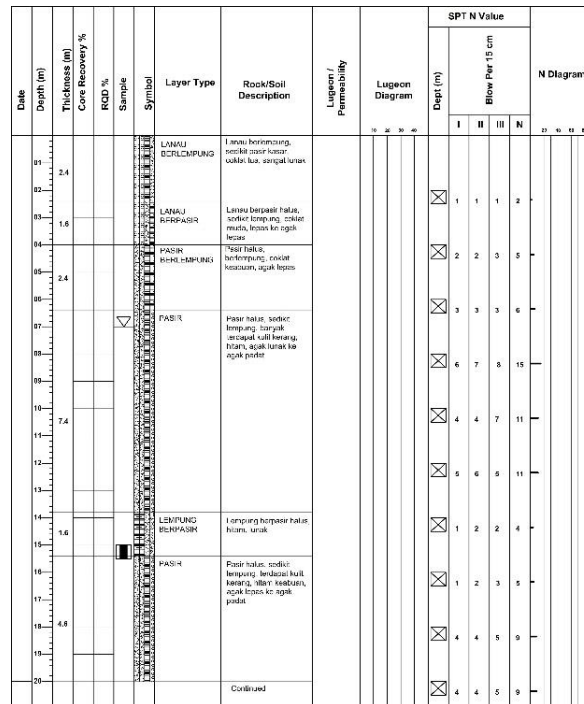


(d)

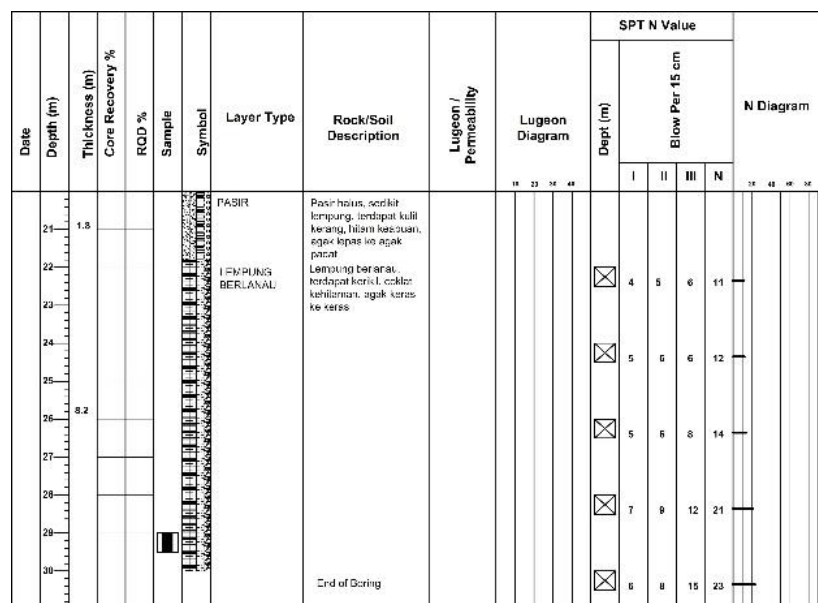
Gambar 3. Grafik pembacaan sondir: (a) Titik 1; (b) Titik 2; (c) Titik 3; (d) Titik 4

Pada kedalaman -30,00 m (Gambar 3), lapisan tanah dominan lanau berpasir berselingan lempung berpasir, dan terdapat lensa pasir

padat dengan konsistensi sangat lunak, sangat lepas, sampai agak keras, agak padat ke padat dengan N SPT = 23. Muka Air Tanah (MAT) ditemukan pada kedalaman -7,00 m MT setempat.



(a)



(b)

Gambar 4. Profil tanah penelitian: (a) 0-20m; (b) 20-30m

Dari kondisi tanah tersebut, maka alternatif pondasi untuk struktur utama adalah Pondasi Dalam (Tiang Pancang) dengan kedalaman ujung tiang sampai -30,00 m untuk bangunan 5 lantai.

Besar daya dukung yang direkomendasikan menurut Meyerhof berdasar data sondir :

$$Q = \frac{A \cdot q_f}{3} + \frac{f_s \cdot O \cdot L}{5}$$

Q = daya dukung ijin tiang (kg/tiang)

A = luas penampang tiang (cm²)

q_f = tahanan ujung rata-rata dari data q_c sondir atau N SPT (kg/cm²)

f_s = tahanan friksi kulit dari data sondir atau N SPT (kg/cm²)

O = keliling penampang tiang (cm)

L = panjang tiang efektif (cm)

Untuk kapasitas Dukung Friksi Tiang Pancang, Meyerhof untuk friksi Tiang Pancang dari sondir kedalaman - 10,00 sd - 26,40 m :

S1 >> f_s S1 = 0,44 kg/cm²

S2 >> f_s S2 = 0,39 kg/cm²

S4 >> f_s S4 = 0,44 kg/cm²

Meyerhof untuk friksi Tiang Pancang dari N SPT - 10,00 sd - 30,00 m :

f_s = 2. Neff rerata 98,06 (kg/cm²)

BM 1.

N eff rerata = 11

f_s BM1 = 2*11 / 98,06 = 0,224 kg / cm²

f_s rerata = (0,44 + 0,39 + 0,44 + 0,224) / 4 = 0,373 kg/cm²

Untuk kapasitas Dukung Ujung Tiang Pancang, menurut Meyerhof berdasarkan korelasi empiris tiang dipancang pada lapisan dominan pasir, non plastis :

Tahanan ujung Tiang Pancang :

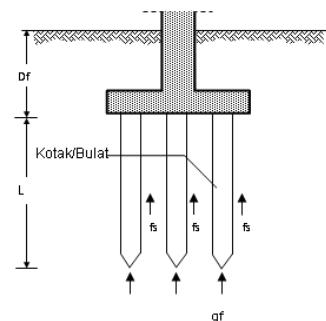
q_f = 40. N eff. Db / 98,06. B ≤ 400

N eff / 98,06 (kg / cm²)

Sektor BM1

q_f = 400* 14 / 98,06 (kg / cm²) = 57 kg / cm²

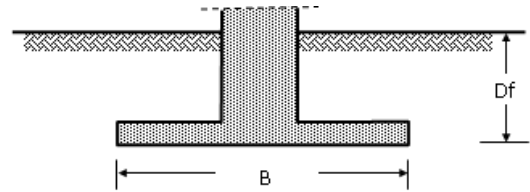
Ilustrasi Posisi Tiang Pancang :



Sektor	Kedalaman ujung Tiang Pancang	Type	Dia. (cm)	A (cm ²)	O (cm)	L eff (cm)	q _f (kg/cm ²)	f _s (kg/cm ²)	Daya Dukung Tiang (ton/tiang)
(BM1) S1 S2 S3 (S4)	- 30,00m MT setempat	square	30x30	900	120	2400	57	0,373	38,584
			35x35	1225	140	2400	57	0,373	48,340
			40x40	1600	160	2400	57	0,373	59,046
		bulat	35	961,62	109,90	2400	57	0,373	37,946
			45	1589,62	141,30	2400	57	0,373	55,600
			60	2826	188,40	2400	57	0,373	87,425

Untuk Kapasitas Dukung Pondasi Telapak dapat digunakan untuk komponen bangunan pelengkap / asesoris dapat digunakan pondasi telapak.

Menurut Meyerhof kapasitas dukung pondasi telapak dapat diperhitungkan sebagai berikut :



Besar daya dukung yang direkomendasikan berdasar data sondir qc :

Sektor	Kedalaman dari MT setempat (m)	B (m)	qc rerata Kg/cm ²	qa Kg/cm ²	Faktor Koreksi Meyerhoof	Faktor kedalaman Df ≤ B	qa ijin Kg/cm ²	Penurunan dibatasi (cm)
S.1	1,00	1,00	2,5	0,05	1,50	1,33	0,10	≤ 2,50
S 2	1,00	1,00	3	0,07	1,50	1,33	0,15	≤ 2,50
S 3	1,00	1,00	7	0,173	1,50	1,33	0,35	≤ 2,50
S 4	1,00	1,00	4,5	0,152	1,50	1,33	0,30	≤ 2,50

Kapasitas dukung telapak setempat diperhitungkan menurut Terzaghi-Peck dengan batasan penurunan 2,50 cm.

Pondasi Tiang Pancang menumpu pada tanah dominan pasir halus sampai kasar, terdapat kerikil, sangat padat / keras.

Penurunan tanah pada pondasi telapak pada prinsipnya terjadi karena tiga (3) faktor :

1. Karakteristik tanah yang menyangkut kompresibilitas volume (mv – pada konsolidasi).
2. Tambahan tegangan yang terjadi pada lapisan tanah dasar akibat dari tambahan beban struktur (dp - beban struktur)
3. Ketebalan lapisan tanah yang potensial terjadi penurunan (H – tebal lapisan kompresibel)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan:

Desain pilihan pondasi sesuai dengan beban kerja dari struktur atas dan tingkat keamanan konstruksi.

Kekuatan pondasi dihitung berdasar kekuatan bahan karena kapasitas dukung tersebut di atas berdasar pada kekuatan tanah.

Uji beban perlu dilakukan pada tiang dengan beban kerja 2 x beban rencana.

Penyambungan tiang pancang, harus mempunyai kekuatan minimal sama dengan kekuatan tiangnya, agar tidak menjadi titik lemah kekuatan tiang saat menahan beban.

Kekuatan mutu beton tiang pancang sesuai dengan standart perancangan yang disyaratkan dengan kekuatan ekstra lebih pada kepala tiang untuk menahan pukulan palu pancang agar tidak mengalami kehancuran saat dipancang, yang menyebabkan penyambung tidak sempurna mengakibatkan terjadi titik lemah pada sambungan dan ketidak lurusan tiang.

Tiang pancang ujung kerucut bersepatu besi perlu digunakan untuk menembus lapisan tanah padat / lempung kenyal. Jika digunakan tiang

group (lebih dari 1 tiang), jarak antar tiang pancang adalah 2,5 X Diameter tiang pancang.

Pengambilan kedudukan dasar pondasi pada saran-saran digunakan ketinggian 0,00 m pada muka tanah setempat (MT setempat) yang ada pada saat penelitian lapangan dilakukan. Jika terjadi pematangan (gali/ timbun) tanah, elevasi ketinggian yang berkaitan dengan panjang tiang / kedudukan elevasi ujung tiang tetap/mengikat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, S. H. and Sedghamiz, A. (2007) Geostatistical analysis of spatial and temporal variations of groundwater level, Environmental monitoring and assessment. Springer, 129(1–3), pp. 277–294.
- American Society for Testing and Materials Annual (1992) Annual Book of ASTM Standards., Philadelphia, PA, USA, pp. 1-325.
- Bouayad, D. and Emeriault, F. (2017) Modeling the relationship between ground surface settlements induced by shield tunneling and the operational and geological parameters based on the hybrid PCA/ANFIS method, Tunnelling and Underground Space Technology. Elsevier, 68(May), pp. 142–152.
- Bowles, Joseph, E. (1991) Physical and Geotechnical Properties of Soil. 2nd ed. Jakarta: Erlangga, pp. 1-315.
- Craig, R. F. (1989) Soil Mechanics, Ist edition, pp. 1-276.
- Davis, E. H. and Booker, J. R. (1973) The effect of increasing strength with depth on the bearing capacity of clays, Geotechnique. Thomas Telford Ltd, 23(4), pp. 551–563.
- Du, N. Le et al. (2013) Ultimate bearing capacity analysis of ground against inclined load by taking account of nonlinear property of shear strength, International Journal of GEOMATE, 5(2), pp. 678–684.
- Eko Subowo, Dwi Sarah, Dodit Mudoharjono, T. W. (2014) Subsurface Geology of the Semarang City Land Subsidence Region, Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi LILI, 2011, pp. 199-203.
- Gholami, V. et al. (2015) Modeling of groundwater level fluctuations using dendrochronology in alluvial aquifers, Journal of hydrology. Elsevier, 529, pp. 1060–1069.
- Husnayaen et al. (2018) Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data, Advances in Space Research. COSPAR, 61(8), pp. 2159–2179.
- Pratikso, A. and Sudarno, S. (2019) Soil Consolidation Analysis As The Main Cause Of Land Subsidence In Semarang - Indonesia, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 10(02), pp. 793–802.
- Prayogo, T. (2015) Analysis of Changing Coastal Coastal Patterns in Semarang and

- Surrounding Areas Based on Multitemporal Landsat Satellite Imagery, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan XX, (December), pp. 753–763.
- Reddy, A. S. and Srinivasan, R. J. (1967) Bearing capacity of footings on layered clays, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. ASCE, 93(2), pp. 83–99.
- Rimba, A. B. et al. (2018) Physical assessment of coastal vulnerability under enhanced land subsidence in Semarang, Indonesia, using multi-sensor satellite data, *Advances in Space Research*, 61(8), pp. 2159–2179.
- Sanglerat, G. (1973) The Penetrometer and Soil Exploration,” *Soil Science*, 116(2), p. 131.
- Satyanta, P. (2010) Detection of Coastal Change Through Remote Sensing Imagery on the North Coast of Semarang Demak, 7(1), pp. 96–106.
- Skempton, A. W. (1951) The bearing capacity of clays, *Selected Papers on Soil Mechanics*, pp. 50–59.
- Sophocleous, M. A. (1991) Combining the soilwater balance and water-level fluctuation methods to estimate natural groundwater recharge: practical aspects, *Journal of hydrology*. Elsevier, 124(3–4), pp. 229–241.
- Standar Nasional Indonesia (2017) SNI 8460: 2017; *Geotechnical Design*. Indonesia, pp 1-132.
- Taylor, C. J. and Alley, W. M. (2002) Ground-water-level monitoring and the importance of long-term water-level data. *US Geological Survey*, pp. 1-206.
- Terzaghi, K. and Ralph, P. B. (1987) *Soil Mechanics in Engineering Practices*, Penerbit Erlangga, pp. 1-315.
- Wardhana, D. D., Harjono, H. and Sudaryanto, S. (2014) Sub-surface Structure of Semarang City Based on Gravity Data, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 10(1): 142-151.
- Widiarso, D. A. et al. (2019) Potential consolidation settlement due to load stresses of building structures, *International Journal of GEOMATE*, 17(60), pp. 204–210.
- Yuwono, B. D., Abidin, H. Z. and Hilmi, M. (2013) Geospatial analysis of the causes of land subsidence in the city of Semarang, *Prosiding SNST ke-4 Tahun 2013*, pp. 1–12.
- Zhu, L. et al. (2015) Land subsidence due to groundwater withdrawal in the northern Beijing plain, China, *Engineering Geology*, 193, pp. 243–255.