

MODUL PENYUSUNAN STRATIFIKASI TANAH
ADVANCE GEOCALCULATION FOR INFRASTRUCTURE PROBLEM



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga tim penyusun dapat menyelesaikan modul ini yang berjudul **Penyusunan Stratifikasi Tanah *Advance Geocalculation For Infrastructure Problem***.

Modul ini disusun untuk mempersiapkan mahasiswa menghadapi dunia profesional dengan mendukung program Merdeka Belajar Kampus Merdeka dan sebagai upaya mencapai IKU No.02 (Mahasiswa mendapatkan pengalaman di luar kampus)

Pembahasan modul ini dimulai dengan menjelaskan tujuan yang akan dicapai. Modul ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu tujuan dilakukannya penyusunan stratifikasi tanah, teori dasar mengenai stratifikasi tanah, dan metode dalam menyusun stratifikasi tanah

Penyusun menyadari bahwa di dalam pembuatan modul masih terdapat kekurangan, untuk itu penyusun membuka saran dan kritik yang bersifat membangun. Mudah-mudahan modul ini memberikan manfaat.

Jakarta, 24 November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
MODUL 01.....	1
A. Tujuan Modul	1
B. Teori Dasar	1
C. Langkah Kerja	2
1. Data Penyelidikan Tanah.....	2
2. Penentuan Jenis dan Konsentrasi / Kepadatan Tanah.....	6
3. Penentuan Jumlah Lapisan, Ketebalan Setiap Lapisan, dan Parameter Tanah Setiap Lapisan	7
4. Penggambaran Stratifikasi Tanah	12
DAFTAR PUSTAKA.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Salah Satu Contoh Data Boring log di wilayah Demak, Jawa Tengah.....	4
Gambar 1.2. Salah Satu Contoh Data Sondir log di wilayah Demak, Jawa Tengah.....	5
Gambar 1.3 Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Demak, Jawa Tengah.....	13
Gambar 1.4. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Jakarta Pusat....	14
Gambar 1.5. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Karawang.....	15
Gambar 1.6. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Kuala Tanjung, Sumatera Utara.....	16
Gambar 1.7. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Sigi, Sulawesi Tengah.....	17

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Kepadatan Tanah Pasir	6
Tabel 1.2 Korelasi Nilai N-SPT dan q_c terhadap Konsistensi Tanah Lempung.....	7
Tabel 1.3 Korelasi Nilai Berat Volume Berdasarkan Jenis Tanah	8
Tabel 1.4 Korelasi Nilai Kuat Geser Tak Terdrainasi berdasarkan Konsistensi Tanah	8
Tabel 1.5 Korelasi Nilai Sudut Geser Dalam berdasarkan Jenis dan Kepadatan Tanah	8
Tabel 1.6 Korelasi Nilai <i>Poisson Ratio</i> berdasarkan Jenis Tanah	9
Tabel 1.7 Korelasi Nilai Moduls Elastisitas berdasarkan Jenis dan Konsistensi / Kepadatan Tanah	9
Tabel 1.8 Salah Satu Contoh Penyusunan stratifikasi tanah untuk 1 borehole di wilayah Demak, Jawa Tengah	10

MODUL 01

PENYUSUNAN STRATIFIKASI TANAH

A. Tujuan Modul

Tujuan penyusunan stratifikasi tanah, antara lain :

1. Mengetahui susunan tanah (jumlah lapisan dan ketebalan setiap lapisan), baik secara vertikal maupun horizontal, berdasarkan jenis dan konsistensi tanah yang sama;
2. Menggambarkan susunan tanah dalam bentuk stratigrafi tanah;
3. Mengestimasi/memperkirakan susunan tanah di suatu lokasi tanpa data dan tanpa sampel tanah menggunakan data dan sampel tanah di lokasi lain yang berdekatan.

B. Teori Dasar

Susunan lapisan tanah (stratifikasi tanah) merupakan data penting dalam konstruksi, khususnya dalam tahap desain (perencanaan). Penelitian-penelitian terkini telah membuktikan bahwa stratifikasi tanah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perencanaan pondasi, pembuatan terowongan, dan analisis geoteknik lainnya (Li *et al.*, 2015). Stratifikasi tanah sendiri dapat diartikan sebagai susunan lapisan tanah (jumlah lapisan dan ketebalan setiap lapisan) di bawah permukaan, baik secara vertikal maupun horisontal, yang memiliki kesamaan jenis dan konsistensi / kepadatan. Stratifikasi tanah disusun berdasarkan data hasil penyelidikan tanah. *Borehole* dan beberapa uji lapangan lainnya, serta dilengkapi dengan data uji laboratorium, harus disederhanakan dan ditafsirkan untuk penyusunan stratigrafi tanah.

Stratifikasi tanah secara alami dapat berubah sangat berbeda dalam jarak vertikal dan horisontal yang kecil. Karenanya, stratifikasi tanah dalam rentang jarak yang kecil menjadi data ideal. Namun demikian,

dikarenakan keterbatasan jumlah titik penyelidikan tanah (uji lapangan dan uji laboratorium) sehingga rentang jaraknya besar maka sulit diperoleh stratifikasi tanah yang ideal tersebut, terutama secara horisontal. Pada prinsipnya, penyusunan stratifikasi tanah didasarkan pada pengelompokan lapisan tanah yang memiliki jenis dan konsistensi / kepadatan yang sama. Penyusunan dan identifikasi stratifikasi tanah meliputi penentuan jenis tanah, jumlah lapisan tanah, ketebalan setiap lapisan tanah, dan penentuan parameter tanah setiap lapisan.

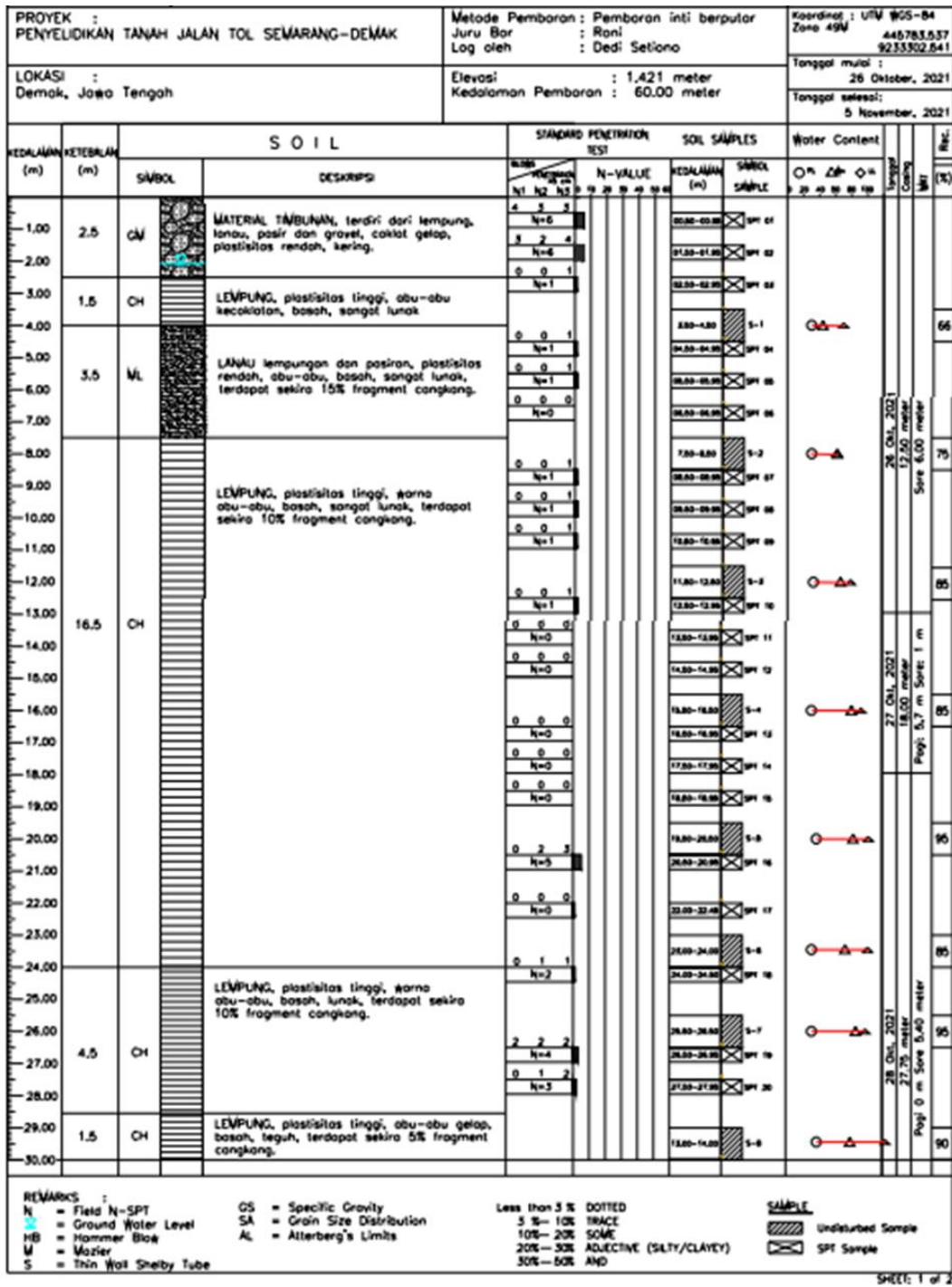
Penyusunan dan evaluasi stratifikasi tanah pada lokasi tanpa sampel dan data yang terbatas menjadi permasalahan dan kesulitan tersendiri. Hingga saat ini, belum ada pedoman yang pasti dalam penyusunan stratifikasi tanah. Beberapa cara dalam menyusun stratifikasi tanah telah dikembangkan, salah satunya menggunakan Statistika yang pengerjaannya termasuk sulit. Oleh karena itu, Modul Penyusunan Stratifikasi Tanah ini disusun untuk menjelaskan dengan sederhana cara menyusun stratifikasi tanah dan mendapatkan prakiraan parameter tanah yang lengkap dan benar.

C. Langkah Kerja

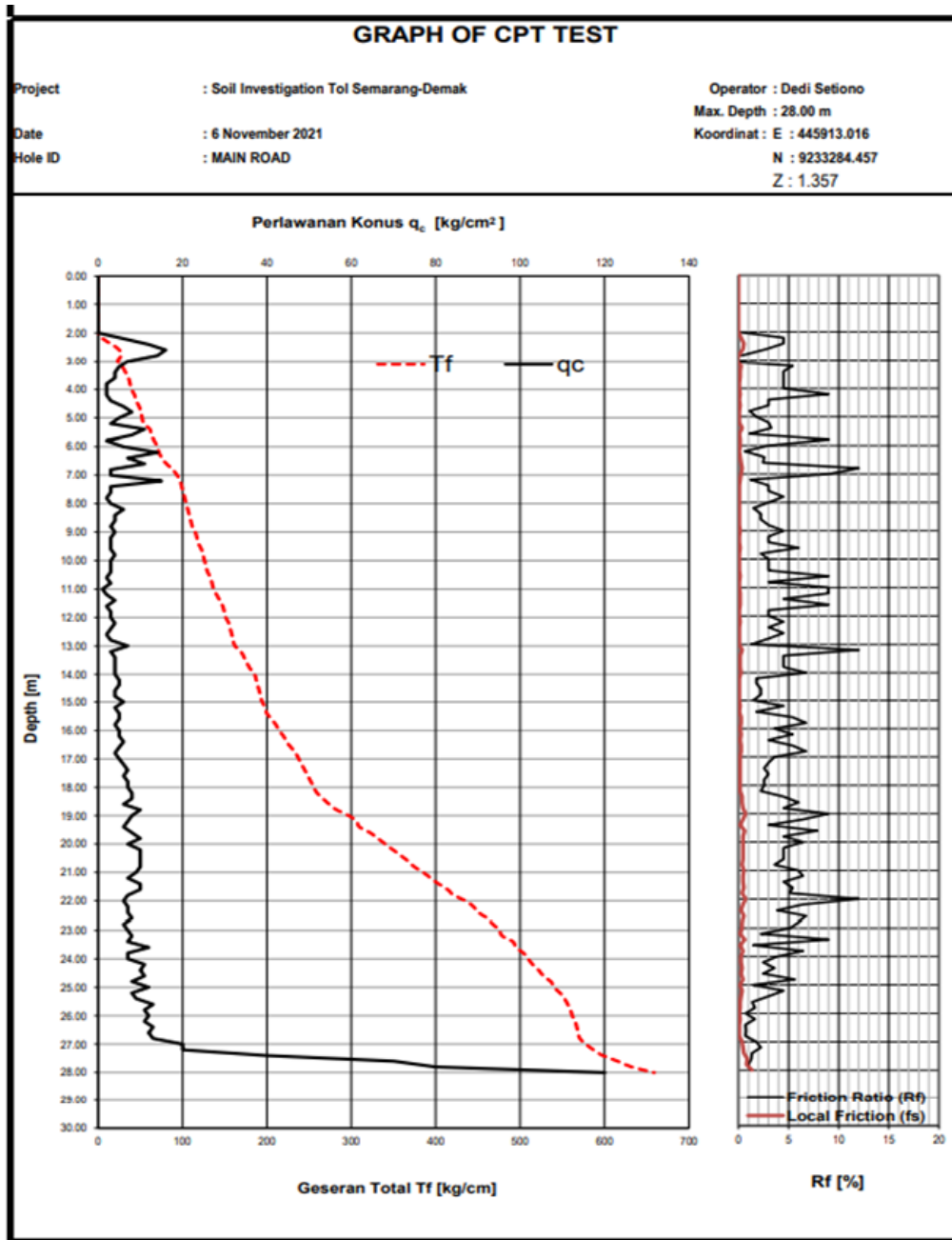
1. Data Penyelidikan Tanah

Data yang digunakan untuk penyusunan stratifikasi tanah adalah data penyelidikan tanah baik di lapangan maupun di laboratorium. Data penyelidikan tanah di lapangan merupakan data utama dalam menentukan jumlah lapisan dan ketebalan setiap lapisan, sementara data penyelidikan di laboratorium merupakan data utama dalam menentukan parameter tanah di setiap lapisan. Pada umumnya, penyelidikan tanah di lapangan dilakukan menggunakan Standard Penetration Test (SPT) dan sondir atau Cone Penetration Test (CPT). Untuk penyelidikan tanah di laboratorium dilakukan menggunakan uji-uji penentuan sifat fisik, mekanis, hidrolis, dan kemampatan. Gambar 1 dan 2 berikut merupakan salah satu contoh hasil

penyelidikan tanah di lapangan. Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan diperoleh informasi mengenai deskripsi tanah dan jumlah pukulan (N-SPT) untuk SPT dan nilai perlawanan konus (q_c) untuk CPT berdasarkan kedalaman.



Gambar 1.1. Salah Satu Contoh Data Boring log di wilayah Demak, Jawa Tengah



Gambar 1.2. Salah Satu Contoh Data Sondir log di wilayah Demak, Jawa Tengah

2. Penentuan Jenis dan Konsentrasi / Kepadatan Tanah

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lapangan, diperoleh informasi mengenai deskripsi tanah berdasarkan kedalaman yang selanjutnya dijadikan patokan dalam penentuan jenis tanah. Selain itu, diperoleh juga informasi mengenai nilai N-SPT dan q_c berdasarkan kedalaman yang selanjutnya dijadikan patokan dalam penentuan konsistensi / kepadatan tanah. Nilai N-SPT dan q_c dikorelasikan menggunakan Tabel 1 dan 2 untuk menentukan konsistensi / kepadatan tanahnya. Tanah pasir dikelompokkan ke dalam 5 (lima) kategori, yaitu Sangat Lepas, Lepas, Sedang, Padat, dan Sangat Padat. Sementara itu, tanah lempung dikelompokkan ke dalam 6 (enam) kategori, yaitu Sangat Lunak, Lunak, Medium, Kaku, Sangat Kaku, dan Keras.

Tabel 1.1. Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Kepadatan Tanah Pasir

N-SPT	Kepadatan Relatif (Dr)
0-4	Sangat Lepas
4-10	Lepas
10-30	Menengah
30-50	Padat
Over 50	Sangat Padat

Sumber : Terzaghi dan Peck (1967)

Deskripsi	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Kerapatan Relatif (Dr)	0 – 0,15	0,15 – 0,35	0,35 – 0,65	0,65 – 0,85	0,85 – 1,00
Nilai N-SPT Terkoreksi	0 – 4	4 – 10	10 – 30	30 – 50	>50
Sudut Geser Dalam (ϕ)(°)	25 – 30	27 – 32	30 -35	35 – 40	38 – 43
Berat Volume Tanah (Y)(kN/m ³)	11,0 -15,7	14,1 – 18,1	17,4 – 20,4	17,3 – 22	20,4 – 23,6

Sumber : Bowles (1977)

Tabel 1.2 Korelasi Nilai N-SPT dan q_c terhadap Konsistensi Tanah Lempung

Cohesionless Soil					
N	0 - 10	11 - 30	31 - 50	>50	
Unit Weight γ , kN/m ³	12 - 16	14 - 18	16 - 20	18 - 23	
Angle of Friction ϕ	25 - 32	28 - 36	30 - 40	>35	
State	Loose	Medium	Dense	Very Dense	
Cohesive Soil					
N	<4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	>25
Unit Weight γ , kN/m ³	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	>20
Qu, KPa	<25	20 - 50	30 - 36	40 - 200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Sumber : William and Whitman (1969)

Konsistensi Tanah	Tahanan Konus (kg/cm²)	Undrained Cohesion (kN/m²)
Very Soft	<2,50	<12,5
Soft	2,50 – 5,0	12,5 – 25,0
Medium	5,0 – 10,0	25,0 – 50,0
Stiff	10,0 – 20,0	50,0 – 100,0
Very Stiff	20,0 – 40,0	100,0 – 200,0
Hard	>40,0	>200,0

Sumber : Begeman (1965)

3. Penentuan Jumlah Lapisan, Ketebalan Setiap Lapisan, dan Parameter Tanah Setiap Lapisan

Setelah diketahui konsistensi / kepadatan tanah berdasarkan kedalaman, selanjutnya adalah mengelompokkan tanah-tanah yang mempunyai jenis dan konsistensi / kepadatan yang sama secara berurutan dari permukaan tanah sehingga diperoleh jumlah lapisan dan ketebalan setiap lapisan secara vertikal. Di setiap lapisan tersebut kemudian ditentukan parameter tanahnya seperti berat volume (γ), baik dalam kondisi kering, basah, ataupun jenuh; kuat geser tak terdrainase (c_u); sudut geser

dalam (ϕ), modulus elastisitas (E); poisson ratio (ν); modulus geser (G); dan parameter lainnya sesuai yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut. Parameter-parameter tanah tersebut diperoleh dari data penyelidikan di laboratorium. Apabila penyelidikan tanah tidak dilengkapi dengan hasil laboratorium, maka parameter-parameter tanah bisa diperoleh dengan melakukan korelasi menggunakan Tabel 3 sampai dengan 7 berikut. Meskipun demikian, tetap sangat dianjurkan sekali untuk menggunakan hasil laboratorium dalam penentuan parameter-parameter tanah. Parameter tanah hasil korelasi hanya berupa indikasi atau prakiraan awal saja.

Tabel 1.3 Korelasi Nilai Berat Volume Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	γ_{sat} (KN/m ³)	γ_{dry} (KN/m ³)
Kerikil	20 – 22	15 – 17
Pasir	18 – 20	13 – 16
Lanau	18 – 20	14 – 18
Lempung	16 – 22	14 – 21

Sumber : Terzaghi dan Peck (1967)

Tabel 1.4 Korelasi Nilai Kuat Geser Tak Terdrainasi berdasarkan Konsistensi Tanah

Konsistensi	N	C_u (kN/m ²)
Sangat Lunak	0 – 2	<12
Lunak	2 – 4	12 – 25
Sedang	4 – 8	25 – 50
Kaku	8 – 15	50 – 100
Sangat Kaku	15 – 30	100 – 200
Keras	>30	>200

Sumber : Terzaghi dan Peck (1967)

Tabel 1.5 Korelasi Nilai Sudut Geser Dalam berdasarkan Jenis dan Kepadatan Tanah

Jenis Tanah	ϕ' (degrees)	
	Loose	Dense
Pasir, berbutir bulat, seragam	27,5	34
Pasir, berbutir sudut, gradasi baik	33	45
Kerikil berpasir	35	50

Pasir Berlanau	27 – 33	30 – 34
Lanau anorganik	27 - 30	30 - 35

Sumber : Terzaghi dan Peck (1967)

Tabel 1.6 Korelasi Nilai *Poisson Ratio* berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	<i>Poisson Ratio</i> (μ)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpaasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

Sumber : Das (2001)

Tabel 1.7 Korelasi Nilai Modulus Elastisitas berdasarkan Jenis dan Konsistensi / Kepadatan Tanah

Macam Tanah	E (Kg/m ²)
LEMPUNG	
• Sangat lunak	3 – 30
• Lunak	20 – 40
• Sedang	45 – 90
• Berpasir	300 – 425
PASIR	
• Berlanau	50 – 200
• Tidak padat	100 – 250
• Padat	500 – 1000
PASIR DAN KERIKIL	
• Padat	800 – 2000
• Tidak padat	500 – 1400
LANAU	20 – 200
LOSES	150 – 600
CADAS	1400 – 14000

Sumber : Bowles (1997)

Tabel 8 berikut merupakan contoh penentuan stratifikasi tanah secara vertikal, yaitu jumlah lapisan, ketebalan setiap lapisan, dan parameter tanah setiap lapisan.

Tabel 1.8 Salah Satu Contoh Penyusunan stratifikasi tanah untuk 1 borehole di wilayah Demak, Jawa Tengah

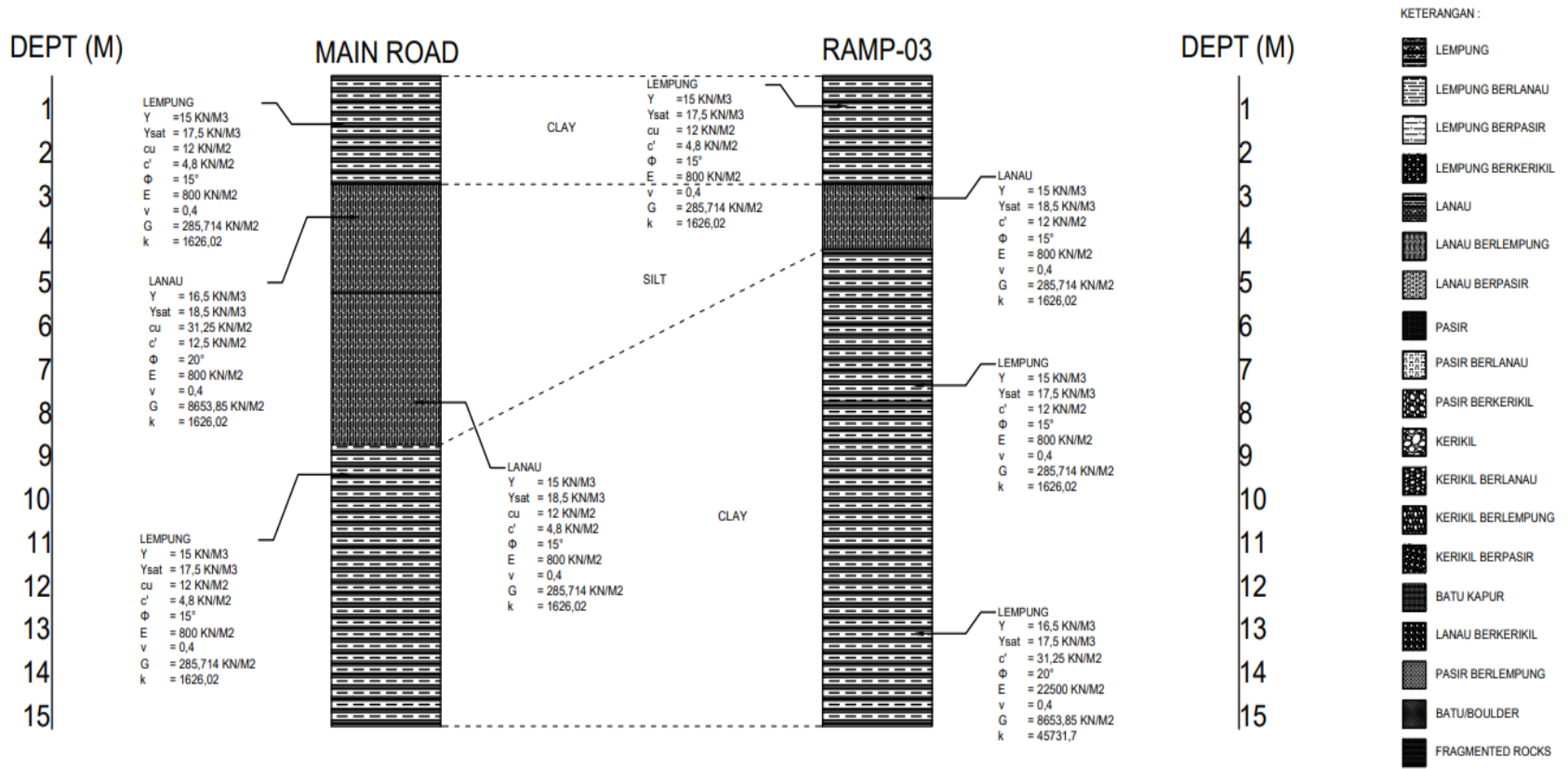
Kedalaman m	Ketebalan m	GWL m	N-SPT	Jenis Tanah	Deskripsi/ Konsistensi i	γ kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	c_u kN/m ²	c' kN/m ²	ϕ °	E kN/m ²	ν	G kN/m ²	k
0 - 2,5	2,5	-	6	Material Timbunan										
2,5 - 4	1,5	-	1	Lempung	Sangat Lunak	15	17,5	12	4,8	15	800	0,4	285,71	1626,02
4 - 7,5	3,5	-	1	Lanau	Sangat Lunak	15	18,5	12	4,8	15	800	0,4	285,71	1626,02
7,5 - 24	16,5	-	1	Lempung	Sangat Lunak	15	17,5	12	4,8	15	800	0,4	285,71	1626,02
		-	5	Lempung	Sedang	16,5	17,5	31,25	12,5	20	22500	0,3	8653,85	45731,71
24 - 28,5	4,5	-	2	Lempung	Lunak	15	17,5	15,25	6,1	17	8000	0,35	2962,96	16260,16
		-	4	Lempung	Sedang	16,5	17,5	31,25	12,5	20	22500	0,3	8653,85	45731,71
28,5 - 36	7,5	-	8	Lempung	Kaku	16,5	17,5	62,5	25	25	65000	0,25	26000	132113,8
36 - 39,5	3,5	-	6	Lempung	Sedang	16,5	17,5	31,25	12,5	20	22500	0,3	8653,85	45731,71

39,5 - 52,5	13	-	10	Lempung	Kaku	16,5	17,5	62,5	25	25	65000	0,25	26000	132113,8
52,5 - 56,5	4	-	13	Lempung	Kaku	16,5	17,5	62,5	25	25	65000	0,25	26000	132113,8
56,5 - 59	2,5	-	17	Lempung	Sangat Kaku	17	17,5	125	50	28	100000	0,2	41666,67	203252
59 - 60	1	-	22	Kerikil Berlempung	Sedang	15	20,5	-	3	31	30000	0,25	12000	60975,61

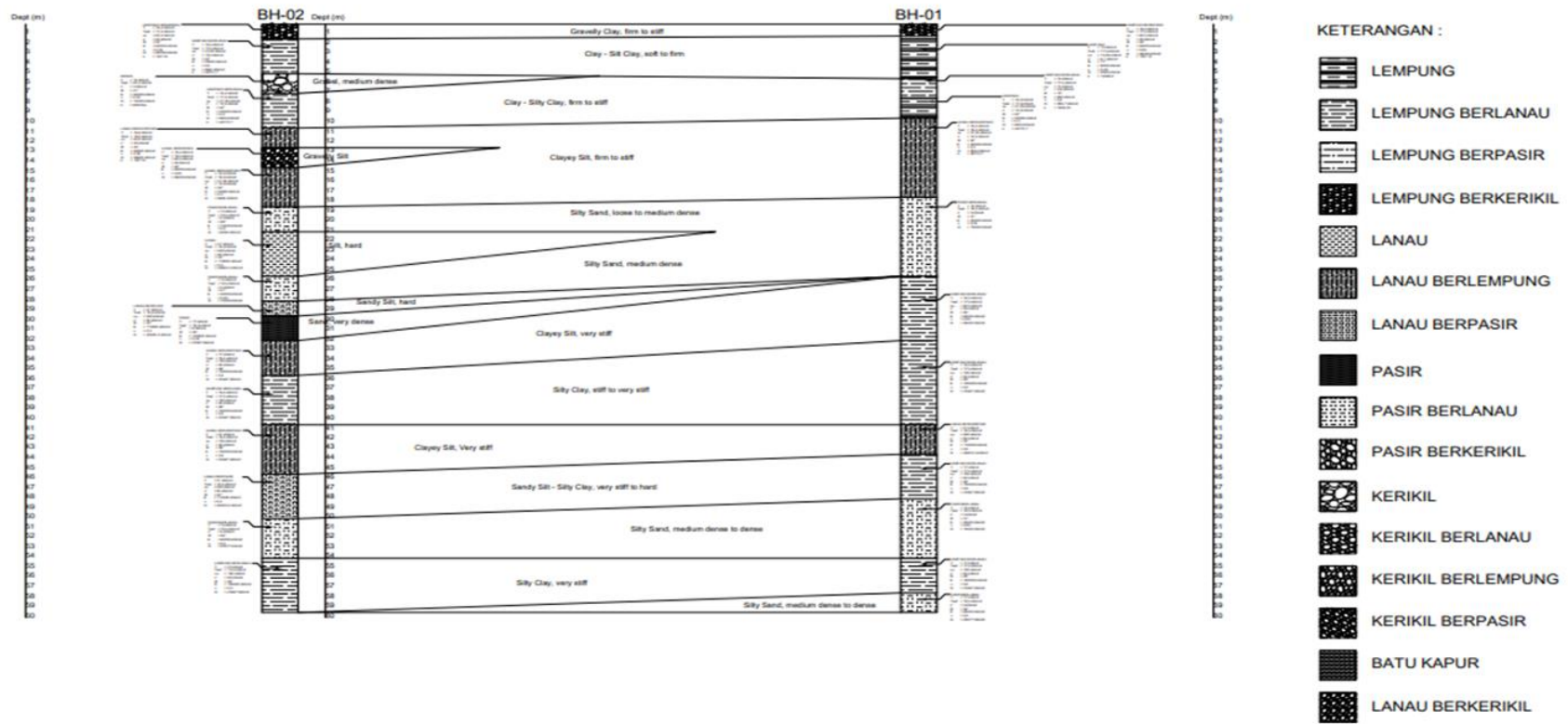
Penyusunan stratifikasi secara horisontal dilakukan dengan menyandingkan 2 (dua) hasil stratifikasi vertikal di lokasi yang berdekatan, kemudian mengelompokkannya berdasarkan jenis tanah dan konsistensi / kepadatan yang sama.

4. Penggambaran Stratifikasi Tanah

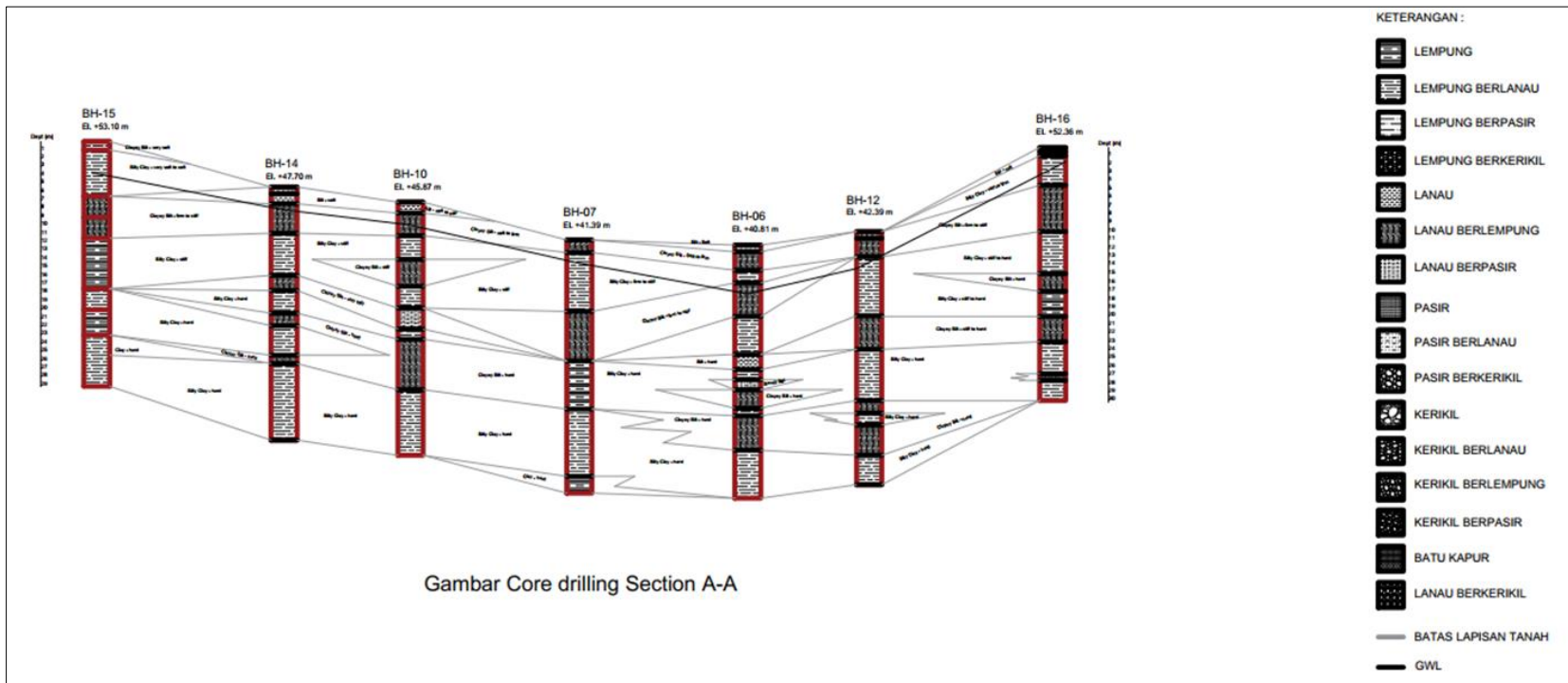
Setelah diperoleh informasi mengenai jumlah lapisan, ketebalan setiap lapisan, dan parameter tanah setiap lapisan, maka selanjutnya dibuat gambar stratifikasi tanah yang menyajikan susunan lapisan tanah, baik secara vertikal maupun horisontal. Gambar 3 sampai dengan 7 berikut merupakan contoh hasil penggambaran stratifikasi tanah.



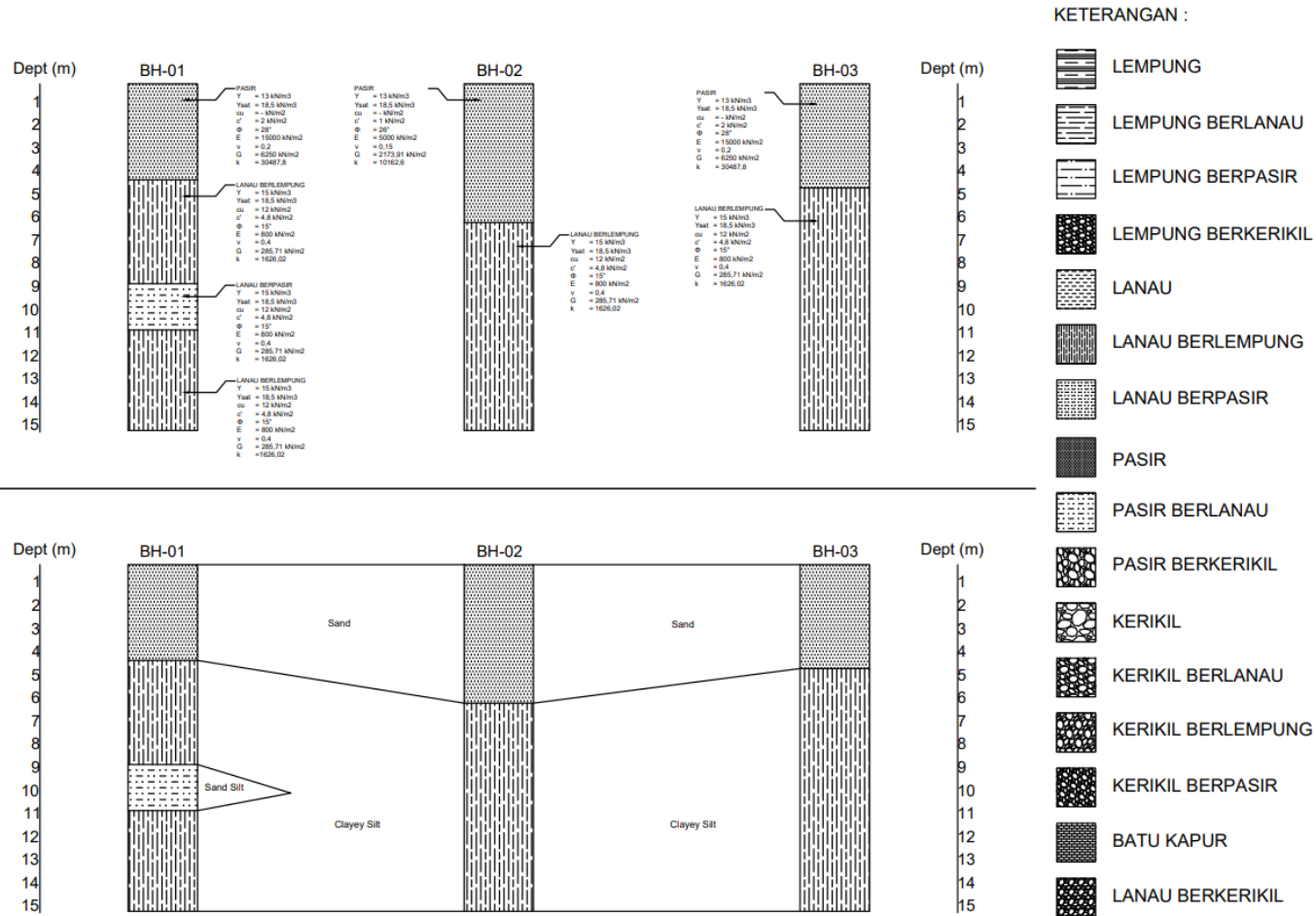
Gambar 1.3 Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Demak, Jawa Tengah



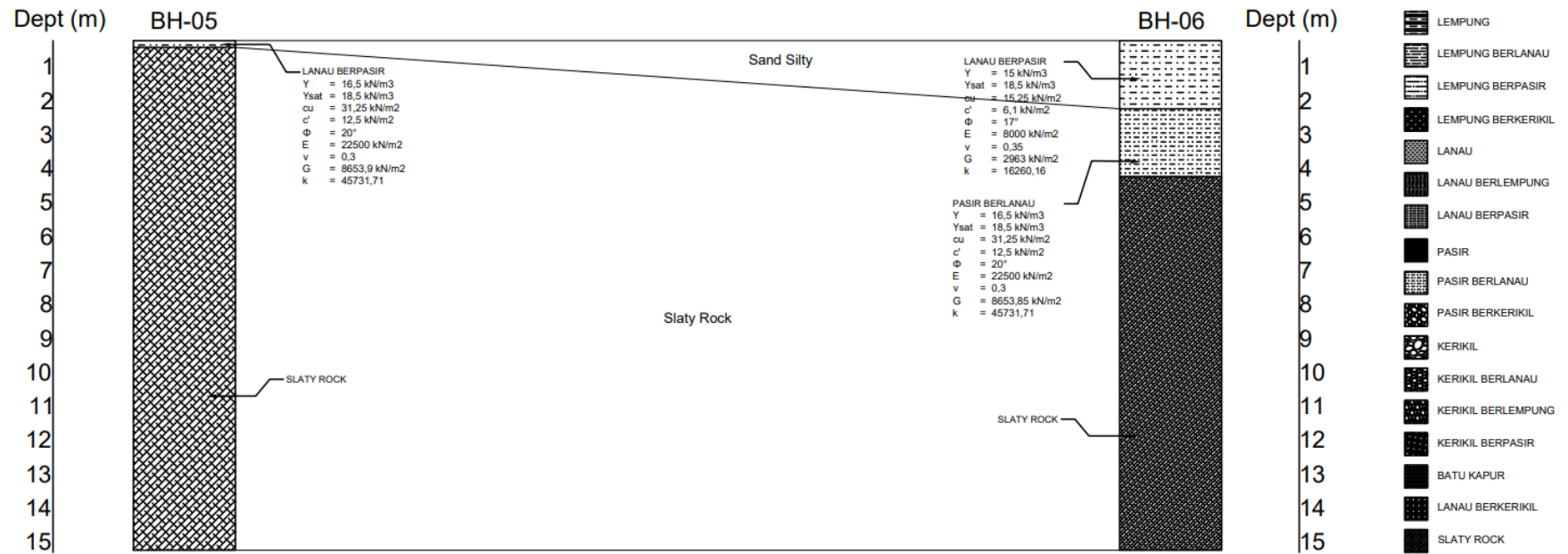
Gambar 1.4. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Jakarta Pusat



Gambar 1.5. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Karawang



Gambar 1.6. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Kuala Tanjung, Sumatera Utara



Gambar 1.7. Contoh Hasil Stratifikasi tanah di wilayah Sigi, Sulawesi Tengah

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2008). *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir*. Bandung: BSN: SNI 2827:2008.
- Bowles, J. (1991). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Edisi Kedua*. Erlangga.
- Budhu, M. (2000). *Soil: Mechanics and Foundation, 3rd Edition*. USA: John Wiley and Sons.
- Das, B. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering, 5th Edition*. Canada: Thomson.
- Hardiyatmo, H. (2010). *Analisis dan Perancangan Pondasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Li, J. L., Cassidy, M., Huang, J., Zhang, L., & Kelly, R. (2015). Probabilistic identification of soil stratification. *Geotechnique*, 1-11.
- Terzaghi, K., & Peck, R. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition*. USA: John Wiley and Sons.