

**LAPORAN
PENELITIAN DOSEN**



**STUDI PERBANDINGAN SIFAT TANAH
LANAU KELEMPUNGAN TIDAK TERGANGGU
DARI PENGUJIAN METODE BOR KERING
DAN BOR BASAH**

Tim Peneliti

Ketua : DR. Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

NIDN : 0316016101

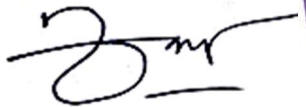
**PROGRAM MAGISTER STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
MEI 2020**

PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN

- 1 Judul Penelitian : STUDI PERBANDINGAN SIFAT TANAH LANAU KELEMPUNGAN TIDAK TERGANGGU DARI PENGUJIAN METODE BOR KERING DAN BOR BASAH
- 2 Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap : DR.Ir. Idrus M. Alatas M.Sc
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 11860032
- d. Disiplin ilmu : Geoteknik (Teknik Sipil)
- e. Pangkat/Golongan : Lektor /III d
- f. Jabatan : Dosen
- g. Fakultas/Prodi : Teknik Sipil dan Perencanaan / Teknik Sipil
- h. Alamat : Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah Jak-Sel.
- i. Telpon/Faks/E-mail : 0218410387/hb_idrus@yahoo.com
- 3 Anggota Peneliti : ---
- 4 Lokasi Penelitian : Kampus ISTN, Srengseng Indah Jakarta
- 5 Jumlah biaya : 15.500.000,-

Jakarta, Mei 2020

**Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil**



Ir. Nasir Djalili, MT



**Menyetujui,
Ketua LP2M – ISTN**



Ketua Peneliti



DR. Ir. Idrus M. Alatas M.Sc

ABSTRAK

Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir – butir tanahnya berupa lempung (clay) dan lanau (silt) yang disebut juga tanah kohesif. Uji penetrasi standar (SPT) adalah test penetrasi dinamis in-situ yang dirancang untuk memberikan informasi tentang sifat-sifat geoteknik tanah dan daya dukung pada tanah. Sistem pengeboran yang dilakukan untuk mendapatkan nilai SPT umumnya di Indonesia menggunakan metode pengeboran rotari kering (dry boring) dan rotari basah (wash boring) (metode rotari kering menggunakan mata bor core barrel dan metode rotari basah menggunakan mata bor auger). Dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah benar opini sebagian dari para praktisi penyelidikan tanah bahwa metode pengeboran rotari basah tidak lebih baik dari pengeboran rotari kering terhadap besaran nilai N-SPT yang dihasilkan.

Hasil dari penelitian ini memberikan informasi bahwa pengujian pada metode rotari basah dan rotari kering, nilai N-SPT yang diperoleh dari kedua metode tersebut tidak mempunyai perbedaan yang signifikan pada lapisan tanah lempung lunak hingga sedang.

Kata Kunci : Rotari Basah, Rotari Kering, SPT, Tanah Berbutir Halus.

ABSTRACT

Fine-grained soils are soils where most of the soil grains are clay and silt, also called cohesive soils. Standard penetration test (SPT) is an in-situ dynamic penetration test designed to provide information about the geotechnical characteristics of soils and carrying capacity of the soil. Drilling systems that are carried out to obtain SPT values are generally in Indonesia using dry boring and wash boring methods (dry boring method using core barrel drill bits and wash boring method using auger drill bits). The purpose of this research is to find out whether the opinion of some practitioners of soil investigation is true that the method of wash boring drilling is not better than dry boring drilling of the amount of N-SPT value produced.

The results of this study provide information that testing on the wash and dry boring methods, the N-SPT values obtained from the two methods do not have significant differences towards the soft to moderate clay layer.

keywords: Wash boring, Dry boring, SPT, Fine Grained Soil.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN PENGGANTI SUMPAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
PERSETUJUAN KAPRODI	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	2
3. Tujuan Penelitian	2
4. Metode Penelitian	3
5. Batasan Penelitian	3
6. Manfaat Penelitian	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.2. Pemboran Inti	6
2.2.1. Pemboran Inti / Putar (<i>Core Drilling</i>)	6
2.2.2. Pemboran Dengan Pembilasan (<i>Wash Drilling</i>)	7
2.3. <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>	8
2.4. Pengambilan <i>Sample (UDS / DS / Visual Classification)</i>	22
2.5. Analisis Mekanika Tanah	22
2.5.1. Indeks Properties	22
2.5.1.1. Kadar Air	22
2.5.1.2. Berat Jenis Tanah (<i>Spesific Gravity</i>)	23

2.5.1.3. Analisis Butir (<i>Grained Size Analysis</i>)	23
2.5.1.4. Hidrometer	24
2.5.1.5. <i>Atterbeg Limits</i>	24
2.5.2. <i>Engineering Properties</i>	25
2.5.2.1. <i>Triaxial Test</i>	25
2.5.2.2. <i>Triaxial Multi Syage System</i>	31
2.5.2.3. <i>Konsolidasi Test</i>	34
2.6. <i>Sondir / Dutch Cone Penetration Test (DCPT)</i>	35
BAB III	41
METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1. Pendahuluan	41
3.2. Persiapan Penelitian	42
3.3. Diagram Alur Penelitian	43
3.4. Pengeboran Kering dan Pengeboran Basah	45
3.4.1. Metode Pengeboran Kering	48
3.4.2. Metode Pengeboran Basah	50
3.4.3. Pengambilan Contoh Tanah	51
3.5. Pengujian Laboratorium	54
3.5.1. Pengujian Indeks Properties dan <i>Spesific Gravity</i>	55
3.5.1.1. Mengetahui <i>Index Properties</i> tanah	55
3.5.1.2. Alat-alat yang digunakan	56
3.5.1.3. Alur Percobaan	58
3.5.2. Pengujian Berat Isi Tanah	59
3.5.3. Pengujian Batas –Batas <i>Atterberg / Konsistensi Tanah (ASTM)</i>	59
3.5.3.1. Alat-alat yang digunakan	59
3.5.3.2. Alur Percobaan	64
3.5.4. Pengujian Analisa Butiran Tanah	65
3.5.4.1. Analisa Ayakan	67
3.5.4.2. Hidrometer Test	67
3.5.5. Pengujian Kuat Geser Tanah Dengan <i>Multistage Triaxial Unconsolidated Undrained Test (ASTM)</i>	69
3.5.5.1. Alat-alat yang digunakan	69

3.5.5.2. Alur Pengujian	70
3.5.5.3. Sampel Pengujian Triaxial	71
3.5.5.4. <i>Multistage Triaxial UU Test</i>	71
3.6. Jadwal / Skejul Penelitian	69
BAB IV	70
HASIL PENELITIAN	70
4.1. Properties Tanah Penelitian	70
4.1.1. Hasil Pengujian Pengeboran Kering dan Basah	72
4.1.2. Hasil Pengujian Standard Penetration Test	72
4.1.3. Ikhtisar Hasil Pengujian Laboratorium	74
4.2. Perbedaan Properties Tanah Dari Pengeboran Kering dan Basah	78
4.2.1. Perbedaan Kadar Air Tanah dan Derajat Kejenuhan Dari Pengeboran Kering dan Basah	78
4.2.2. Perbedaan Berat Isi Tanah Dari Pengeboran Kering dan Basah	83
4.2.3. Perbedaan Angka Pori (e) Dari Pengeboran Kering dan Basah	84
4.3. Pengaruh Pengeboran Kering dan Basah Terhadap Konsistensi Tanah	85
4.3.1. Perbedaan <i>Liquid Limit (LL)</i> Dari Tanah Pengeboran Kering dan Basah	87
4.3.1. Perbedaan <i>Plastic Limit (PL)</i> Dari Tanah Pengeboran Kering dan Basah	88
4.3.1. Perbedaan <i>Pastiticity Index (PI)</i> Dari Pengeboran Kering dan Basah	89
4.4. Pengaruh Metode Pengeboran Kering dan Basah Terhadap Perilaku Parameter Kuat Geser	89
4.4.1. Kuat Geser <i>Undrained</i> Dari Pengeboran Kering	93
4.4.2. Kuat Geser <i>Undrained</i> Dari Pengeboran Basah	96
4.4.3. Kuat Geser <i>Undrained</i> Dari Sampel Pengeboran Kering dan Basah Pada Januari 2018 Dan Desember 2018	99
4.4.4. Sudut Geser Dalam <i>Undrained</i> Dari Sampel Pengeboran Kering Dan Basah Pada Januari 2018 Dan Desember 2018	101
4.4.5. Perbedaan Kuat Geser <i>Undrained</i> Dari Sampel Pengeboran Kering Dibanding Dari Pengeboran Basah	101

KESIMPULAN DAN SARAN	110
5.1. Kesimpulan	110
5.2. Saran	111
LAMPIRAN	117
DAFTAR PUSTAKA	170

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 3.4. Pengeboran dengan menggunakan alat bor lengkap	49
2. Gambar 3.5. Pelaksanaan pengujian <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>	51
3. Gambar 3.6 Pengukuran dan pelabelan contoh tanah tidak terganggu	53
4. Gambar 3.7 Contoh tanah dalam kotak <i>corebox</i>	54
5. Gambar 3.9. Peralatan yang diperlukan di Laboratorium Mekanika Tanah	57
6. Gambar 3.10. Peralatan <i>Pengujian Liquid Limit</i>	61
7. Gambar 3.11. Peralatan <i>Pengujian Plastic Limits</i>	62
8. Gambar 3.12. Peralatan <i>Pengujian Shrinkage Limits</i>	63
9. Gambar 3.13. Alat-alat pengujian <i>hydrometer</i>	66
10. Gambar 3.14 Peralatan <i>Pengujian Triaxial</i>	70
11. Gambar 4.10 Curah hujan di Indonesia Januari 2018 (www.bmkg.co.id)	96
12. Gambar 4.11 Curah hujan di Indonesia Desember 2018 (www.bmkg.co.id)	96

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Hubungan D_r , ϕ dan N dari Pasir (Sosrodarsono S., 1988).....	8
2. Tabel 2.2 Hubungan N dengan D_r , untuk Tanah Lempung (<i>Shamsher Prakash, 1989</i>)	9
3. Tabel 2.3 Hal-hal yang Perlu Dipertimbangkan untuk Penentuan Harga N (Sosrodarsono S., 1988)	10
4. Tabel 2.4: Hubungan antara Angka Penetrasi Standard dengan Sudut Geser Dalam dan Kepadatan Relatif pada Tanah Pasir (<i>Das, 1995</i>)	11
5. Tabel 2.5 Hubungan antara N dengan Berat Isi Tanah (Sosrodarsono S., 1988)	11
6. Tabel 2.6 Korelasi empiris antara nilai N -SPT dengan <i>unconfined compressive strength</i> (q_u) dan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah kohesif. (<i>Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition, 1969</i>)	14
7. Tabel 2.7 Korelasi berat jenis (γ) untuk tanah kohesif dan tanah non-kohesif (<i>Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962</i>)	15
8. Tabel 2.8 Korelasi berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah non kohesif (<i>Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962</i>)	16
9. Tabel 2.9 Korelasi nilai N -SPT dengan <i>relative density</i> tanah <i>non kohesif</i> (<i>Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition, 1969</i>)	17
10. Tabel 2.10 Korelasi nilai N -SPT dengan Kepadatan Tanah Lempung (<i>Terzaghi and Peck 1948</i>)	18
11. Tabel 2.11 Hasil Pengukuran Energi Pada Berbagai Sistem SPT (<i>SKEMTON, 1986; Carter & Bently, 1991</i>)	20
12. Tabel 2.13 Hubungan Antar SPT, CPT dan Sudut Geser Dalam Pasir (ϕ) (<i>Schmertmann, 1978</i>)	20
13. Tabel 2.14 Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan Nilai SPT (<i>Bowles, 1988</i>)	21
14. Tabel 2.15 Hubungan antara SPT dan Kekuatan Tekanan Tanah Lempung (<i>Bowles, 1988</i>)	21

15. Tabel 2.17 Korelasi <i>N-SPT</i> dengan <i>CPT</i>	40
16. Tabel 3.3. Ihtisar 4 titik bor yang dilakukan dengan kedalaman pengambilan contoh tanah tak terganggu dan <i>Standard Penetration Test</i>	47
17. Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	72
18. Tabel 4.1 Hasil pengeboran kering pada Januari 2018	74
19. Tabel 4.2 Hasil pengeboran basah pada Januari 2018	74
20. Tabel 4.3 Hasil pengeboran kering pada Desember 2018	75
21. Tabel 4.4 Hasil pengeboran basah pada Desember 2018	75
22. Tabel 4.5 Kedalaman pengambilan sampel tak terganggu dan jarak antara titik bor kering dan basah	77
23. Tabel 4.6 Ikhtisar hasil test lab sampel tak terganggu dari pengeboran kering bulan Januari dan Desember 2018	79
24. Tabel 4.7 Ikhtisar hasil test lab sampel tak terganggu dari pengeboran basah bulan Januari dan Desember 2018	80
25. Table 4.8 Ikhtisar <i>index properties</i> dari pengeboran kering dan basah ...	81
26. Tabel 4.9. Hasil nilai kadar air (wn) dan berat isi tanah (ρ) dari bagian atas, tengah dan bawah pada contoh tanah tak terganggu hasil pengeboran kering (DB-1 dan DB-3)	83
27. Tabel 4.10. Hasil nilai kadar air (wn) dan berat isi tanah (ρ) dari bagian atas, tengah dan bawah pada contoh tanah tak terganggu hasil pengeboran basah (DB-2 dan DB-4)	84
28. Tabel 4.11 Ikhtisar hasil uji <i>Atterberg (consistency)</i> tanah dari sampel tanah tak terganggu pada bulan Januari 2018 dan Desember 2018	90
29. Tabel 4.12 Hasil Rata-rata <i>consistency</i> tanah keseluruhan dari pengeboran kering dan basah	90
30. Tabel 4.13 Hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran kering di bulan Januari 2018 dan Desember 2018	94
31. Tabel 4.14 Hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran basah di bulan Januari 2018 dan Desember 2018	94
32. Tabel 4.15 Hasil uji kuat geser rata-rata pada sampel dari pengeboran kering dan basah di bulan Januari 2018 dan Desember 2018	95

33. Table 4.16 Perbedaan hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran kering di bulan Januari 2018 terhadap Desember 2018	104
34. Tabel 4.17 Perbedaan hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran basah pada bulan Januari 2018 terhadap Desember 2018	105
35. Tabel 4.18 Perbedaan hasil uji kuat geser rata-rata pada sampel dari pengeboran kering terhadap pengeboran basah pada bulan Januari 2018 dan Desember 2018	107

DAFTAR GRAFIK

1. Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kohesi (c) dan nilai N -SPT untuk tanah kohesif (Irsyam, 2011)	13
2. Gambar 2.2 Grafik korelasi antara nilai N -SPT dan <i>undrained shear strength</i> untuk tanah kohesif (SI-3221 Rekayasa Pondasi, Mahsyur Irsyam, 2011)	14
3. Gambar 2.3 Grafik hubungan sudut geser (ϕ) dan nilai N -SPT untuk tanah pasir (SI-3221 Rekayasa Pondasi, Mahsyur Irsyam)	17
4. Gambar 2.4 <i>Consolidated Drained Test (CD test)</i> . (<i>Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969</i>)	27
5. Gambar 2.5 Keruntuhan <i>Mohr-Colomb</i> tanah terkonsolidasi normal kondisi <i>drained (CD)</i> . (<i>An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs</i>	27
6. Gambar 2.6 <i>Consolidated Undrained Test (CU test)</i> (<i>Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969</i>)	28
7. Gambar 2.7 Lingkaran <i>Mohr</i> untuk tegangan total dan tegangan efektif tanah terkonsolidasi normal kondisi <i>undrained (CU)</i> . (<i>An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981</i>)	29
8. Gambar 2.8 Lingkaran <i>Mohr</i> untuk tegangan total dan tegangan efektif tanah <i>overconsolidated</i> kondisi <i>undrained (CU)</i> . (<i>An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981</i>)	29
9. Gambar 2.9 <i>Unconsolidated Undrained Test (UU test)</i> . (<i>Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969</i>)	30
10. Gambar 2.10 Lingkaran <i>Mohr</i> untuk tanah NC pada tes <i>triaxial UU</i> (<i>An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981</i>).....	31
11. Gambar 2.11 Hubungan tegangan geser dan regangan dari pengujian kekuatan geser dengan geser langsung <i>multi stage</i> (<i>Gan et al., 1988; Gan dan Fredlund, 1988</i>)	32
12. Gambar 2.12 Hubungan tegangan regangan pada material granit dari pengujian <i>triaxial multi stage</i> pada batuan Granit pada (a) sample 5 dan (b) sampel 22 (<i>Ho dan Fredlund, 1982</i>)	33

13. Gambar 2.13 Perbedaan hasil kekuatan geser dari pengujian standar geser langsung dengan <i>multi stage</i> (Hormdee et al., 2012)	34
14. Gambar 2.14 <i>Konus</i> Bagian Alat Uji <i>Sondir</i> (Holtz and Konvacs, 1981)	36
15. Gambar 2.15 Metode Interpretasi Jenis Tanah dari Uji Sondir (Bagemann)	37
16. Gambar 2.16 Perkiraan Jenis Tanah dari <i>Dutch Cone Penetration Test</i> (Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das, Foourtg Edition)	38
17. Gambar 2.17 Perkiraan Koreksi antara <i>NSPT</i> dengan Sudut Geser Tanah (Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das, Foourtg Edition)	39
18. Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian	44
19. Gambar 3.2 Skematik letak titik titik pengeboran kering dan pengeboran basah pada Bulan Januari dan Desember 2018	46
20. Gambar 3.8 Tabung contoh tanah tidak terganggu (<i>undisturbed sample</i>)	55
21. Gambar 4.1. Perbedaan hasil pengujian <i>N-SPT</i> pada pengeboran kering dan Basah pada bulan Januari dan Desember 2018	76
22. Gambar 4.2 Perbedaan kadar air asli dari sampel yang diperoleh dari pengeboran kering dan basah	85
23. Gambar 4.3 Perbedaan drajat kejenuhan (<i>Sr</i>) dari sampel yang diperoleh dari pengeboran kering dan basah	86
24. Gambar 4.4 Perbedaan berat isi tanah dari pengeboran kering dan basah yang dilakukan pada bulan Januari dan Desember 2018	88
25. Gambar 4.5 Perbedaan angka pori dari pengeboran kering dan pengeboran basah yang dilakukan pada bulan Januari dan Desember 2018	89
26. Gambar 4.6 Perbedaan <i>liquid limit (LL)</i> dari sampel pengeboran kering dan basah	91
27. Gambar 4.7 Perbedaan <i>palstic limit (PL)</i> dari sampel pengeboran kering dan basah	92
28. Gambar 4.8 Perbedaan <i>plasticity index (PI)</i> dari sampel pengeboran kering dan basah	93
29. Gambar 4.9 Skematik pengambilan sampel tabung dan sampel uji <i>multistage triaxial uu test</i>	94
30. Gambar 4.12 Kohesi <i>undrained</i> yang dilakukan pada bagian atas, tengah	

dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Januari 2018	98
31. Gambar 4.13 <i>Kohesi undrained</i> yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Desember 2018	98
32. Gambar 4.14 Sudut geser dalam <i>undrained</i> (□) yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Januari 2018	99
33. Gambar 4.15 Sudut geser dalam <i>undrained</i> (□) yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Desember 2018	99
34. Gambar 4.16 <i>Kohesi undrained</i> yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Januari 2018	101
35. Gambar 4.17 <i>Kohesi undrained</i> yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Desember 2018	101
36. Gambar 4.18 Sudut geser dalam <i>undrained</i> (□) yang dilakukan pada bagian bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Januari 2018	102
37. Gambar 4.19 Sudut geser dalam <i>undrained</i> (□) yang dilakukan pada bagian bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Desember 2018	102
38. Gambar 4.20 Perbedaan <i>kohesi undrained</i> pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari 2018 ..	108
39. Gambar 4.21 Perbedaan <i>kohesi undrained</i> pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Desember 2018	109
40. Gambar 4.22 Perbedaan <i>kohesi undrained</i> pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018	109
41. Gambar 4.23 <i>Kohesi undarined</i> rata-tara pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018	110
42. Gambar 4.24 Perbedaan sudut geser dalam (□) <i>undrained</i> pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan	

Januari 2018	111
43. Gambar 4.25 Perbedaan sudut geser dalam (\square) <i>undrained</i> pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Desember 2018	112
44. Gambar 4.26 Perbedaan sudut geser dalam (\square) <i>undrained</i> pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018	113
45. Gambar 4.27 Sudut geser dalam <i>undrained</i> (\square) rata-tara pada atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018	114

DAFTAR LAMPIRAN

1. Bor Kering (<i>Dry Bore Coring</i>) Penelitian 1	117
2. Bor Kering (<i>Dry Bore Coring</i>) Penelitian 2	118
3. Tabel Bor Kering (<i>Dry Bore Coring</i>) 1	119
4. Tabel Bor Kering (<i>Dry Bore Coring</i>) 2	120
5. Tabel Bor Kering (<i>Dry Bore Coring</i>) 3	121
6. <i>Soil Profile Borin</i>	122
7. Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) Penelitian 1	123
8. Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) Penelitian 2	124
9. Tabel Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) 1	125
10. Tabel Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) 2	126
11. Tabel Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) 3	127
12. Tabel Bor Basah (<i>Wash Boring</i>) 4	128
13. <i>Bore Log (Coring)</i> 1	129
14. <i>Bore Log (Coring)</i> 2	130
15. <i>Bore Log (Coring)</i> 3	131
16. <i>Bore Log (Coring)</i> 4	132
17. <i>Bore Log (Coring)</i> 5	133
18. <i>Bore Log (Coring)</i> 6	134
19. <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 1	135
20. <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 2	136
21. <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 3	137
22. Tabel <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 1	138
23. Tabel <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 2	139
24. <i>Bore Log Basah (Wash Bore Log)</i> 3	140
25. Gambar <i>wash effect</i>	141
26. Tabel Sondir Pertama 1	142
27. Tabel Sondir Pertama 2	143
28. Tabel Sondir Pertama 3	144
29. Tabel Sondir Pertama 4	145
30. Data Sondir Pertama 1	146

31. Grafik Sondir Pertama 1	147
32. Data Sondir Pertama 2	148
33. Grafik Sondir Pertama 2	149
34. Data Sondir Pertama 3	150
35. Grafik Sondir Pertama 3	151
36. Data Sondir Pertama 4	152
37. Grafik Sondir Pertama 4	153
38. Tabel Sondir Kedua 1	154
39. Tabel Sondir Kedua 2	155
40. Tabel Sondir Kedua 3	156
41. Tabel Sondir Kedua 4	157
42. Data Sondir Kedua 1	158
43. Grafik Sondir Kedua 1	159
44. Data Sondir Kedua 2	160
45. Grafik Sondir Kedua 2	161
46. Data Sondir Kedua 3	162
47. Grafik Sondir Kedua 3	163
48. Data Sondir Kedua 4	164
49. Grafik Sondir Kedua 4	165
50. Foto Pelaksanaan 1	166
51. Foto Pelaksanaan 2	167
52. Foto Pelaksanaan 3	168
53. Foto Pelaksanaan 4	169

BAB 1

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Penyelidikan tanah (*Soil investigation*) yang memadai merupakan suatu pekerjaan pendahuluan yang sangat penting pada sebuah konstruksi bangunan teknik sipil. Informasi survey teknis yang cukup harus diperoleh sebagai dasar suatu analisa desain teknis yang aman dan ekonomis serta untuk menghindari kesulitan – kesulitan yang terjadi pada saat konstruksi. Untuk mendapatkan nilai parameter.

Tujuan utama pada penyelidikan tanah tersebut adalah :

1. Untuk memperoleh contoh-contoh lapisan tanah dan batuan yang cukup mewakili untuk keperluan identifikasi dan klasifikasi .
2. Mendapatkan Properties tanah dengan pengambilan sampel *disturb* dan *undisturb* melalui sistem pengeboran dilapangan ,dan dilakukan pengetesan sampel di laboratorium .
3. Untuk mengidentifikasi kondisi air tanah dan muka air tanah.

Adapun penyelidikan tanah langsung yang umum dilakukan dilapangan adalah sebagai berikut :

- a. Sondir (CPT) untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah keras yang ditandai dengan nilai manometer sebesar 250kg/cm^2 .

- b. Bor dangkal (hand bor) yaitu suatu pengetesan yang dilakukan dengan mengambil tanah sedalam 50cm – 600cm untuk mengetahui lapisannya dan mengambil sample yang tidak terganggu.
- c. Bor dalam (deep bor) untuk mengetahui lapisan dan jenis tanah pada kedalaman sampai dengan yang dibutuhkan sesuai dengan keperluan perencanaan, dalam pelaksanaannya system pengeboran tersebut ada 2 metode yaitu bor basah (wash boring) dan bor kering (dry boring/coring)

Dengan adanya 2 sistem pengeboran yang berbeda tersebut ada kemungkinan perbedaan hasil dan nilai parameter tanah dari masing-masing sistem pengeboran walaupun pada titik bor yang sangat berdekatan dan kelapisan tanah yang sama. Maka penelitian kami ini bertujuan untuk melihat sejauh mana pengaruh efek metode pengeboran terhadap nilai-nilai parameter tanah dari sampel tanah tak terganggu yang diambil dilapangan.

2. Rumusan Masalah

Pada sampel tidak terganggu yang diperoleh di lapangan dari lubang bor pada kondisi pengeboran dengan menggunakan sistem bor basah dan bor kering diperkirakan akan ada perbedaan nilai- nilai parameter tanah yang dihasilkan dilaboratorium akibat pengaruh air yang digunakan pada saat pengeboran. Alasan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan besaran nilai sejauh mana pengaruh

air pada sampel tak terganggu yang diambil dengan system *wash boring* dan *coring* pada kedalaman yang sama serta lapisan tanah yang sama.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana sampel tanah tidak terganggu yang didapat dari kedua metode pengeboran yang berbeda antara pengeboran basah dan pengeboran kering (*coring*) berpengaruh dalam mendapatkan nilai-nilai parameter tanah pada kedalaman dan lapisan tanah yang sama. Parameter tanah yang dimaksud berupa sifat indeks tanah, sifat mekanik tanah berupa kuat geser tanah dan sifat kompresibilitasnya.

4. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan cara pengujian lapangandan pengeboran dan pengujian di laboratorium dari sampel tak terganggu dari dua pengeboran yang berbeda. Kedua titik pengeboran dilakukan dengan jarak yang cukup dekat, dengan maksud agar propertis tanah dalam keadaan asli parameternya sama. Kedua titik bor tersebut dilakukan dengan cara yang berbeda. Pertama dilakukan pengeboran dengan cara kering, dan di titik yang berikutnya dengan cara basah. Pengujian SPT dan Pengambilan Sampel tidak terganggu dilakukan pada setiap interval kedalaman pengeboran yang sama. Dari sampel tidak terganggu tersebut dilakukan pengujian sifat –sifat indek, fisik , mekanik, kompresibiliras, untuk dilihat perbedaaan hasil parameternya dari dua cara pengeboran yang berbeda.

5. Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya dilakukan dari suatu lapisan tanah dilokasi kawasan Kampus ISTN Srengseng Sawah, Jakarta Selatan. Jarak pengeboran basah dan kering hanya berjarak 50 cm. Jarak ini diharapkan bahwa lapisan kondisi tanah dari dua titik bored tersebut sama propertiesnya. Tanah yang diteliti umumnya berupa tanah lanau kemepungan berwarna merah kecoklatan dengan sampai dengan konsistensi keras. Pengambilan sampel tidak terganggu hanya pada lapisan tanah lanau kelemungan dengan konsistensi sedang hingga kaku.

Prosedur pengujian sesuai dengan ASTM , AASHTO dan Bina Marga

6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian untuk akademisi adalah hasil yang diperoleh melalui penelitian ini dapat dijadikan referensi dan acuan untuk menjawab adanya perbedaan nilai parameter tanah yang didapat dari system pengeboran basah dan kering. Berapa besar nilai perbedaan parameter yang diperoleh dari penelitian ini dapat juga dijadikan suatu nilai parameter untuk keperluan dan perencanaan konstruksi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada umumnya tes penyelidikan tanah yang dilakukan untuk mendesain suatu struktur terdapat kendala baik teknis maupun non-teknis. Pemilihan penyelidikan tanah membutuhkan perencanaan yang matang agar hasil yang dicapai memenuhi kriteria spesifikasi.

Tes penyelidikan tanah dilapangan dapat dilakukan dengan berbagai cara

Mulai dari tes sondir, CPTu, Dynamic Cone Penetration, vane shear test, bearing plate test, CBR lapangan dan uji SPT (*Standart Penetration Tes*).

Untuk uji SPT (*Standart Penetration Test*) metode yang dilakukan mulai dari pemboran basah/bilas (wash drilling) dan pemboran inti core (core drilling). Dua metode dari uji SPT tersebut masing – masing mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri. Pemilihan metode tersebut berdasarkan kebutuhan data-data yang diinginkan, lokasi uji, bangunan rencana, kondisi geografis, geologi dan pengalaman seorang geoteknik.

Sampai saat ini pemilihan uji SPT dengan metode pemboran basah/bilas (wash drilling) dan pemboran inti core (core drilling) masih menjadi sebuah hal yang diperdebatkan antara perencana struktur fondasi, manakah hasil uji yang menunjukkan hasil terbaik dari keduanya mendekati kenyataan dilapangan.

Oleh karena itu dibutuhkan penelitian-penelitian yang lebih banyak dan konferenhensif pada lokasi, jenis tanah, kondisi lapangan yang berbeda-beda.

Pengpengujian SPT yang mempunyai nilai mendekati keadaan sesungguhnya dilapangan dapat membuat perencanaan pondasi menjadi maksimal.

2.2 Pemboran Inti

Defenisi dari Pemboran inti atau yang umumnya dikenal dengan Boring test adalah suatu cara membor tanah di lapangan dengan menggunakan Bor Mesin. Pemboran dimaksudkan untuk mengetahui jenis litologi tanah/batuan, tingkat serta sifat-sifat fisik mekanik masing-masing tanah/batuan bawah permukaan, baik vertikal maupun secara horizontal. Pengpengujian pengeboran bertujuan untuk :

1. Mengetahui susunan lapisan tanah secara visual dan terperinci
2. Mengambil contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed sample*) dan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) sampai kedalaman yang diinginkan untuk tujuan deskripsi dan klasifikasi tanah (*visual soil classification*).
3. Melakukan pengpengujian SPT pada kedalaman tertentu.
4. Mencatat muka air tanah
5. Mengetahui kepadatan relatif dan besarnya hambatan lekat berdasarkan korelasi data dengan pekerjaan *Dutch Cone Penetration Test*.

2.2.1 Pemboran Inti / Putar (Core Drilling)

Metode pemboran putar disarankan untuk digunakan pada tanah lunak. Metode ini dapat melakukan pemboran secara bersih dan seragam yang cocok untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu. Pemboran dilakukan dengan

memutar dan menekan mata bor ke dalam tanah. Sisa-sisa tanah diangkat ke atas permukaan oleh air pemboran. Mata bor bentuk ekor ikan (*fish tail bit*) yang memiliki *deflected discharge* lebih cocok lagi karena dapat membantu mengangkat sisa-sisa tanah ke atas lubang bor. Praktek yang dilakukan oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi saat ini, dan juga di Indonesia umumnya, adalah dengan menggunakan sebuah tabung penginti. Penginti tersebut akan menstabilkan lubang bor karena kekakuannya. Dengan metode ini, tanah yang didapatkan pada penginti selama proses pemboran, dapat digunakan untuk pengambilan contoh tanah terganggu untuk pengujian indeks. Meskipun demikian, elevasi muka air tanah harus dipertahankan konstan untuk membatasi terjadinya perubahan tegangan pada tanah yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada contoh tanah.

Penggunaan cairan pada pemboran direkomendasikan walaupun sisa-sisa tanah akan terangkut ke atas oleh mekanisme aliran air. Tipe cairan pemboran yang paling umum digunakan adalah lumpur pemboran yang dibuat dengan mencampur air dan bentonit pada berat jenis tertentu, sekitar 1.05 hingga 1.15. Lumpur pemboran ini akan melumasi mata bornya dan juga cenderung akan menstabilkan lubang bor. Tekanan dari lumpur pemboran yang mempunyai berat isi tinggi akan menetralkan tegangan tanah setempat dan oleh karenanya akan membantu mempertahankan lubang bor tetap terbuka.

2.2.1 Pemboran dengan Pembilasan (Wash Drilling)

Pada metode ini lubang bor dibuat dengan gerakan memotong dan memutar

(*chopping and twisting*) dari mata bor sambil menyemprotkan air dari bawah mata bor tersebut. Pencabutan, penekanan dan pemutaran batang bor maupun pemompaan air dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan motor kerekan kecil dan pompa. Lubang bor biasanya dilindungi dengan pipa lindung dan air digunakan sebagai cairan pemboran. Pemboran harus dilakukan secara hati-hati karena pembilasan yang keras dapat mengganggu lapisan tanah yang akan diambil contohnya.

Walupun pengoperasiannya sangat mudah dan ekonomis, metode ini tidak disarankan untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu pada tanah lunak karena mekanisme pemboran dengan penumbukan dan penyemprotan air, walaupun akan memberikan tingkat tumbukan yang lebih rendah disbanding dengan tumbukan akibat pemboran, tetap saja akan dapat mengganggu lapisan tanah yang akan diambil contohnya.

2.3 Standard Penetration Test (SPT)

Standard Penetration Test (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split spoon* ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah (ϕ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Hubungan kepadatan relatif, sudut geser tanah dan nilai N dari pasir dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Hubungan Dr, ϕ dan N dari Pasir (*Sosrodarsono S.*, 1988)

Nilai N	Kepadatan Relatif (Dr)		Sudut geser dalam ϕ	
			Menurut Peck	Menurut Mayerhof
0 – 4	0,0 – 0,2	Sangat Lepas	< 28,5	< 30
4 – 10	0,2 – 0,4	Lepas	28,5 – 30	30 – 35
10 – 30	0,4 – 0,6	Sedang	30 – 36	35 – 40
30 – 50	0,6 – 0,8	Padat	36 – 41	40 – 45
> 50	0,8 – 1,0	Sangat Padat	> 41	> 45

SPT yang dilakukan pada tanah tidak kohesif tapi berbutir halus atau lanau, yang permeabilitasnya rendah, mempengaruhi perlawanan penetrasi yakni memberikan harga SPT yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang permeabilitasnya tinggi untuk kepadatan yang sama. (*Shamsher Prakash*, 1989).

Tabel 2.2 Hubungan N dengan Dr, untuk Tanah Lempung (*Shamsher Prakash*, 1989)

Relative density (Dr)	N
Very soft / Sangat Lunak	2
Soft / Lunak	2 – 4
Medium / Kenyal	4 – 8
Stiff / Sangat Kenyal	8 – 15
Hard / Keras	15 – 30
Padat	> 30

Hal ini mungkin terjadi bila jumlah tumbukan $N > 15$, maka sebagai koreksi Terzaghi dan Peck (1948) memberikan harga ekuivalen N_0 yang merupakan hasil jumlah tumbukan N yang telah dikoreksi akibat pengaruh permeabilitas yang dinyatakan dengan:

$$N_0 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15) \quad (2.1)$$

Gibs dan Holz (1957) juga memberikan harga ekuivalen N_0 yang merupakan hasil jumlah tumbukan N yang telah terkoreksi akibat tekanan berlebih yang terjadi untuk jenis tanah dinyatakan dengan:

$$N_0 = N \frac{50}{1 + 2\sigma + 1} \quad (2.2)$$

dimana σ adalah tegangan efektif berlebih, yang tidak lebih dari $2,82 \text{ kg/cm}^2$.

Dari pelaksanaan pengujian dengan metode SPT, maka angka N dari suatu lapisan dapat diketahui dan dari angka tersebut dapat ditentukan karakteristik suatu lapisan tanah seperti pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Hal-hal yang Perlu Dipertimbangkan untuk Penentuan Harga N

(Sosrodarsono S., 1988)

Klasifikasi	Hal-hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan
Hal yang perlu dipertimbangkan secara menyeluruh dari hasil-hasil survei sebelumnya	Unsur tanah, variasi daya dukung vertikal (kedalaman permukaan dan susunannya), adanya lapisan lunak (ketebalan lapisan yang mengalami konsolidasi atau penurunan), kondisi drainase dan lain-lain
Tanah Pasir (tidak kohesif).	Berat isi, sudut geser dalam ketahanan terhadap penurunan dan daya dukung tanah
Tanah Lempung (kohesif).	Keteguhan, kohesi, daya dukung dan ketahanan terhadap hancur

Harga N yang diperoleh dari SPT tersebut diperlukan untuk memperhitungkan daya dukung tanah. Daya dukung tanah tergantung pada kuat geser tanah. Untuk mendapatkan harga sudut geser tanah dari tanah tidak kohesif (pasiran) biasanya dapat dipergunakan rumus Dunham (1962) sebagai berikut:

Tanah berpasir berbentuk bulat dengan gradasi seragam, atau butiran pasir bersegi-segi dengan gradasi tidak seragam, mempunyai sudut sebesar:

$$\phi = \sqrt{12N + 15} \quad (2.3)$$

$$\phi = \sqrt{12N + 50} \quad (2.4)$$

- Butiran pasir bersegi dengan gradiasi seragam, maka sudut gesernya adalah:

$$\phi = 0,3 N + 27 \quad (2.5)$$

Angka penetrasi sangat berguna sebagai pedoman dalam eksplorasi tanah dan untuk memperkirakan kondisi lapisan tanah.

Hubungan antara angka penetrasi standard dengan sudut geser tanah dan kepadatan relatif untuk tanah berpasir, secara perkiraan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4: Hubungan antara Angka Penetrasi Standard dengan Sudut Geser Dalam dan Kepadatan Relatif pada Tanah Pasir (*Das*, 1995)

Angka penetrasi standar, N	Kepadatan relatif (%)	Sudut geser dalam (°)
0 – 5	0 – 5	26 – 30
5 – 10	5 – 30	28 – 35
10 – 30	30 – 60	35 – 42
30 – 50	60 – 65	38 – 46

Hubungan antara harga N dengan berat isi yang sebenarnya hampir tidak mempunyai arti karena hanya mempunyai partikel kasar (Tabel 2.5). Harga berat isi yang dimaksud sangat tergantung pada kadar air.

Tabel 2.5 Hubungan antara N dengan Berat Isi Tanah (Sosrodarsono S., 1988)

Tanah Tidak Kohesif	Harga N	< 10	10 – 30	30 – 50	> 50
	Berat isi γ (kn/m ³)	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
Tanah Kohesif	Harga N	< 4	4 – 15	16 – 25	> 25
	Berat isi γ (kn/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	> 20

Pada tanah tidak kohesif daya dukung sebanding dengan berat isi tanah, hal ini berarti bahwa tinggi muka air tanah banyak mempengaruhi daya dukung pasir. Tanah di bawah muka air mempunyai berat isi efektif yang kira-kira setengah berat isi tanah diatas muka air.

Tanah dapat dikatakan mempunyai daya dukung yang baik, dapat dinilai dari ketentuan berikut ini:

- Lapisan kohesif mempunyai nilai SPT, $N > 35$.
- Lapisan kohesif mempunyai harga kuat tekan (q_u) $3-4 \text{ kg/cm}^2$ atau harga SPT, $N > 15$.

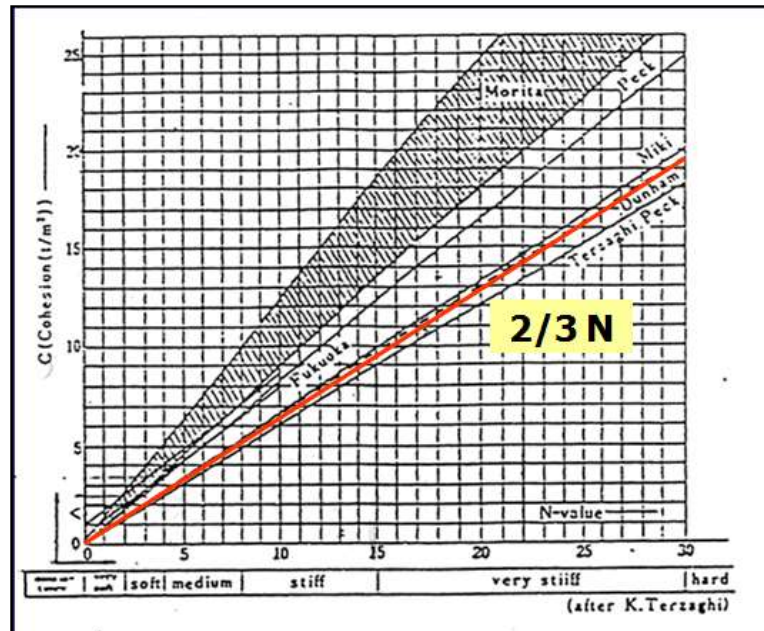
Hasil percobaan pada SPT ini hanya merupakan perkiraan kasar, jadi bukan merupakan nilai yang teliti.

Apabila jumlah pukulan untuk hasil percobaan pada SPT sebanyak 15, maka:

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15) \quad (2.6)$$

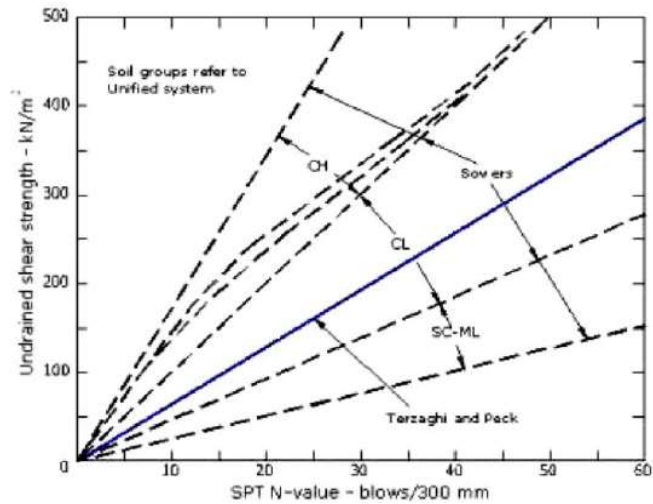
Dalam pelaksanaan umumnya hasil sondir lebih dapat dipercaya dari pada percobaan SPT. (Sosrodarsono S., 1988)

Selain pendapat diatas untuk menentukan korelasi nilai kohesi (C_u) pada tanah kohesif dari hasil N-SPT dapat menggunakan grafik dibawah ini :



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kohesi (c) dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif (Irsyam, 2011)

Undrained shear strength (C_u) pada tanah kohesif dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kandungan air, kerapatan, tekstur tanah, kandungan mineral lempung, struktur tanah, dan *stress history*.



Gambar 2.2 Grafik korelasi antara nilai N-SPT dan *undrained shear strength* untuk tanah kohesif (SI-3221 Rekayasa Pondasi, *Mahsyur Irsyam*, 2011)

Tabel 2.6 Korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan *unconfined compressive strength* (q_u) dan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah kohesif. (*Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition, 1969*)

N-SPT	Konsistensi	<i>Unconfined Compressive Strength</i> (C_u) (ton/ft ²)	γ_{sat} (kN/m ³)
< 2	Very Soft	< 0.25	16 – 19
2 – 4	Soft	0.25 - 0.50	16 – 19
4 – 8	Medium	0.50 - 1.00	17 – 20
8 – 15	Stiff	1.00 - 2.00	19 - 22
15 – 30	Very Stiff	2.00 - 4.00	19 - 22
> 30	Hard	> 4.00	19 - 22

Tabel 2.7 Korelasi berat jenis (γ) untuk tanah kohesif dan tanah non- kohesif (*Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962*)

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	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

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	28 – 36	30 - 40	> 35
State	Loose	Medium	Dense	Very Dense

Korelasi untuk menentukan berat jenis tanah dan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) pada tanah non - kohesif ditentukan dari Tabel 2.7 dan Tabel 2.8

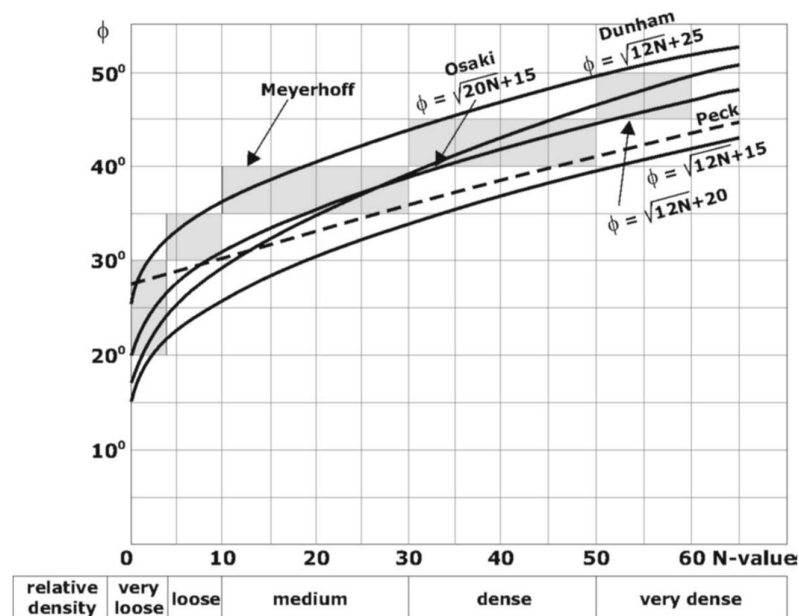
Tabel 2.8 Korelasi berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) untuk tanah non – kohesif (*Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962*)

Description	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
N-SPT					
Fine	1 – 2	3 – 6	7 – 15	16 – 30	
Medium	2 – 3	4 – 7	8 – 20	21 – 40	> 40
Coarse	3 – 6	5 – 9	10 – 25	26 – 45	> 45
Ø					
Fine	26 – 28	28 – 30	30 – 34	33 – 38	
Medium	27 – 28	30 – 32	32 – 36	36 – 42	< 50
Coarse	28 – 28	30 – 34	33 – 34	40 – 50	
$\gamma_{sat}(kN/m^3)$	11 – 16	14 – 18	17 – 20	17 - 22	20 - 23

Korelasi nilai N-SPT dengan sudut geser pada tanah pasir dapat ditentukan dengan menggunakan Grafik 2.2. Untuk mengetahui nilai konsistensi tanah pasir diketahui dengan mengacu Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Korelasi nilai N-SPT dengan *relative density* tanah non kohesif (*Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition, 1969*)

Penetration Resistance N (blows/ft ²)	Relative Density
0 – 4	Very Loose
4 – 10	Loose
10 – 30	Medium
30 – 50	Dense
> 50	Very Dense



Gambar 2.3 Grafik hubungan sudut geser (ϕ) dan nilai N-SPT untuk tanah pasir (SI-3221 Rekayasa Pondasi, *Mahsyur Irsyam*)

Tabel 2.10 Korelasi nilai N-SPT dengan Kepadatan Tanah Lempung
(Terzaghi and Peck 1948)

Kepadatan (Consistency)	N Er = 45%	N ₆₀	Pengujian dengan Tangan	Berat Jenis γ_{sat} (t/m ³)	Kuat Geser Undrained Su (Kg/cm ²)
Sangat Lunak (very soft)	< 2	< 2	Keluar dari jari-jari tangan bila ditekan dalam gengaman	1,44 – 1,60	0,00 – 0,25
Lunak (soft)	2 – 4	2 – 3	Dapat dibentuk hanya dengan tekanan yang lemah	1,60 – 1,76	0,12 – 0,25
Teguh (firm)	4 – 8	3 – 6	Dapat dibentuk dengan tekanan yang kuat	1,76 – 1,92	0,25 – 0,50
Kokoh (stiff)	8 – 15	6 – 11	Bertanda bila ditekan ibu jari	1,92 – 2,08	0,50 – 1,00
Sangat Kokoh (very stiff)	15 – 30	11 – 23	Dapat digurat dengan kuku ibu jari	2,08 – 2,24	1,00 – 2,00
Keras (hard)	> 30	> 23	Sukar digurat dengan kuku ibu jari	> 2,00	> 2,00

Tabel 2.11 Hasil Pengukuran Energi Pada Berbagai Sistem SPT
(SKEMTON, 1986; Carter & Bentley, 1991)

Negara	Sistem Penjatuhan Palu			Jenis Palu			Er (%)
	Sistem	Ukuran Pemutar	U (%)	Palu	Berat (kg) Bantalan	n (%)	
Jepang	Otomatis (tombi)	-	100	Donut	2,0	0,78	78
Jepang	T-K-P (2 putaran)	Kecil 130 mm	83	Donut	2,0	0,78	65
Inggris	Otomatis (pilcon)	-	100	Donut (pilcon)	19,0	0,60	60
Inggris	T-K-P (1 putaran)	Kecil 100 mm	85	Selubung (old standard)	3,0	0,71	60
RRC	Otomatis (pilcon)			Donut (pilcon)			60
RRC	Tambang & Katrol (Manual)			Donut			55
Amerika	T-K-P (2 putaran)	Besar 200 mm	70	Pengaman (Safety)	2,5	0,79	55
Inggris	T-K-P (2 putaran)	Besar 100 mm		Selubung (old standard)	3,0		50
Amerika	T-K-P (2 putaran)	Besar 200 mm	70	Donut	12,0	0,64	45

Catatan : T-K-P = Tambang-Katrol-Pemutar, Ukuran tambang yang digunakan di Jepang berukuran 12 – 17 mm dan Amerika berukuran 19 – 25 mm.

Tabel 2.12 Korelasi Antar Kepadatan Relative (D_r) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)
dengan Nilai SPT N'70 untuk Tanah Pasir (Bowles, 1988)

Deskripsi	Sangat Lepas (Very Loose)	Lepas (Loose)	Medium	Padat (Dense)	Sangat Padat (Very Dense)
Kepadatan relative, D_r (%)	0 – 15	15 – 35	35 – 65	65 – 85	> 85
SPT N'70 Halus	1 – 2	3 – 6	7 – 15	16 – 30	
: Medium	2 – 3	4 – 7	8 – 20	21 – 40	> 40
: Kasar	3 – 6	5 – 9	10 – 25	26 – 45	> 45
ϕ : Halus	26 – 28	28 – 30	30 – 34	33 – 38	
: Medium	27 – 28	30 – 32	32 – 36	36 – 42	> 50
: Kasar	28 – 30	30 – 34	33 – 40	40 – 50	
γ_w (kN/m ³)	11 – 16	14 – 18	17 – 20	17 – 22	20 – 23

Tabel 2.13 Hubungan Antar SPT, CPT dan Sudut Geser Dalam Pasir (ϕ)
(Schmertmann, 1978)

Tipe Pasir	Kepadatan Relatif D_r (%)	SPT, N ₆₀ (Terzaghi & Peck 1967)	CPT, q_c (kN/m ²) (Meyerhof 1974)	Sudut Geser Dalam	
				Meyerhof 1974	Peck, Hanson & Tomburn 1974
Sangat Lepas	< 20	< 4	-	< 30	< 29
Lepas	20 – 40	4 – 10	0 – 5000	30 – 35	29 – 30
Medium	40 – 60	10 – 30	5000 – 15000	35 – 48	30 – 36
Padat	60 – 80	30 – 50	15000 – 25000	38 – 41	36 – 41
Sangat Padat	> 80	50	25000 - 40000	41 – 44	> 41

Tabel 2.14 Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan Nilai SPT (*Bowles, 1988*)

Kondisi	Konsistensi	N'70	Bila Tanah Dipencet Menggunakan Telunjuk dan Ibu Jari
Normally	Sangat Lunak	0 – 2	Merembes keluar
Consolidated	Lunak	3 – 5	Mudah berubah bentuk
Berusia muda	Menengah	6 – 9	
Over Consolidated	Kaku	10 – 16	Sukar untuk berubah bentuk
Berusia tua,	Sangat kaku	17 – 30	Sangat Sukar berubah bentuk
Cemented	Keras	> 30	Hampir tidak bisa berubah bentuk

Tabel 2.15 Hubungan antara SPT dan Kekuatan Tekanan Tanah Lempung (*Bowles, 1988*)

N SPT	Konsistensi	Kekuatan Tanah Unconfined q_u (kN/m ²)	Identifikasi Visual
0 – 2	Sangat Lunak (very soft)	0 – 25	Dapat ditekan dengan ibu jari lebih dari 2,5 cm
2 – 5	Lunak (Soft)	25 – 50	Dapat ditekan dengan ibu jari sedalam 2,5 cm
5 – 10	Agak Kaku (medium stiff)	50 – 100	Perlu tenaga untuk menekan dengan ibu jari
10 – 20	Kaku (Stiff)	100 – 200	Dapat ditekan dengan ibu jari sedalam 8 mm
20 – 30	Sangat Kaku	200 – 400	Dapat ditekan dengan kuku ibu jari
> 30	Keras (Hard)	> 400	Perlu tenaga untuk menekan dengan kuku ibu jari

2.4 Pengambilan Sample (UDS / DS / Visual Classification)

Pekerjaan pengambilan contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed sample*) dan contoh tanah terganggu (*Disturbed sample*) dilakukan dengan menggunakan Shelby tube berdiameter 76 mm panjang 65 cm. Tabung berikut contoh tanah yang terambil selanjutnya ditutup/dilapisi paraffin dengan maksud agar tidak terjadi perubahan kadar air aslinya.

Pengpengujian yang dilakukan (Pengambilan *UDS* atau *Undisturbed Sample*) dilakukan pada setiap pergantian tanah (*Litologi*) dan dari berbagai ke dalam Interval yang diinginkan, biasanya dilakukan di samping atau berdekatan dengan *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) agar didapat korelasi antara kekuatan tanah (q_c) dan Daya lekat Friksi (JHP) yang diperoleh dari pengpengujian DCPT dengan jenis tanah.

2.5 Analisis Mekanika Tanah

Analisis mekanika tanah di laboratorium dilakukan terhadap contoh tanah tak terganggu (*Undisturbed Sample*) maupun sample tanah terganggu (*Disturbed Sample*) yang diperoleh dari pengambilan sample di lapangan dilakukan pengpengujian di laboratorium yang bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter fisik (*Index Properties*) yang berupa tes Kadar Air (*Moisture Content*), Berat Jenis, Atterberg Limit, Analisa Butiran (*Grain Size Analysis*), Berat Volume, Porositas, dan Derajat Kejenuhan.

Untuk parameter-parameter kekuatan tanah (*engineering properties*) dilakukan tes Triaxial (UU, CU dan CD), Direct Shear, Unconfiend dan Konsolidasi.

2.5.1 Indeks Properties

2.5.1.1 Kadar Air

Test ini dilakukan untuk mengetahui kadar air dari contoh tanah. Perbandingan ini dinyatakan dalam persentase dari berat air pada suatu masa tanah terhadap berat dari suatu partikel tanah.

Adapun Peralatan yang digunakan:

- oven, yang dilengkapi dengan Pengatur Suhu (110 - 115°C)
- cawan kedap udara dan tak berkarat
- neraca dengan Ketelitian 0.01 gram
- desikator

Prosedur Pengujian ASTM D 2216-71, ASSTHO T 265-79, Bina Marga PB – 0117 – 76.

2.5.1.2 Berat Jenis Tanah (Specific Gravity)

Test ini dilakukan untuk mengetahui dan menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan menggunakan labu ukur. Test ini diperoleh dengan membandingkan berat satuan bahan didalam udara terhadap berat satuan air suling pada suhu 4°C.

Adapun Peralatan yang digunakan:

- piknometer dengan Capacity minimum 100 ml
- desikator
- oven, yang dilengkapi dengan Pengatur Suhu (110 - 115°C)
- neraca dengan Ketelitian 0.01 gram

- thermometer ukuran 0°C - 50°C dengan ketelitian 1°C
- saringan no.4, no.10 dan no.40, serta penedahnya
- pompa Hampa Udara (Vakum 1 – 1,5 PM) atau tungku listrik
- botol yang berisi air Suling dan Bak Perendam

Prosedur Pengpengujian ASTM D 854-72, ASSTHO T 100-82, Bina Marga PB – 0108 – 76.

2.5.1.3 Analisis Butir (*Grained Size Analysis*)

Test ini dilakukan untuk mengetahui gradasi dari material dan dilaksanakan baik dengan menggunakan analisa saringan maupun analisa hidrometer. Test ini meliputi penentuan kuantitatif dari distribusi ukuran 75 mm (tertahan pada saringan # 200) yang didapatkan dari penyaringan. Adapun peralatan yang digunakan:

- timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 gram dari berat benda uji.
- satu set saringan 76.2 mm (3”), 63.5 mm (2.5”), 50.8 mm (2”), 37,5 mm (1,5”),
- 25 mm (1”), 19.1 mm (3/4”), 12.5 mm (1/2”), 9.5 mm (3/8), no.4, no.8, no.16, no.50, no.100, no. 200 (Standard ASTM).
- oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi (110°C - 115°C).
- mesin pengguncang saringan.
- kuas, sikat kuningan, sendok dan alat pendukung lainnya.

Prosedur Pengujian ASTM D 421-72, D 422-72, ASSTHO T 87-72, Bina Marga PB-0105-76.

2.5.1.4 Hidrometer

Pengujian Dengan metode hydrometer Analysis dimaksudkan untuk menentukan ukuran dan susunan butir (gradasi) tanah yang lolos saringan No. 200. Adapun cara proses pengujian:

- Beaker glass dan aquades
- Mixer dan wadahnya
- hydrometer tipe ASTM – 152 H
- oven dan termometer
- gelas ukur dan stopwatch
- neraca ketelitian 0,01 gr

Prosedur Pengujian ASTM D 422-63 (98), ASSTHO T 146,
SNI
3423:2008

2.5.1.5 Atterberg Limits

Dari test atterberg limit akan diperoleh nilai *Liquid Limit* (LL), *Plastic Limit* (PL) dan *Plastic Index* (PI). *Liquid Limit* adalah kadar air yang dibutuhkan oleh tanah kering yang ditunjukkan dalam persen sampai mencapai kondisi plastis. *Plastic Limit* dari suatu tanah adalah suatu kadar air yang dinyatakan dalam persen dari suatu masa tanah pada kondisi kering pada batas antara kondisi plastis dan

setengah cair. Kadar air pada batas ini secara jelas didefinisikan sebagai harga kadar air terendah dimana contoh tanah dapat digulung sampai diameter mencapai 1/8 inch (3.2 mm) tanpa mengalami retak. Tes atterberg limits dimaksudkan untuk menentukan sifat-sifat atau karakteristik serta klasifikasi dari tanah berbutir halus. Adapun peralatan yang digunakan :

- alat batas cair standard.
- alat pembuat alur (Grooving Tool).
- sendok dempul.
- neraca dengan ketelitian 0.01 gram
- plat kaca 45 x 45 x 0.9 mm
- cawan kadar air
- spatula dengan panjang 12.5 cm.
- botol tempat air suling.
- air suling.
- oven, yang dilengkapi dengan pengukur suhu (110 – 115°C).

Prosedur Pengpengujian ASTM D 423-66, D 424 – 74, D 427 – 74, ASSHTO 89 - 81, Bina Marga PB – 0109 – 76.

2.5.2 Engineering Properties

2.5.2.1. Triaxial Test

Tes triaxial digunakan untuk mengetahui karakteristik kuat geser tanah pada tanah lempung jenuh. Pada tes triaxial terdapat tiga jenis tes untuk memodelkan kondisi di lapangan, yaitu:

1. *Consolidated Drained Test (CD)*
2. *Consolidated Undrained Test (CU)*
3. *Unconsolidated Undrained Test (UU)*

Adapun peralatan yang digunakan :

- alat triaxial
- membran karet dan stretcher
- stopwatch
- silinder pengambil contoh tanah dan piston plunger
- timbangan ketelitian 0,1 gr
- cawan
- desikator
- pisau
- batu pori dan kertas saring

Prosedur Pengujian ASTM D-2850-95

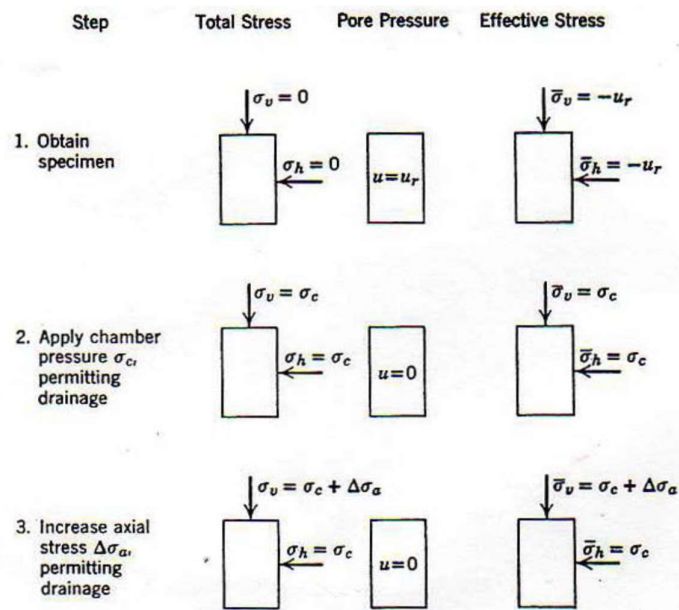
1. *Consolidated Drained Test (CD)*

CD tes disebut juga S-tes (*slow*) karena penambahan tegangan aksial harus lambat agar air pori dapat benar-benar teralirkan. Sampel jenuh air diberi *confining pressure* σ_3 yang melebihi

tegangan *overburden* σ_c . Tegangan aksial diberikan kepada sampel tanah secara perlahan. Pada CD tes, *void ratio* pada tanah akan berkurang akibat pengaliran selama tes berlangsung, tegangan air pori tidak dihitung karena nilainya mendekati nol. Tegangan total pada *drained* tes selalu sama dengan tegangan efektif, maka:

$$\sigma_3c = \sigma'_3c = \sigma_3f = \sigma'_3f \text{ dan } \sigma'_1f = \sigma'_3c + \Delta\sigma_f$$

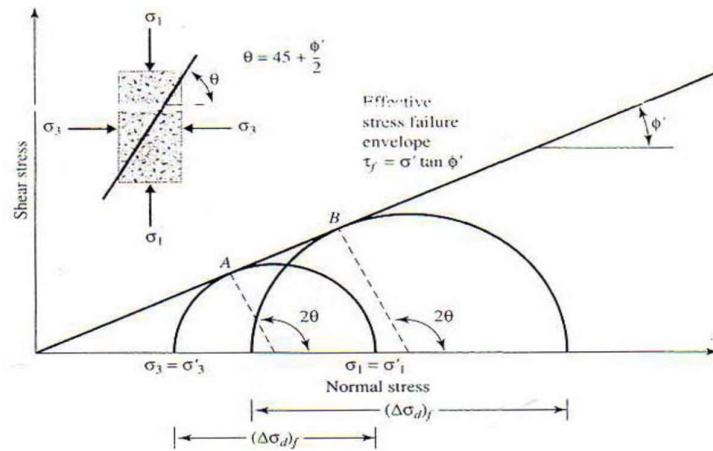
$$s = \sigma' \tan \phi' \text{ atau } qf = p' \tan \alpha'$$



Gambar 2.4 Consolidated Drained Test (CD test).

(Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969)

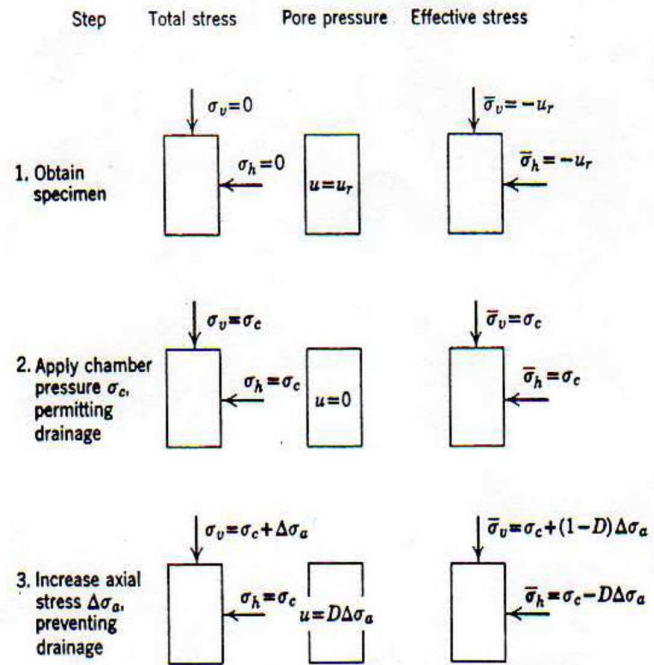
Untuk tanah *normally consolidated*, garis keruntuhan ditarik dari titik origin, oleh karena itu $c' = 0$.



Gambar 2.5 Keruntuhan Mohr-Colomb tanah terkonsolidasi normal kondisi drained (CD). (*An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981*)

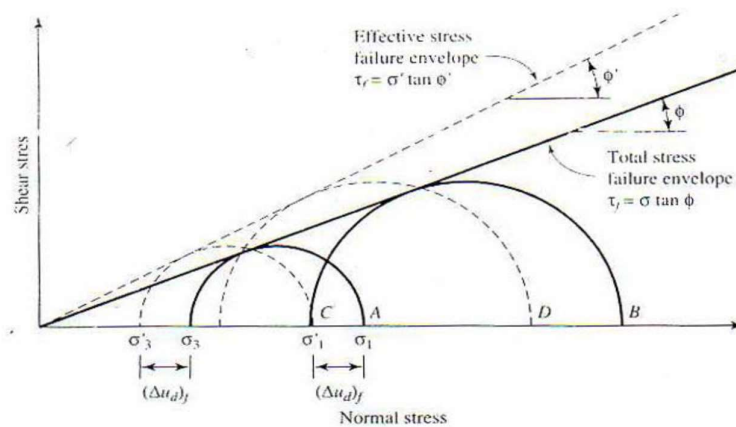
2. Consolidated Undrained Test

Peningkatan tegangan air pori selama tes diukur. Tegangan air pori yang terukur bisa positif ataupun negatif. Tegangan air pori positif terjadi pada tanah NC, sedangkan negatif terjadi pada tanah OC. Tegangan total maupun tegangan efektif dapat diukur pada CU tes. Untuk tanah NC, $\sigma' = \sigma - \Delta u$ dan $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma'_1 - \sigma'_3$. Oleh karena itu, lingkaran mohr yang menggambarkan tegangan total maupun tegangan efektif memiliki diameter yang sama.



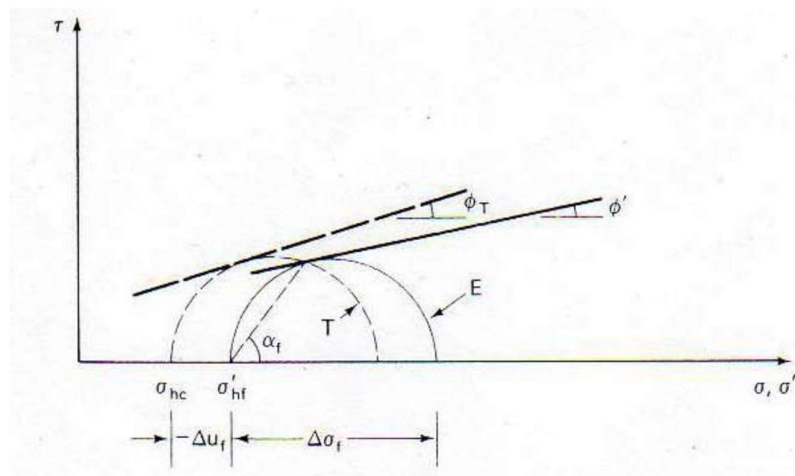
Gambar 2.6 Consolidated Undrained Test (CU test).

(Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969)



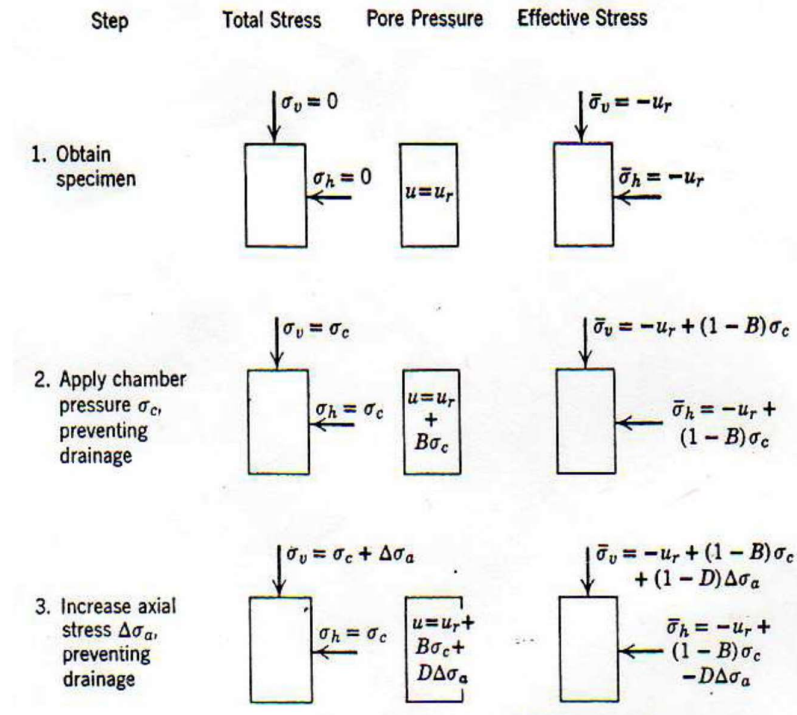
Gambar 2.7 Lingkaran Mohr untuk tegangan total dan tegangan efektif tanah terkonsolidasi normal kondisi undrained (CU). (An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981)

Pada tanah *overconsolidated*, tanah cenderung mengembang selama diberi tegangan dan terjadi penurunan tegangan air pori. Karena $\sigma'_{3f} = \sigma_{3f} - (-\Delta u)$ dan $\sigma'_{1f} = \sigma_{1f} - (-\Delta u)$, tegangan efektif akan lebih besar daripada tegangan total, lingkaran mohrnya berada di sebelah kanan lingkaran mohr tegangan total seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5.



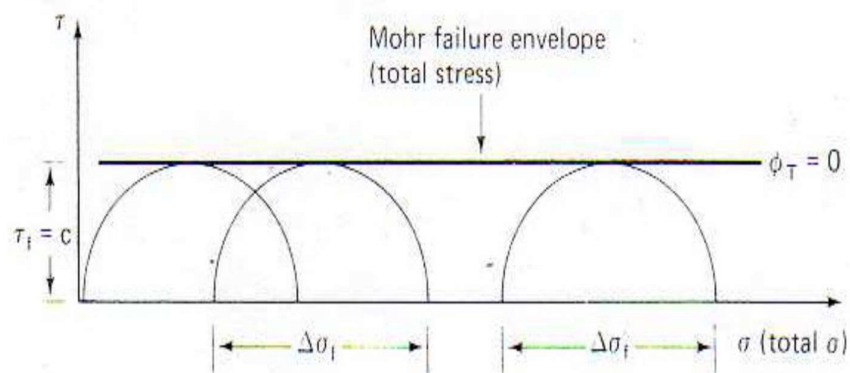
Gambar 2.8 Lingkaran Mohr untuk tegangan total dan tegangan efektif tanah *overconsolidated* kondisi *undrained* (CU). (*An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981*)

3. Unconsolidated Undrained Test



Gambar 2.9 *Unconsolidated Undrained Test (UU test)*.
 (Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969)

Pada tes triaxial UU tidak terjadi pengaliran maka tidak ada pengukuran tegangan air pori dan yang terukur hanya tegangan total. Cassagrande menamakan tes ini dengan sebutan Q-tes (*quick*) karena keruntuhan yang terjadi lebih cepat dibandingkan S-tes. Lingkaran Mohr saat runtuh yang menggambarkan tegangan total diperlihatkan pada Gambar 2.7. Garis keruntuhan menunjukkan *undrained shear strength*, $\tau_f = c$.

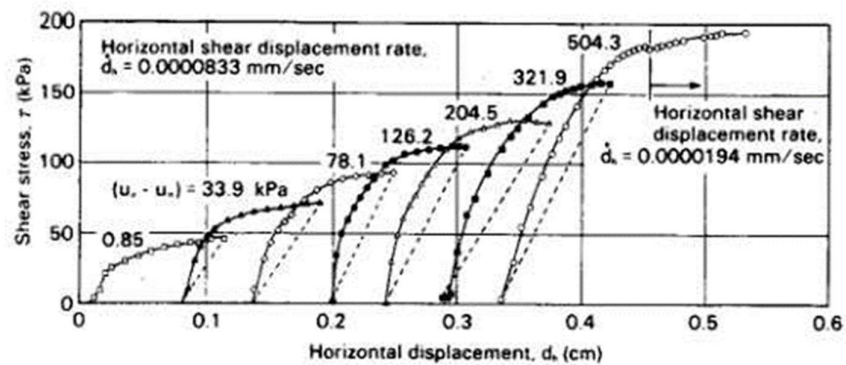


Gambar 2.10 *Lingkaran Mohr untuk tanah NC pada tes triaxial UU (An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981)*

2.5.2.2 Triaxial Multi Stage System

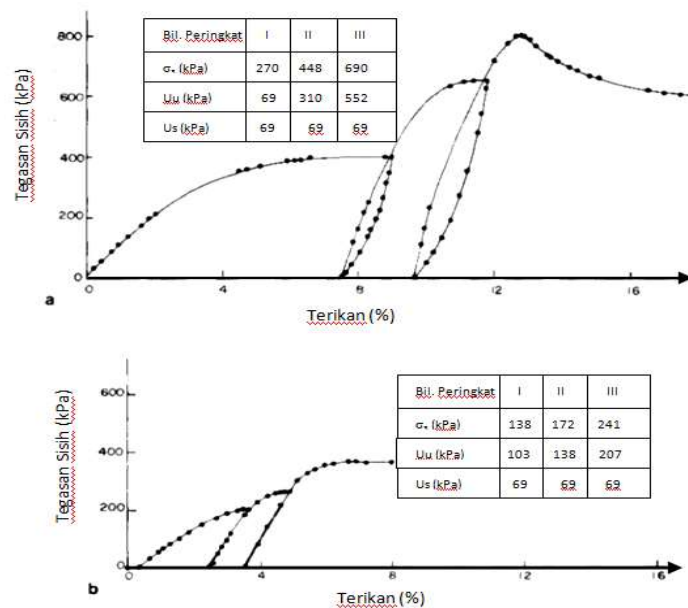
Kekuatan geser adalah sesuatu yang sangat penting di dalam sifat mekanik tanah yang perlu diketahui untuk menentukan dasar kestabilan, dinding penahan tanah, kestabilan lereng dan galian serta hal-hal lainnya dalam rekayasa geoteknik. Untuk mencari jawaban atas permasalahan dalam rekayasa geoteknik, kekuatan geser biasanya diperoleh dari pengujian di laboratorium pada contoh tak terganggu didalam menentukan parameter kekuatan geser di laboratorium, sekurang-kurangnya dibutuhkan tiga sampel pengujian yang sama sifat indeksnya diperlukan (cara standard). Untuk mengurangi pengaruh dari ketidak seragaman sifat-sifat indeks dari ketiga-tiga sampel tersebut, maka pengujian triaksial dengan tahap berperingkat (*multi stage*) adalah cara mudah untuk menyimpulkan hasil pengujiannya. Pengujian dengan tahap berperingkat ini hanya memerlukan satu sampel spesimen yang diberikan tegangan keliling secara bertahap.

Pengujian kekuatan geser di laboratorium dengan tahap berperingkat diperkenalkan oleh beberapa kajian terdahulu sejak sekian lama. Pengujian tahap berperingkat pada tanah pasir tak tepu dengan pengujian geser langsung telah dilakukan oleh beberapa penyelidik seperti Gullic (1970), Gan et al. (1988) serta Nam (2011). Penambahan tegangan normal pada masa tegangan geser menghampiri tegangan maksimum, akan mengakibatkan peningkatan kembali tegangan geser hingga mendekati tegangan geser maksimum yang kedua (Gan et al., 1988; Gullic, 1970) dan (Nam, 2011). Hasil tegangan dan regangan dari pengujian geser langsung dengan tahap berperingkat dapat dilihat pada Gambar 2.11.



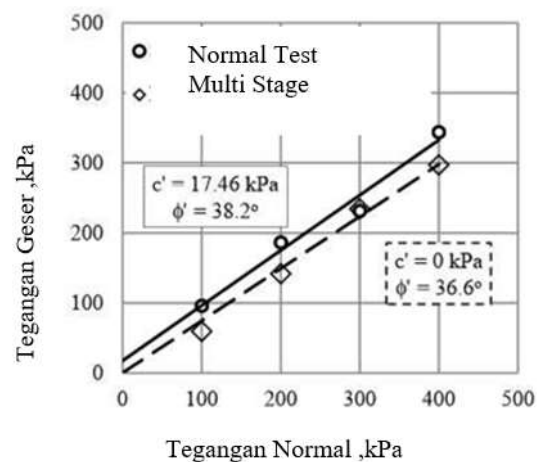
Gambar 2.11 Hubungan tegangan geser dan regangan dari pengujian kekuatan geser dengan geser langsung *multi stage* (Gan et al., 1988; Gan dan Fredlun, 1988)

Pengujian tahap berperingkat dengan pengujian triaksial adalah suatu pengujian yang sangat rasional, hal ini dikembangkan oleh para peneliti untuk menghindari ketidakseragaman daripada dari tiga sampel dalam pengujian triaksial. Metode ini telah digunakan oleh Kim (1979) dalam pengujian triaksial pada batuan dan Ravi et al (2011) melalui pengujian triaksial *drained* pada pasir yang keras. Pengujian triaksial dengan *multi stage* juga sangat signifikan hasilnya bila dilakukan pada tanah yang tak jenuh (Ho dan Fredlund, 1982). Hubungan tegangan regangan dari pengujian triaksial dengan *multi stage* pada batuan Granit (Ho dan Fredlund, 1982) dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Hubungan tegangan regangan pada material granit dari pengujian triaksial *multi stage* pada batuan Granit pada (a) sample 5 dan (b) sampel 22 (Ho dan Fredlund, 1982)

Penilaian dari pengujian kekuatan geser standar dengan pengujian dengan *multi stage* pada pengujian geser langsung memberikan hasil yang sedikit lebih kecil dari pengujian piawai dengan menggunakan tiga sampel (Hormdee et al., 2012). Pengujian triaksial dengan menggunakan alat tegangan yang terkontrol telah dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik (Balazs dan Akoz, 2013). Perbedaan hasil kekuatan geser dari pengujian standar geser langsung dengan *multi stage* dapat dilihat pada Gambar 2.21 (Hormdee et al., 2012) . Manakala hasil nilai dari kekuatan geser bila digunakan pada regangan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.2, di mana terdapat perbedaan hasil kekuatan geser terjadi ketika penambahan tegangan keliling diambil pada 3% regangan, pada asimptot dan pada 15% regangan. Hasil kekuatan geser paling maksimum didapat bila tegangan menjadi asimptot pada sampel (Hormdee et al., 2012).



Gambar 2.13 Perbedaan hasil kekuatan geser dari pengujian standar geser langsung dengan *multi stage* (Hormdee et al., 2012)

2.5.2.3 Konsolidasi Test

Pengpengujian *Consolidasi Test* dilakukan dengan maksud memberikan beban secara bertahap kepada tanah dan mengukur perubahan volume contoh tanah terhadap waktu. Tujuan tes konsolidasi adalah untuk menentukan sifat kemampatan tanah dan karakteristik konsolidasinya yang merupakan fungsi dari permeabilitas tanah. Dari percobaan ini diperoleh; Koefisien Consolidation dalam satuan cm^2/sec , simbol CV ; Koefisien Permeabilitas dalam satuan cm/sec , simbol K ; Compression Index, simbol Cc. Adapun Peralatan yang digunakan :

- alat konsolidasi dan alat pembebanan
- arloji ukur
- alat untuk meletakkan contoh tanah ke ring konsolidasi
- neraca dengan ketelitian 0,01 dan 0,1 gram
- oven
- stop watch dan penggaris
- desikator
- ring untuk pengambilan contoh tanah

Prosedur Pengpengujian ASTM D 2435-70, ASSTHO T 216 - 81,
Bina Marga PB – 0115 – 76.

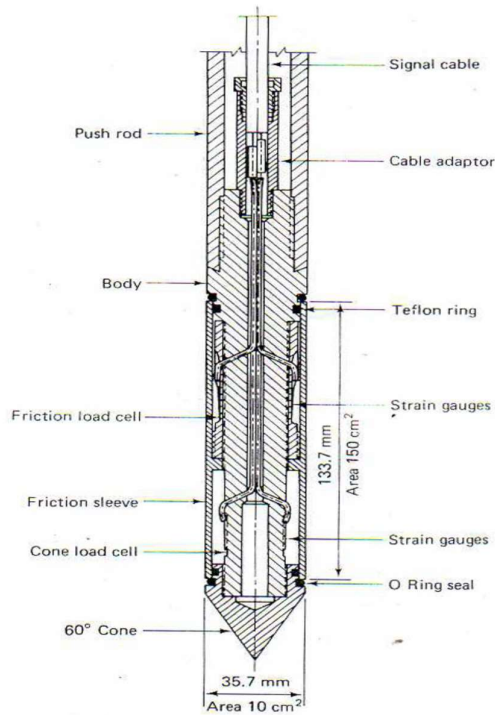
2.6 Sondir / Dutch Cone Penetration Test (DCPT)

Pengpengujian ini berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah atau pasir yang tidak padat. Pada tanah pasir yang padat dan tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Tes Sondir (*Cone Penetration Test*) adalah salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak tanah keras, dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Alat ini dioperasikan secara mekanik maupun hidrolik menggunakan manometer untuk pembacaan beban dan pasangan batang dalam dan luar yang didorong pada interval 20 cm.

Tes sondir menggunakan penetrometer statis dengan ujung konus bersudut 60° dan luas ujungnya 1.000 mm^2 (diamter 35,7mm). Tes dilakukan umumnya pada tanah kohesif.

Hasil pengukuran tes sondir berupa nilai tahanan friksi (f_c) dan tahanan ujung konus (q_c). Tes ini bertujuan menentukan parameter dan klasifikasi tanah melalui nilai pengukuran tersebut. Robertson dan Campanella (1983) mengembangkan grafik hubungan antara *friction ratio* dengan tahanan ujung untuk menentukan klasifikasi tanah. Friction ratio dinyatakan sebagai perbandingan tahanan friksi (f_c) dengan tahanan ujung konus (q_c). $Fr =$

$$\frac{\text{friction resistance}}{\text{cone resistance}} = \frac{f_c}{q_c}$$



Gambar 2.14 Konus Bagian Alat Uji Sondir (*Holtz and Konvacs, 1981*)

Untuk mengolah data sondir digunakan rumus sebagai berikut :

- a. Luas potongan melintang bikonus (A_c)

$$A_c = \frac{1}{4} \pi D_c^2$$

- b. Gaya Geser yang bekerja (P)

$$P = A_c(JH - qc)$$

- c. Luas Selimut Geser (A_g)

$$A_g = \pi \cdot D_g \cdot H_g$$

- d. Hambatan Pelekat (HP)

$$HP = 20 \frac{P}{A_g}$$

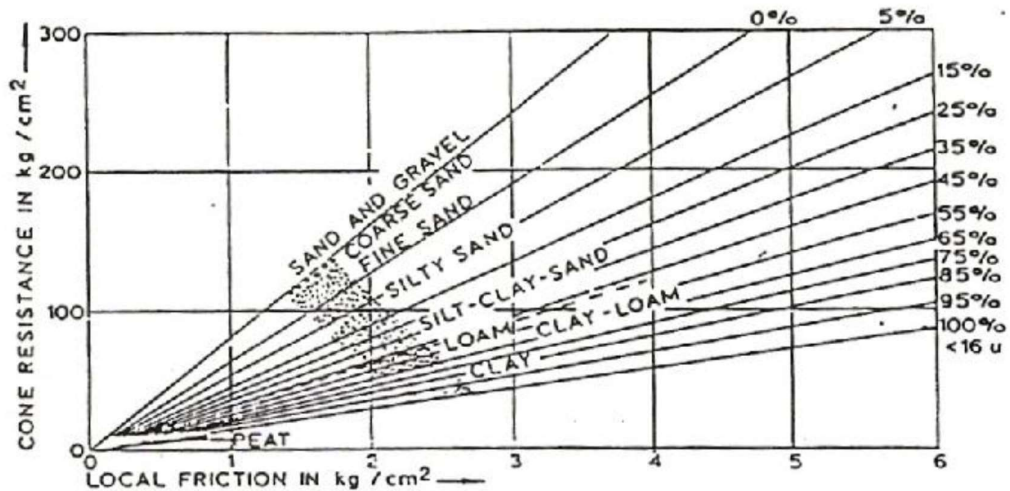
e. Jumlah Hambatan Pelekat (JHP)

$$JHP = \sum HP$$

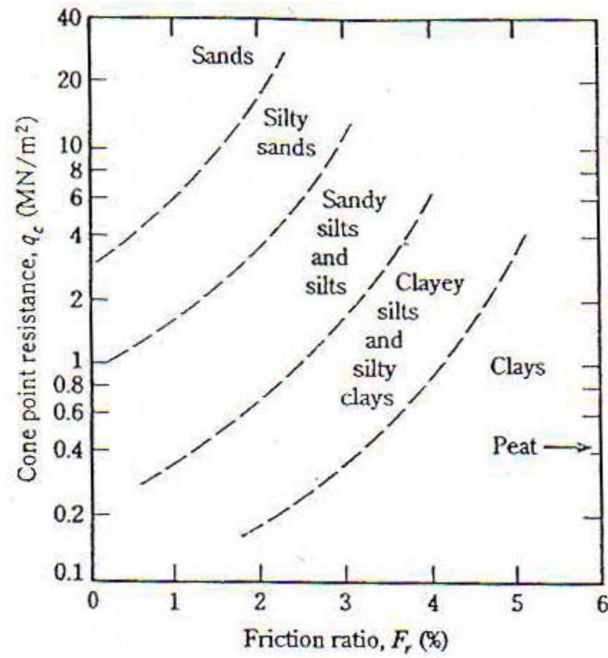
f. Hambatan Setempat (HS)

$$HS = \frac{P}{Ag}$$

Berdasarkan perbedaan ratio (Rf) pada berbagai jenis tanah, Begemann secara sederhana melakukan klasifikasi tanah dengan memperhatikan besarnya tahanan ujung (qc). Demikian pula Schamertmann telah mengumpulkan data dalam jumlah yang cukup besar dan mengklasifikasikan tanah berdasarkan tahanan ujung (qc) dan rasio gesekan (Rf), namun demikian korelasi ini amat dipengaruhi oleh keadaan lokal berhubung ada perbedaan pembentukan tanah secara geologis.



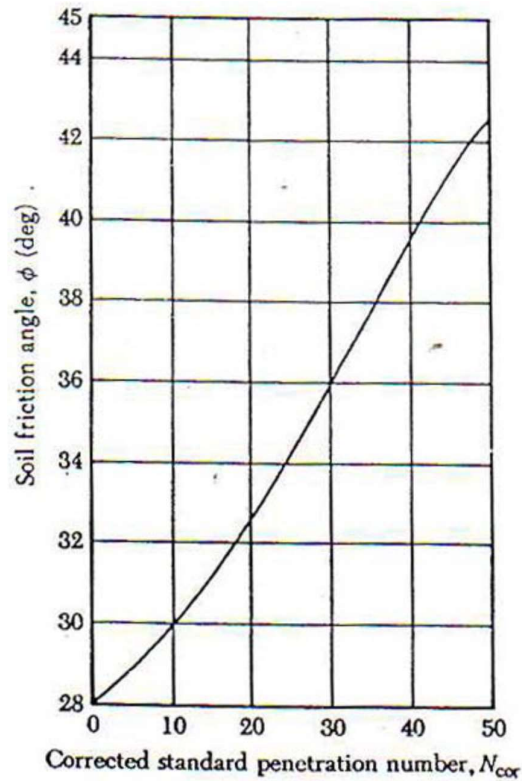
Gambar 2.15 Metode Interpretasi Jenis Tanah dari Uji Sondir (Bagemann)



Gambar 2.16 Perkiraan Jenis Tanah dari Dutch Cone Penetration Test

(*Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das, Fourth Edition*)

Korelasi empiris yang menyatakan hubungan antara tahanan ujung dengan sudut geser tanah dikembangkan oleh Mayerhoff (1976) melalui Gambar 2.16.



Gambar 2.17 Perkiraan Koreksi antara NSPT dengan Sudut Geser Tanah (ϕ) (*Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das, Fourth Edition*)

Parameter kohesi dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C_u = \frac{qc - \sigma_{voc}}{N_{cor}}$$

Dimana:

σ_{voc} = Tekanan *overburden* total

N_{cor} = Faktor koreksi

Korelasi antara N-SPT dengan nilai sondir sangat bermanfaat dalam perencanaan.

Oleh karena itu banyak ahli juga membuat korelasinya. Berikut Korelasi N-SPT vs

CPT dari beberapa peneliti :

Tabel 2.17 Korelasi N-SPT dengan CPT

Peneliti	Jenis Tanah	Hubungan
De Alencar Velloso 1959	Clay and silty clay	$n = qc / N = 0,35$
	Sandy Clay and silty clay	$n = qc / N = 0,2$
Franki Piles 1960 from (Akca 2003)	Silty clay	$n = qc / N = 0.3$
	Clays	$n = qc / N = 0.2$
Schmertmann 1970	Silt, sandy silt and silt	$n = (qc+fs)/N = 0.2$
Chang 1988	Clayey silt, sandy clayey silt	$n = qc / N^* = 1.8$
	Sandy clayey silt	$n = qc / N^* = 2.1$
Danziger et al. 1998	Clayey silt	$n = qc / N^* = 3.1$
	Clay, silt and sand mixtures	$n = qc / N^* = 1.0-3.5$
	Clay	Clay $n = qc / N^* = 4.5$
	Clayey sand and silty clay	$n = qc / N^* = 4.6-5.3$
	Sandy clay	$n = qc / N^* = 1.8-3.5$
Barata et al. 1978	Sandy silty clay	$n = qc / N^* = 1.5-2.5$
	Clayey silty sand	$n = qc / N^* = 2.0-3.5$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Rancangan penelitian ini didasari atas latar belakang beberapa permasalahan dalam berpraktek geoteknik khususnya di Indonesia, dimana beberapa persyaratan kerangka aturan kerja umumnya hanya diperbolehkan pengeboran dengan cara kering saja (Dry Coring). Dengan kata lain seolah olah pengeboran dengan cara basah (wash boring) adalah tidak akurat parameter tanahnya, karena banyak menggunakan air dalam pembuatan lubang bornya. Sehingga dalam Bab metode penelitian ini dilakukan pengeboran empat titik pengeboran metode kering dan basah dengan titik yang relatif dekat sekali, dengan asumsi bahwa jarak yang relatif dekat propertis tanahnya belum terjadi perbedaan yang signifikan.

Dari 4 titik bor tersebut dilakukan 2 titik bor pada bulan Januari 2018, dimana curah hujan di lokasi penelitian cenderung lebih tinggi dibandingkan 2 titik lainnya di bulan Desember 2018. Setiap melakukan 2 titik pengeboran diwaktu yang berturutan di Januari 2018, dilakukan pekerjaan pengeboran dengan metode kering, setelah itu dilanjutkan dengan pengeboran menggunakan metode basah. Jarak antara kedua titik tersebut yang berjarak 0,50 meter. Sementara 2 titik bor lagi yang dilakukan di bulan Desember 2018 dilakukan

dengan metode yang sama dengan jarak empat meter dari titik bor di bulan Januari 2018.

3.2 Persiapan Penelitian

A. Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian berlokasi di Kampus ISTN daerah Srengseng Sawah, Jakarta, lalu di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil ISTN Jakarta dan Laboratorium Mekanika Tanah PT. Tribina Jakarta.

B. Peralatan Lapangan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu mesin bor type TOHO (1 unit) berikut perlengkapannya:

- Mesin Bor Type : 1 unit
- Mesin penggerak type Jiang Fa : 1 unit
- Jenis SPT : dengan selubung
- Stang bor (Rod) 3,0 meter : 5 batang
- Stang bor (Rod) 1,5 meter : 2 batang
- Single core 0,5 meter : 1 unit
- Perlengkapan SPT : 1 set
- Tripod panjang 7,00 meter : 1 set
- Corbox, plastik sample memanjang : 14 set
- Hammer berat 63,5 kg : 1 set
- Kunci-kunci lengkap : 1 set

- Tabung sample : 14 unit
- Diameter ukuran tabung : 12 mm
- Perlengkapan penunjang dan bahan lainnya

Mesin sondir yang digunakan yaitu :

- Sondir kapasitas 2,5 tonf : 1 unit
- Konus : 1 unit
- batang sondir : 15 unit
- Jangkar : 2 unit
- Manometer : 2 unit

C. Peralatan Laboratorium

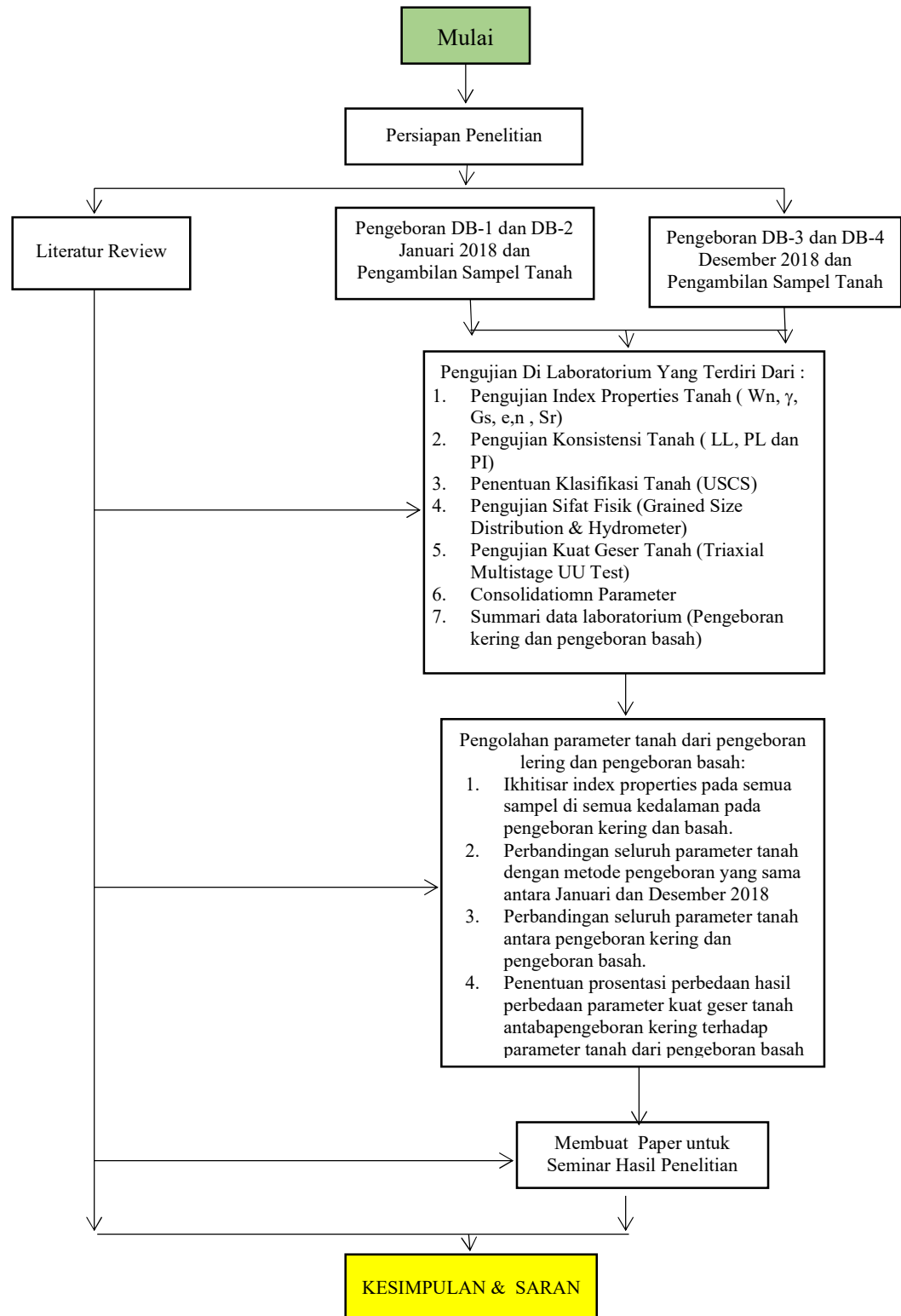
Uji laboratorium penelitian ini menggunakan beberapa alat yang masing-masing alat mempunyai fungsi yang berbeda-beda, berikut alat-alat yang digunakan dalam penelitian :

1. Alat uji Triaxial UU
2. Alat uji Atteberg Limits
3. Alat uji Index Properties
4. Alat uji Grained Size Distribution
5. Alat uji Konsolidasi

3.3 Diagram Alir Penelitian

Susunan rangkaian penelitian ini secara garis besarnya dimulai dengan mengumpulkan data referensi yang berhubungan dengan lingkup penelitian ini, hal ini dilakukan terus menerus hingga laporan

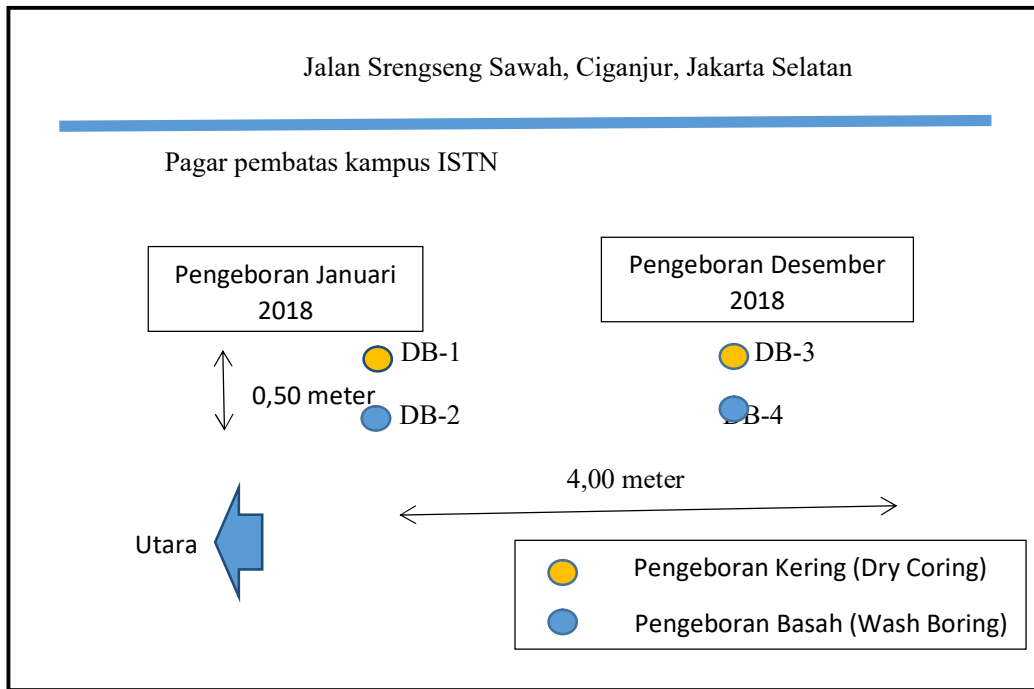
penelitian ini selesai dikerjakan. Selanjutnya tahapan pengerjaan pekerjaan di lapangan berupa pengeboran dan pengambilan sampel tanah tak terganggu. Tahapan berikutnya adalah mengerjakan pengujian di Laboratorium mekanika tanah berupa pengerjaan sifat-sifat indeks tanah, konsistensi tanah, kekuatan gesernya dan sifat kompresibilitinya. Langkah selanjutnya pengolahan hasil data pengujian laboratorium. Dalam pengolahan ini parameter yang diperoleh dibandingkan antara data pada Januari 2018 dan Desember 2018, serta membandingkan semua parameter tanah yang didapat dari pengeboran kering dibandingkan dengan pengeboran basah, serta menentukan selisih persentasinya. Pada tahapan ini dilakukan juga interpretasi dan penjelasan tentang hasil yang didapat. Langkah terakhir adalah melakukan kesimpulan atas data yang diolah pada pembahasan sebelumnya. Secara skematik rangkain susunan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Pengeboran Kering dan Pengeboran Basah

Selama pengeboran berlangsung dilakukan juga deskripsi lapisan tanah secara terus menerus hingga akhir kedalam pengeboran. Pengujian Standard Penetration Test (SPT) dilakukan terus menerus pada interval kedalaman -1,50 meter. Sedangkan Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan *Shelby Tube Sampel* dengan interval kedalaman 1,50 meter disetiap kedalaman sebelum uji SPT dilakukan. Pengambilan sampel tanah ini dilakukan pada lapisan awal pengeboran -1,00 meter, dan hanya pada lapisan tanah lanau kelempungan (*silty clay*) dengan konsistensi lunak sampai dengan sangat kaku (*soft to very stiff consistency*). Titik-titik lokasi pengeboran kering maupun basah di bulan Januari 2018 dan Desember 2018 dapat dilihat pada Gambar 3.2. Sedangkan kedalam pengeboran empat titik bor yang dilakukan dengan kedalaman pengambilan contoh tanah tak terganggu dan uji standard penetration test dapat di lihat pada Gambar 3.3. Pada Gambar 3.3 tersebut pada kedalaman tertentu dilakukan pengambilan contoh tanah setelah itu dilakukan SPT. Pada pengeboran kering dilakukan pengeboran dengan Dry Coring tanpa air, sedangkan pada metode Wash Boring tanah tersebut di bor dengan membuat seperti cairan lumpur dan dengan bantuan tekanan dipompa ke permukaan tanah.



Gambar 3.2 Skematik letak titik titik pengeboran kering dan pengeboran basah pada
Bulan Januari dan Desember 2018

DEPTH (meter)		DB-1			DISTANCE 0,50 METER	DB-2			DISTANCE 4,00 METER	DB-3			DISTANCE 0,50 METER	DB-4		
		Dry Coring		N- SPT		Wash Boring		N- SPT		Dry Coring		N- SPT		Wash Boring		N- SPT
		UDS SPL	SPT			UDS SPL	NSPT			UDS SPL	SPT			UDS SSPL	NSPT	
0,00	0,50															
0,50	1,00														0	
1,00	1,50															
1,50	2,00			3			4				4			4		
2,00	2,50															
2,50	3,00															
3,00	3,50			5			6				3			8		
3,50	4,00															
4,00	4,50															
4,50	5,00			8			5				7			8		
5,00	5,50															
5,50	6,00															
6,00	6,50			4			4				7			7		
6,50	7,00															
7,00	7,50															
7,50	8,00			17			10				3			8		
8,00	8,50															
8,50	9,00															
9,00	9,50			4			7				4			7		
9,50	10,00															
10,00	10,50															
10,50	11,00			4			3				4			6		
11,00	11,50															
11,50	12,00															
12,00	12,50			9			17				8			8		
12,50	13,00															
13,00	13,50															
13,50	14,00			1			10				14			17		
14,00	14,50															
14,50	15,00															
15,00	15,50			17			4				10			21		
15,50	16,00															
16,00	16,50															
16,50	17,00			17			15				32			60		
17,00	17,50															
17,50	18,00															
18,00	18,50			28			25				60			60		
18,50	19,00															
19,00	19,50															
19,50	20,00			60			60				60			60		
20,00	20,50															
20,50	21,00															
21,00	21,50			60			60				60			60		
21,50	22,00															
22,00	22,50															
22,50	23,00			60			60				60			60		
23,00	23,50															
23,50	24,00															
24,00	24,50			60			17				60			60		
24,50	25,00	End off Bor DB-1														
25,00	25,50															
25,50	26,00						38				60			60		
26,00	26,50									End off Bored DB-32		End Off Bored DB-4				
26,50	27,00															
27,00	27,50						60									
						End off Bored DB-2										

Gambar 3.3. Ihtisar 4 titik bor yang dilakukan dengan kedalaman pengambilan contoh tanah tak terganggu dan Standard Penetration Test

3.4.1 Metode Pengeboran Kering (ATSM D-2113)

Pengeboran Geoteknik di Indonesia berdasakarkan ASTM (American Society for Testing and Materials) D-2113 “Rock Core Drilling and Sampling of Rock for Site Investigation”. Untuk uji SPT menggunakan ASTM D-1586 “Penetratrion Test and Split Barrel Sampling of Soils” yang disadur oleh SNI 4153 tentang SPT. Untuk identifikasi jenis tanah menggunakan ASTM D-2488 “Description and Identification of Soils (Visual Manual Procedure)”. Pelaksanaan untuk pengeboran kering pada penelitian ini dilakukan 2 kali. Yaitu, Yang pertama Tanggal 8 Januari 2018 Yang kedua Tanggal 9 Desember 2018.

Tahapan pelaksanaan pengeboran kering pada pelinitian ini adalah sebagai berikut:

- Penyetingan alat bor pada titik yang akan di lakukan pengeboran / pengujian dengan alat yang digunakan adalah 1 set mesin bor, mesin pompa air, stang penginti, stang bor, chasing (apabila diperlukan), split spoon sampler, hammer untuk SPT, dan boring mesin tools termasuk mata bornya.
- Pengeboran geoteknik dilakukan sampai kedalaman ditemukanya lapisan tanah keras atau batuan yang ditandai dengan nilai NSPT lebih besar dari sama dengan 60 pukulan sebanyak 3 atau 4 kali.
- Pengeboran dilakukan sampai kedalaman -1 meter setelah itu dilakukan pengambilan sample dari kedalaman -1 meter sampai dengan -1,5 meter.
- Berikutnya pengambilan nilai SPT dari kedalaman -1,5 meter sampai dengan kedalaman -1,95 meter.

- Pengeboran dilanjutkan sampai kedalaman -2,5 meter diteruskan dengan pengambilan sampel tanah tidak terganggu di kedalaman -2,50 meter sampai dengan -3 meter.
- Step pengeboran dilakukan berulang sampai dengan kedalaman tertentu yang kita inginkan dengan nilai NSPT lebih besar atau samadengan dari 60 pukulan.
- Yang perlu dicatat pada pelaksanaan pengeboran ini adalah nilai NSPT tiap kedalaman, jenis tanah secara visual tiap kedalaman, dan muka air tanah.
- Tanah hasil pengeboran coring dimasukan kedalam plastik dan diberi label kedalaman setelah itu disimpan dalam core box yang telah disiapkan, begitu pula tanah hasil NSPT dimasukan kedalam plastik dan diberi label kedalaman disimpan dalam core box yang sama.
- Untuk pengambilan sample tanah tidak terganggu (undisturbed sample) berdasarkan ASTM D-1587 menggunakan tabung sample dengan diameter dan panjang tabung yang diatur dalam ASTM. Tabung UDS sebaiknya menggunakan diameter yang lebih besar dari diameter contoh tanah ang akan diolah di laboratorium dengan fungsi untuk mengurangi kerusakan pada sample akibat “Tensile Fracture” (Rogers,2006).
- Tabung tersebut ditekan oleh mesin bor yang dihubungkan dengan stang bor. Proses pengambilan sample UDS tidak boleh dipukul karena akan

menyebabkan sample tanah terganggu.



Gambar 3.4. Pengeboran dengan menggunakan alat bor lengkap

3.4.2 Metode Pengeboran Basah

Pengeboran basah (*wash drilling*) adalah metode pengeboran dengan menggunakan air untuk membuat lubang bor. Dengan cara ini air dipompakan kelubang bor melalui stang bor sampai ke alat pemotong tanah di ujung stang bor. Air tersebut berfungsi untuk mengeluarkan tanah pengeboran yang sudah menjadi lumpur keluar dr lubang bor. Step pelaksanaan pengeboran basah pada pelintian ini adalah sebagai berikut:

- Penyetingan alat bor pada titik yang akan di lakukan pengeboran / pengujian dengan alat yang digunakan adalah 1 set mesin bor, mesin pompa air, stang penginti, stang bor, chasing (apabila diperlukan), split

spoon sampler, hammer untuk SPT, dan boring mesin tools termasuk mata bornya.

- Pengeboran geoteknik dilakukan sampai kedalaman ditemukannya lapisan tanah keras atau batuan yang ditandai dengan nilai NSPT lebih besar dari sama dengan 60 pukulan sebanyak 3 atau 4 kali.
- Pengeboran dilakukan sampai kedalaman -1 meter setelah itu dilakukan pengambilan sample dari kedalaman -1 meter sampai dengan -1,5 meter.
- Berikutnya pengambilan nilai SPT dari kedalaman -1,5 meter sampai dengan kedalaman -1,95 meter.
- Pengeboran dilanjutkan sampai kedalaman -2,5 meter diteruskan dengan pengambilan sampel tanah tidak terganggu di kedalaman -2,50 meter sampai dengan -3 meter.
- Step pengeboran dilakukan berulang sampai dengan kedalaman tertentu yang kita inginkan dengan nilai NSPT lebih besar atau sama dengan dari 60 pukulan.
- Yang perlu dicatat pada pelaksanaan pengeboran ini adalah nilai NSPT tiap kedalaman, jenis tanah secara visual tiap kedalaman, dan muka air tanah.
- Tanah hasil pengeboran coring dimasukkan kedalam plastik dan diberi label kedalaman setelah itu disimpan dalam core box yang telah disiapkan, begitu pula tanah hasil NSPT dimasukkan kedalam plastik dan diberi label kedalaman disimpan dalam core box yang sama.

- Untuk pengambilan sample tanah tidak terganggu (undisturbed sample) berdasarkan ASTM D-1587 menggunakan tabung sample dengan diameter dan panjang tabung yang diatur dalam ASTM. Tabung UDS sebaiknya menggunakan diameter yang lebih besar dari diameter contoh tanah yang akan diolah di laboratorium dengan fungsi untuk mengurangi kerusakan pada sample akibat “Tensile Fracture” (Rogers,2006).
- Tabung tersebut ditekan oleh mesin bor yang dihubungkan dengan stang bor. Proses pengambilan sample UDS tidak boleh dipukul karena akan menyebabkan sample tanah terganggu.



Gambar 3.5. Pelaksanaan pengujian *Standard Penetration Test* (SPT)

3.4.3 Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah contoh tanah tidak terganggu yang diambil dengan menggunakan tabung, sesuai dengan ASTM D-1587 “*Standard practice for thin-walled tube sampling*”

of soils for geotechnical purpose” dan ASTM D-4220 “*Preserving and Transporting Soil Samples*” untuk standar penyimpanan dan pengiriman sampel tanah UDS (Undisturbed Sample) atau sampel tanah tak terganggu , sehingga sampel tersebut diharapkan tetap terjaga kualitasnya seperti asli saat diambil dari dalam tanah. istilah contoh tanah asli (undisturbed samples), berarti contoh tanah yang diambil dr tempat aslinya dengan cara sedemikian rupa sehingga sifatnya masih tetap sama di tanpa tasalnya. Dalam hal ini penulis mengambil sample tanah tak terganggu menggunakan tabung berbentuk silinder berdinding tipis berbahan besi, tabung ini disambungkan dengan stang bor menggunakan pemegang tabung contoh. Untuk meminimalisi rkerusakan pada sample tanah saat pengambilan sample ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

1. Keadaan dan ukuran tabung contoh
 - A. Tebal dinding tabung contoh setipis mungkin dengan perban dingan luas diameter dalam terhadap luas diameter luar tabung tidak lebih dari 10%
 - B. Permukaan dalam dan luar tabung contoh harus licin, dalam hal ini tabung dioelsi dengan oli.
 - C. Ujung pemotoing tabung harus mempunyai bentuk dan ukuran tertentu serta terpelihara dgn baik / dengan kondisi yang baik.
2. Cara pelaksanaan pengambilan sample tanah menggunakan alat bor mesin untuk menekan tabung tersebut kedalam tanah bukan di pukul, agar sample terjaga keasliannya. Setelah tabung ditekan kedalam tanah hendaknya dibiarkan beberapa menit dengan maksud memberikan

kesempatan bagi terjadinya perekatan antara tanah dengan dinding tabung. Kemudian tabung contoh diputar 180 derajat untuk memotong tanah pada dasar tabung. Setelah sample diambil dari lubang kedua ujung tabung ditutup dengan menggunakan paravin / lilin untuk mencegah pengeringan kadar air.

3. Cara membuat dan membersihkan lubang bor tanah pada dasar lubang bor harus asli dan sebelum tabung dimasukan kotoran dan lumpur yang ada harus di keluarkandari lubang bor.



Gambar 3.6 Pengukuran dan pelabelan contoh tanah tidak terganggu

Tahapan terakhir dari pengeboran ini ialah penyimpanan dan pengiriman sample ke laboratorium seperti yg diatur dalam ASTM D-4220. Untuk sample

UDS setelah diberi label seperti gambar diatas maka kedua ujungnya ditutup menggunakan paravin / lilin untuk mempertahankan kadar air didalamnya. Penyimpanan dan pengiriman sample UDS harus dikemas dengan baik menggunakan kotak khusus sehingga posisi tabung UDS tetap tegak berdiri sesuai keadaan asinya di dalam tanah.

Untuk tanah hasil pengeboran coring diletakan pada core box dan ditutup serta diberi label.



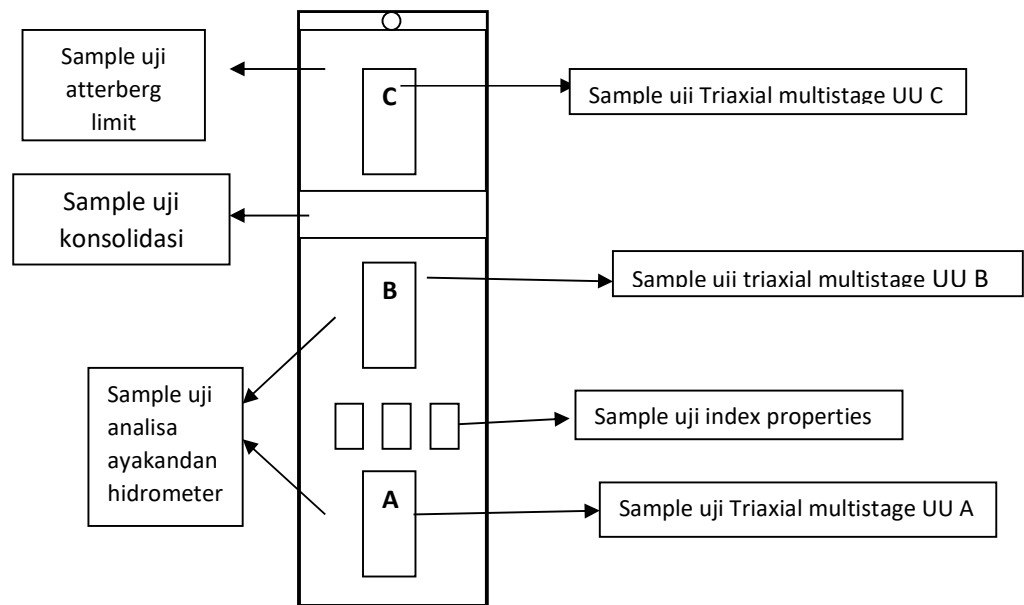
Gambar 3.7 Contoh tanah dalam kotak *corebox*

3.5 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kadar air, pengujian berat isi tanah, pengujian batas-batas

Atterberg / konsistensi tanah, pengujian analisa butiran tanah, pengujian kuat geser tanah dengan multistage triaxial unconsolidated undrained.

Untuk mendapatkan sample tanah yang akan dipakai pada percobaan diatas adalah sebagai berikut:



Gambar 3.8 Tabung contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*)

3.5.1 Pengujian *Index Properties & Spesific Gravity*

3.5.1.1 Percobaan ini untuk mengetahui *Index Properties* tanah meliputi :

S_r	= <i>Degree of saturation</i>	= DerajatKejenuhan
γ	= <i>Unit Weight of Density</i>	= Berat Isi Tanah
γ_d	= <i>Dry Density</i>	= Beratisikosong
e	= <i>Void Ratio</i>	= Angka Pori
W	= <i>Water Content</i>	= Kadar Air
G_s	= <i>Specific Grafity</i>	= Berat Isi Tanah

n	= Porositet	= Porositas
γ_s	= Unit Weight of Particles	= Berat isi Butir

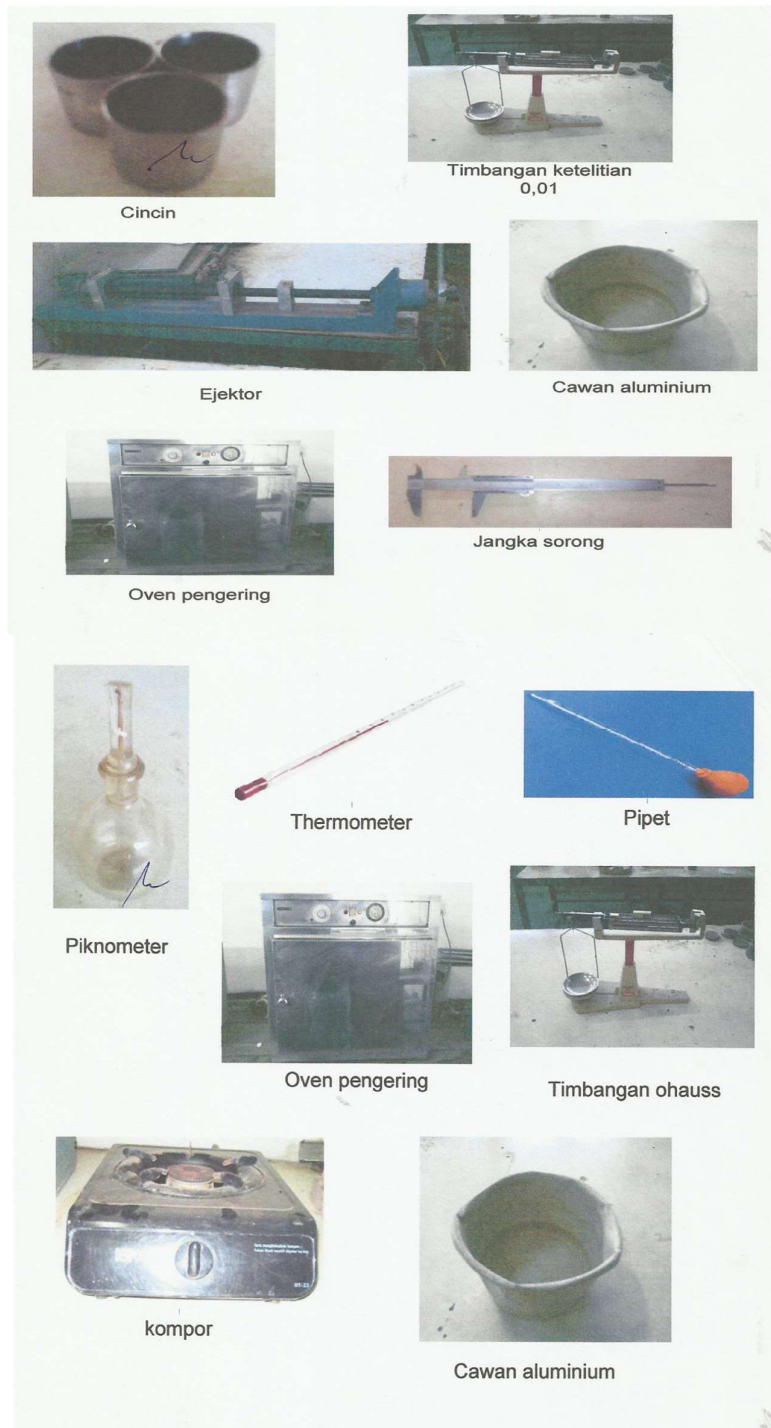
I. **3.5.1.2 Alat-alat yang digunakan**

A. Index Propertis

1. 3 buah cincin dan berikut 3 buah cawan aluminium
2. Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram
3. Oven
4. Desicator
5. Jangka Sorong
6. *Wire Saw* untuk meratakan tanah pada cincin
7. *Ejector*

B. Specific Gravity

1. Piknometer kapasitas 50 ml
2. Aquades (air suling)
3. Tibang dengan ketelitian 0.01 gram
4. Oven
5. Desicator
6. Termometer
7. Cawan Penumbuk
8. Pipet



Gambar 3.9. Peralatan yang diperlukan di Laboratorium Mekania Tanah

3.5.1.3 Alur Percobaan

A. *Index Properties*

- Siapkan 3 buah cincin (ring silinder) ukur diameter, tinggi, timbang berat cincin dalam keadaan kosong lalu olesi bagian dalam silinder dengan oli.
- Masukkan ring tersebut pada sample tabung contoh UDS dengan bantuan ejector.
- Ratakan permukaan tanah pada sisi atas dan bawah cincin dengan menggunakan wire saw.
- Timbang ke 3 cincin dan tanah asli.
- Masukkan contoh tanah kedalam oven untuk dikeringkan selama 24 jam dengan temperature 105 sampai 110 derajat celcius.
- Setelah 24 jam keluarkan contoh tanah dari oven dan diamkan sample tanah dalam desicator, setelah dingin, ditimbang beratnya.
- Catat hasil ukuran timbangan pada lembar data dan dip roses agar mendapatkan data yg diperlukan.

B. *Spesific Gravity*

- Siapkan pignometer yang telah dibersihkan lalu timbang dalam keadaan kering
- Masukkan contoh tanah yang telah di oven selama 24jam dan telah di tumbuk (dihaluskan) sebanyak lebih kurang 5gr kedalam pignometer, timbang tanah beserta pignometer tersebut.
- Tambahkan aquades / air suling pada pignometer sampai setengahnya

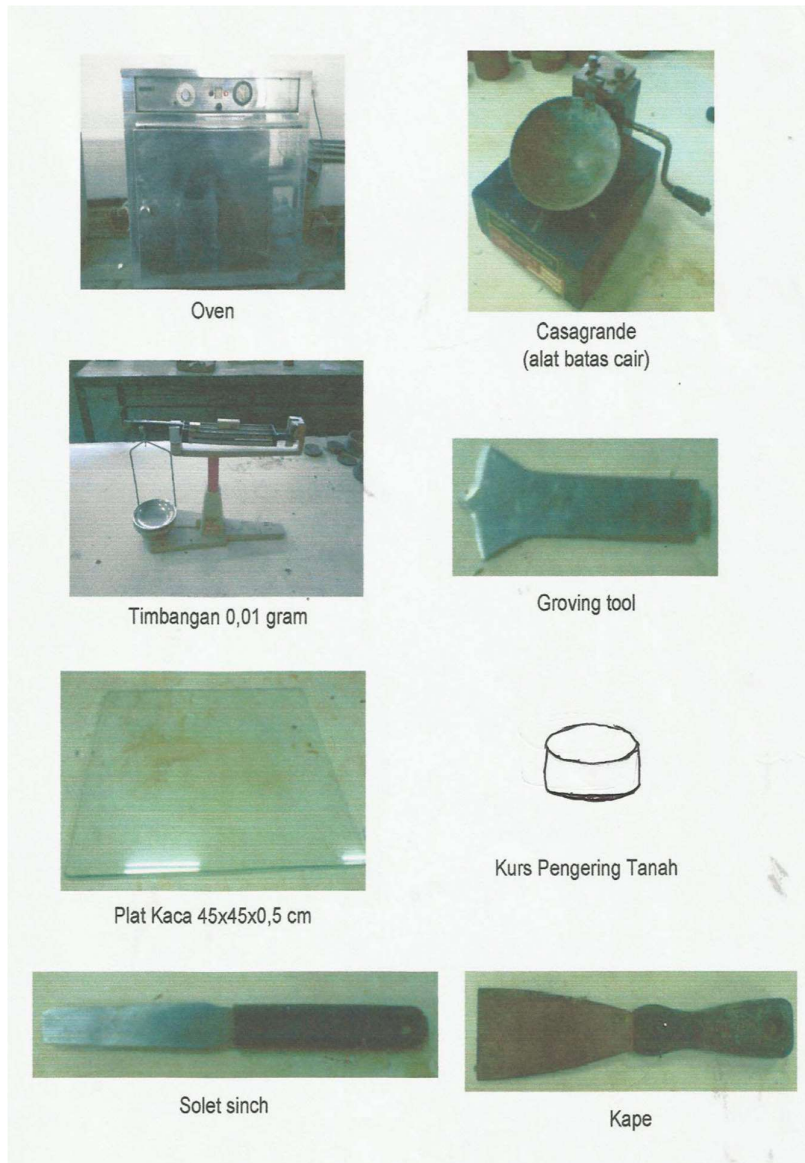
- Rebus pignometer beberapa saat lalu dinginkan, buang air rebusanya, isi kembali pignometer sampai penuh, dan timbang
- Timbang pignometer dengan keadaan penuh air dan masih terisi tanah.
- Buang seluruh isinya sampai bersih, lalu isi kembali dengan aquades hingga penuh setelah itu timbang pignometer tersebut
- Catat hasil timbangan pignometer pada lembar data untuk mendapatkan data yg dibutuhkan.

3.5.2 Pengujian Berat Isi Tanah

3.5.3 Pengujian Batas –Batas Atterberg / Konsistensi Tanah (ASTM..)

Percobaan ini untuk mengetahui jenis dan sifat sifat fisik dan bagian tanah yang melalui saringan diameter 40.

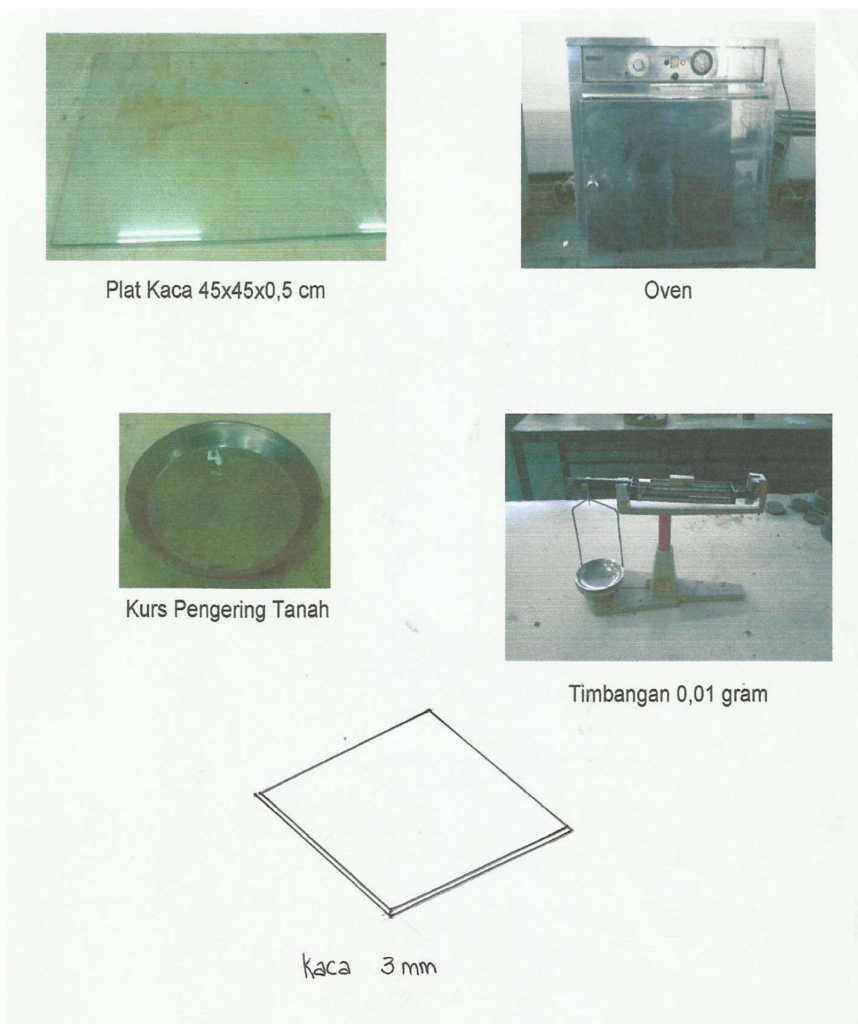
- I. Alat-alat yang digunakan
 - a. Batas cair
 - Alatbatascairstandarddengan spatula
 - Groving tool
 - Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
 - Oven dengansuhu 105 - 110° C
 - Kacadenganukuran 45x45x05 cm
 - Solet 5 inch
 - Kurs pengering tanah
 - Kape
 - Desicator
 - Air suling (Aquadest)



Gambar 3.10. Peralatan Pengujian *Liquid Limit* .

b. **Batas Plastis**

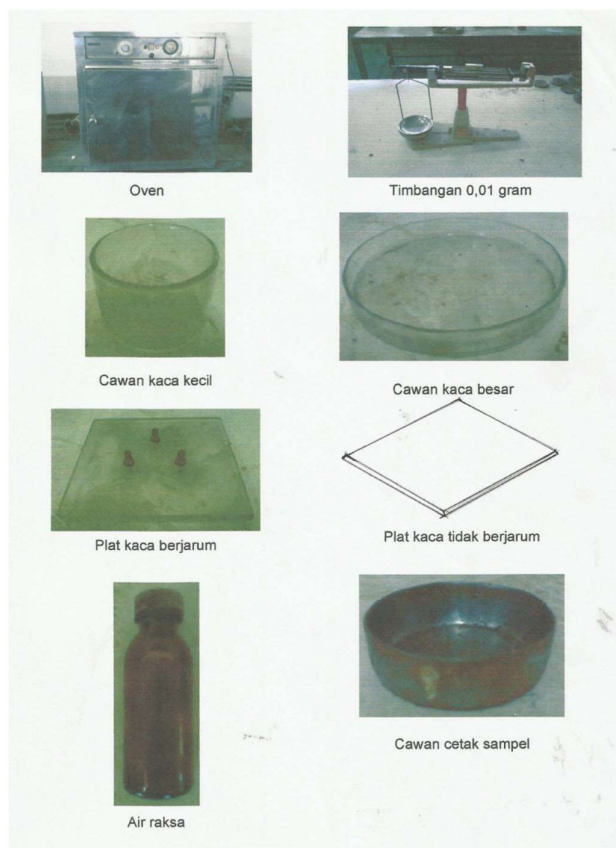
- Kaca (45x45x0.5 cm)
- Kurspengeringtanah
- Timbangandenganketelitian 0,01 gram
- Desicator
- Oven



Gambar 3.11. Peralatan Pengujian *Plastic Limits* .

c. **Batas susut**

- Oven
- Desicator
- Cawan
- Air raksa
- Plat kaca berjarum dan tak berjarum
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram



Gambar 3.12. Peralatan Pengujian *Shrinkage Limits* .

3.5.4 Pengujian Analisa Butiran Tanah

Pengujian ini untuk menentukan pembagian atau presentase butiran tanah dengan cara pengendapan untuk tanah berbutir halus lolos saringan 200, disebut dengan analisa hydrometer, untuk tanah yang tertahan saringan 200 atau berbutir kasar menggunakan analisa saringan.

Step pelaksanaan percobaan:

- Siapkan tanah 500gr dari tabung undisturbed
- Masukkan kedalam oven lebih kurang 24 jam dengan suhu 105-110 derajat celcius
- Setelah 24 jam tanah dikeluarkan dari oven didiamkan hingga dingin lalu ditimbang berat tanah tersebut (berat tanah kering)
- Letakan tanah sample di atas saringan 200 lalu diayak dan dialiri air dari keran sampai air yang lolos dari saringan tidak berwarna / bening
- Tanah yang tertahan ayakan akan digunakan untuk percobaan sive analysis test, tanah yang lolos saringan akan digunakan untuk hydrometer test



Gambar 3.13. Alat-alat pengujian hydrometer

3.5.4.1 Analisa Ayakan

Adalah pengujian untuk mengetahui pembagian butiran tanah berbutir kasar yang tertahan saringan 200 dan pengetesanya menggunakan 1 set ayakan.

Alat yang digunakan sbg berikut :

- 1 set ayakan
- Kuas
- Timbangan
- Oven pengering
- Cawan

Langkah pelaksanaan *Sieve Analysis* :

- Tanah yang tertahan saringan 200 masukan dalam cawan dan masukan dalam oven selama 24 jam.
- Setelah 24 jam dikeluarkan dr oven lalu didinginkan lalu ditimbang.
- Siapkan 1 set ayakan dengan nomer ayakan tersusun dari no.4 – no.200.
- Masukan tanah kedalam 1 set ayakrtan lalu tutup.
- Goncangkan ayakan selama lebih kurang 5 menit.
- Timbang butir butir tanah yang tertahan pada masing masing ayakan.
- Campur kembali tanah tersebut dan lakukan percobaan seperti diatas sekali lagi.

4.5.4.2 Hidrometer Test

Test ini untuk mendapatkan prosentase pembagian butiran tanah halus lolos saringan nomer 200.

Alat-alat yang digunakan :

a. Analisa Hydrometer

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Hydrometer | 9. Larutan Na_2SiO_3 |
| 2. Mixer | 10. Jangkasongketelitian 0,01cm |
| 3. Tabungkapasitas 1000cc | 11. Panci |
| 4. Oven pengering | 12. Ember |
| 5. Timbangan | 13. Ayakan No. 200 |
| 6. Stopwatch | 14. Kuas |
| 7. Thermometer | 15. Kompor |
| 8. Cawan | |

Tahapan pengujian *hydrometer test* :

- Tanah yang lolos saringan 200 diendapkan.
- Masukkan dalam panci lalu masukkan tanah kedalam oven selama 24 jam.
- Setelah di oven selama 24 jam panci dikeluarkan dari oven ambil tanah dari panci tersebut seberat 50gr.
- Letakan tanah tersebut pada cawan atau mangkuk, beri air sedikit sedikit dan diaduk hingga menjadi paste.
- Tambahkan air sebanyak 250cc pada tanah yang sudah menjadi paste tersebut dan masukkan kedalam mixer, lalu campurkan $\frac{1}{2}$ Sdm Na_2SiO_3 lalu nyalakan mixer selama 10 menit.
- Masukkan cairan yang telah di mixer kedalam gelas ukur kapasitas 1000ml. tambahkan air sampai 1000ml.
- Kocok tabung selama 30 detik dengan menutup mulut tabung dengan telapak tangan.
- Setelah itu letakan gelas ukur di meja dan masukkan alat hydrometer perlahan lahan, lalu dibaca dengan interval waktu 15 detik, 30 detik, 60 detik, 120 detik.
- Keluarkan alat hydrometer dari tabung lalu kocok gelas ukur dengan ditutup menggunakan telapak tangan dan diletakan di meja lalu masukkan alat hydrometer lalu dibaca dengan interval waktu yang sama seperti diatas.
- Ulang langkah diatas sekali lagi

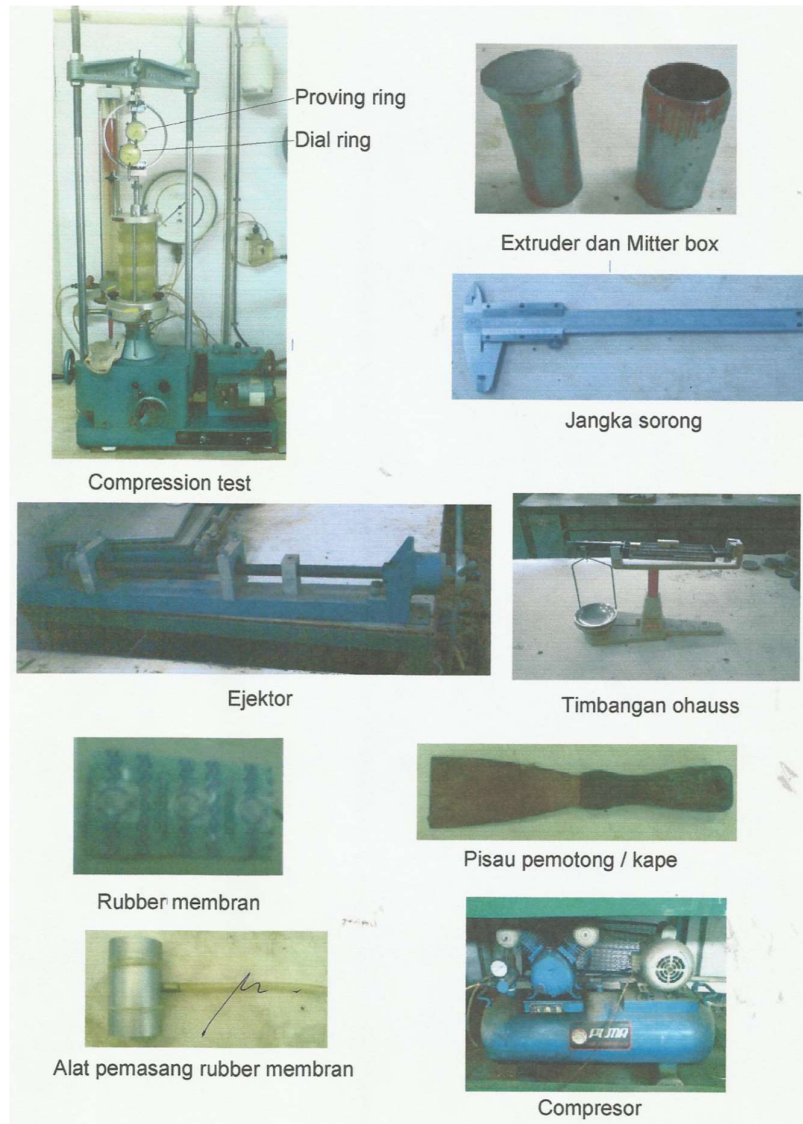
- Lanjutkan pembacaan hydrometer dengan interval waktu 5 menit, 10 menit, 20 menit, 40 menit, 60 menit, hingga 24 jam.
- Mengukur pembacaan hydrometer di aquades.
- Mengukur volume kepala hydrometer dan mengukur tinggi kepala hydrometer.

3.5.5 Pengujian Kuat Geser Tanah Dengan Multistage Triaxial Unconsolidated Undrained Test (ASTM)

Percobaan *Triaxial Unconsolidated Undrained* ini bertujuan untuk mendapatkan parameter kekuatan tanah C (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam) pada kondisi pembebanan triaxial.

I. Alat-alat yang digunakan

1. Motor penggerak piston untuk pembebanan
2. Tabung cell silindertransparan (cylinder/cell)
3. Alat ukur beban (proving ring) dan dial ukur
4. Panel water reservoir untuk cell pressure
5. Manometer pengukur tegangan dan panel pengaturnya
6. Rubber membrane (selamut karet sampel)
7. Alat cetak sampel uji (injectorsampling)
8. Jangka sorong
9. Timbangan ketelitian 0.01 gram
10. Pisau pemotong/kape
11. Kertas filter
12. Milter bak & extruder
13. Compressor



Gambar 3.14 Peralatan Pengujian Triaxial

Tahapan pengujian:

- Ambil tanah dari tabung UDS dengan *ring sample triaxial* dengan bantuan alat ejector
- Keluarkan sample tanah dengan extruder, ukur tinggi dan diameter tanah contoh dengan jangka sorong dan timbang berat tanahnya

- Lapisi sample tanah bagian atas dan bawahnya menggunakan tissue, lapisi sample tanah dengan rubber membrane dibantu dengan alat pemasang.
- Masukkan sample tanah kedalam tabung cell yang telah dilapisi batu porus dan dikencangkan dengan karet, tutup dengan batu porus lalu dengan kaca mika jepit dengan karet dan pasang selang penjenuhan.
- Pasang tabung cell, setting jarak penghubung gaya antara proving ring dan tabung cell.
- Alirkan air ke tabung cell lalu jenuhkan.
- Setting alat, atur dial ring, dan proving ring pada posisi.
- Berikan tegangan cell sesuai dengan perhitungan, tekan.
- Lakukan pembacaan proving ring dan dial ring dari 0 dengan kelipatan 50 sampai sample tanah menunjukkan 2 kali penurunan nilai proving ring.

3.5.5.1 Sampel Pengujian Triaxial

Karena ingin diketahui efek dari pengeboran basah yang pengeborannya menggunakan air, maka untuk mengetahui pengaruh ini, pada sampel tanah tak terganggu diambil 3 buah sampel dari bagian atas, tengah dan bawah dari tabung. Pada setiap sampel tersebut dicari kekuatan gesernya dengan menggunakan *Multi Stage Triaxial Test*.

3.5.5.2 Multistage Triaxial UU Test

Cara ini adalah untuk mendapatkan kohesi dan sudut geser dalam dari 3 lingkaran Mohr. Tiga lingkaran Mohr tersebut didapat dari satu

sampel uji dengan penambahan tegangan keliling secara multi stage pada sampel yang sama. Penambahan tegangan sel ini dilakukan saat tegangan deviator dari tegangan sel sebelumnya sudah mencapai maksimum (tidak turun). Penambahan tegangan sel dilakukan dengan memberhentikan pengujian sementara, dinaikan tegangan selnya, dan tegangan deviator dilanjutkan pada tegangan sel yang lebih tinggi. Begitu selantnya untuk regangan sel selanjutnya.

3.6 Jadwal / Skedul Penelitian

Pelaksanaan lapangan pengetesan sondir (CPT) dan boring dilakukan selama 2 kali , masing-masing dibulan Januari 2018 (2 titik Bor) dan berikutnya di bulan Desember 2018 (dua Titik Bor). Pada bulan tersebut dilakukan dua pengeboran dengan cara yang berbeda, yaitu pengeboran kering dan pengeboran basah.

- a. Pelaksanaan pengetesan di laboratorium dari sampel yang diperoleh di lapangan dilakukan pada Bulan Januari 2018 dan Bulan Desember 2018, yang masing masing dilanjutkan pengujian test laboratorium selama 2 bulan
- b. Dilakukannya pengeboran pada dua bulan tersebut, karena pada bulan tersebut didapat perbedaan iklaim yang cukup signifikan, Januari 2018

pada curah hujan yang relatif tinggi dibandingkan curah hujan pada bulan Desember 2018

- c. Total proses analisa dari hasil tes laboratorium memerlukan waktu kurang lebih 4 bulan.

Total penyelesaian penelitian ini memerlukan waktu 14 bulan.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

AKTIFITAS	2018												2019						
	J a n	F e b r e t	M a r t	A p r i	M e i	J u n i	J u l i	A g u s	S e p t	O k t	N o v	D e c	J a n	F e b r e t	M a r t	A p r i	M e i	J u n i	
Bor 1 Dry Coring dan Bor 1 Wash Boring																			
CPT -1 dan CPT-2																			
Laboratorium Test #1																			
Data Lab Proccess																			
Bor 3 Dry Coring dan Bor 4 Wash Boring																			
CPT -3 dan CPT-4																			
Laboratorium Test #2																			
Data Lab Proccess																			
Analisis and Wrting																			

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Properties Tanah Penelitian

Penelitian pengaruh metode pengeboran kering dan pengeboran basah terhadap properties tanah yang dilakukan pada kawasan Kampus ISTN Srengseng Sawah Jakarta dilakukan dengan menempatkan titik pengeboran kering dan basah dengan jarak sekitar 0,50 meter. Dengan jarak ini diharapkan properties tanah akan sama pada setiap elevasi yang sama. Disisi sisi kedua titik bor ini dilakukan 4 titik sondir (cone penetration test) yang satu sama lain dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Perbandingan properties tanah yang diperoleh dari kedua metode pengeboran ini diambil dari sampel tanah tak terganggu (Thin Shelby Tube) hanya pada tanah lanau kelempungan dengan konsistensi sedang sampai kaku. Tanah dengan konsistensi tersebut umumnya diperoleh di lokasi penelitian dari permukaan tanah hingga kedalaman -18,00 meter.

4.1.1. Hasil Pengujian Pengeboran Kering dan Basah

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat lapisan tanah yang diperoleh dari pengeboran kering yang dilakukan pada bulan Januari 2018. Pada pengeboran ini dilakukan juga pengujian standard penetration test (SPT) yang kami teliti juga hasilnya dalam laporan penelitian tersendiri. Sedangkan pada Table 4.2 dapat dilihat lapisan tanah yang diperoleh dari pengeboran basah yang dilakukan pada bulan Januari 2018.

Tabel 4.1 Hasil pengeboran kering pada Januari 2018

Titik Bore	Depth (m)	N-Spt	Jenis Tanah (Soil Type)	Keterangan
DB-1 (Dry Boring)	0.00 - 2.00	3	<i>Soft Clayey silt</i>	GWL berada pada kedalaman -6.55 m
	2.00 - 5.00	5 - 8	<i>Medium clayey silt</i>	
	5.00 - 7.00	4	<i>Soft clayey sil</i>	
	7.00 - 9.00	17	<i>Very stiff clayey silt trace sand</i>	
	9.00 - 12.00	4	<i>Soft clayey silt trace sand</i>	
	12.00 - 15.00	9 - 11	<i>Stiff clayey silt trace sand</i>	
	15.00 - 18.00	17	<i>Very stiff clayey silt trace sand</i>	
	18.00 - 19.50	28	<i>Very Dense silty sand</i>	
	19.50 - 21.00	60	<i>Very Hard silty sand trace gravel</i>	Lapisan tanah keras sebagai bearing layer
	21.00 - 22.50	60	<i>Very Hard silty sand</i>	
22.50 - 24.35	60	<i>Very Hard sand mix gravel</i>		

Hasil pengeboran kering dan basah yang dilakukan pada bulan Januari 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.4

Tabel 4.2 Hasil pengeboran basah pada Januari 2018

Titik Bore	Depth (m)	N-Spt	Jenis Tanah (Soil Type)	Keterangan
DB-2 (Wash Boring)	0.00 - 3.00	4	<i>Soft Clayey silt</i>	GWL berada pada kedalaman -6.50 m
	3.00 - 6.00	5 - 6	<i>Medium clayey silt</i>	
	6.00 - 7.50	4	<i>Soft clayey silt</i>	
	7.50 - 9.00	10	<i>Stiff clayey sil</i>	
	9.00 - 10.00	7	<i>Stiff clayey silt trace sand</i>	
	10.00 - 11.00	3	<i>Soft clayey silt trace sand</i>	
	11.00 - 13.00	17	<i>Very stiff silty clay trace sand</i>	
	13.00 - 16.00	8 - 10	<i>Loose silty sand</i>	
	16.00 - 19.00	15 - 25	<i>Very Dense silty sand</i>	
	19.00 - 21.00	60	<i>Very hard sand mix gravel</i>	Lapisan tanah keras
	21.00 - 22.50	60	<i>Very hard sand</i>	
	22.50 - 24.00	60	<i>Very hard sand mix gravel</i>	
	24.00 - 25.00	17	<i>Very stiff clayey silt trace sand</i>	
	25.00 - 26.00	38	<i>Hard clayey silt trace sand</i>	
26.00 - 30.40	60	<i>Very Hard silty sand</i>	Lapisan tanah keras	

Tabel 4.3 Hasil pengeboran kering pada Desember 2018

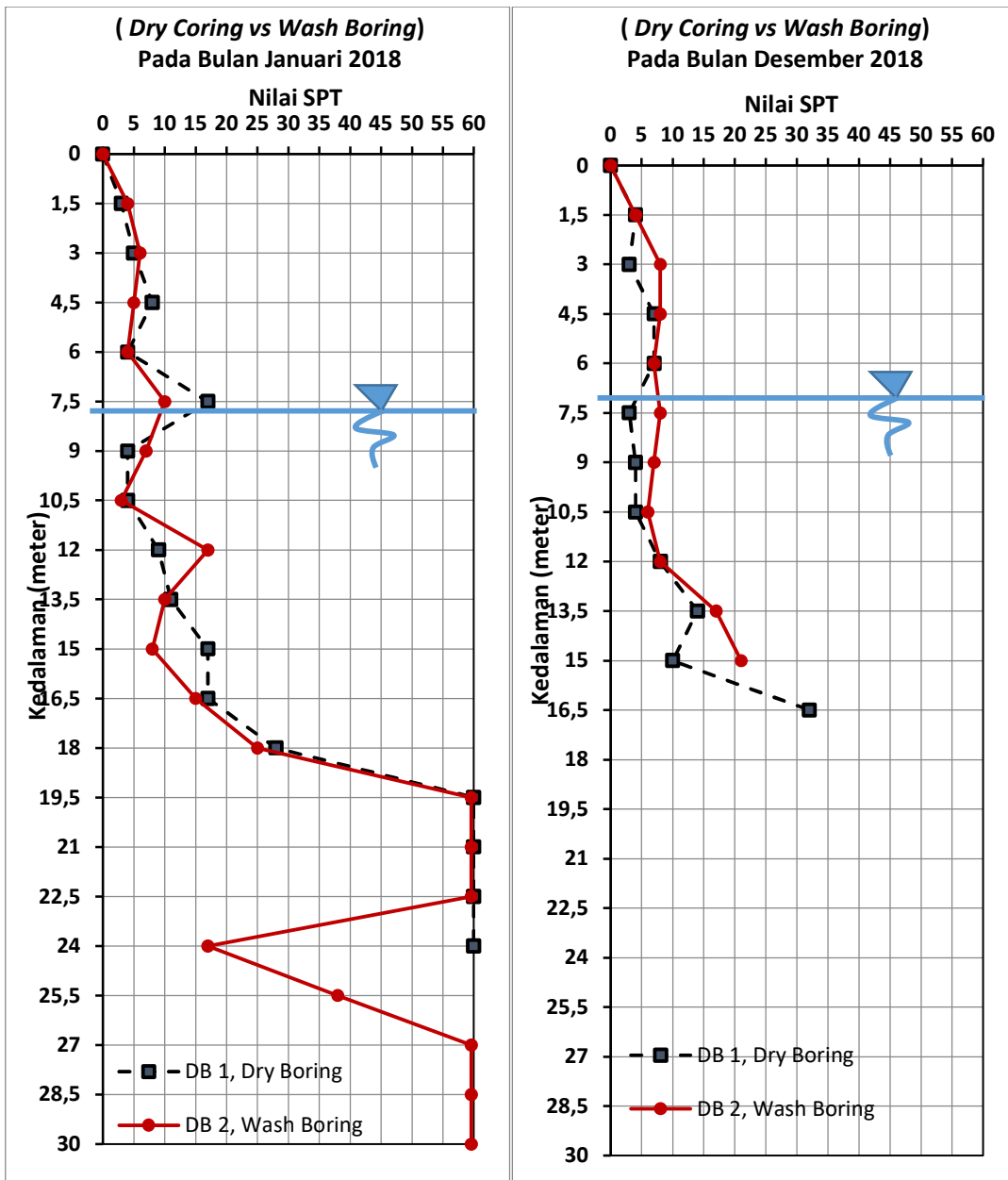
Titik Bore	Depth (m)	N-Spt	Jenis Tanah (<i>Soil Type</i>)	Keterangan
DB-3 (<i>Dry Boring</i>)	0.00 - 2.50	4	<i>Soft clayey silt</i>	GWL berada pada kedalaman -6.25 m
	2.50 - 4.00	3	<i>Soft clayey silt</i>	
	4.00 - 5.50	7	<i>Medium clayey silt</i>	
	5.50 - 6.50	7	<i>Medium clayey silt mix gravel</i>	
	6.50 - 8.50	3	<i>Soft silty clay mix sand</i>	
	8.50 - 11.00	4	<i>Soft clayey silt mix sand</i>	
	11.00 - 13.00	8	<i>Medium clayey silt mix sand</i>	
	13.00 - 14.50	14	<i>Stiff clayey silt mix sand</i>	
	14.50 - 15.50	10	<i>Stiff clayey silt mix sand</i>	
	15.50 - 17.00	32	<i>Hard silty sand</i>	
	17.00 - 19.50	60	<i>Very Hard silty sand</i>	Lapisan tanah keras
19.50 - 21.00	60	<i>Very Hard silty sand trace gravel</i>		
21.00 - 22.50	60	<i>Very Hard silty sand trace gravel</i>		
	22.50 - 25.90	60	<i>Very Hard gravelty sand</i>	

Tabel 4.4 Hasil pengeboran basah pada Desember 2018

Titik Bore	Depth (m)	N-Spt	Jenis Tanah (<i>Soil Type</i>)	Keterangan
DB-4(<i>Wash Boring</i>)	0.00 - 3.00	4	<i>Soft clayey silt</i>	GWL berada pada kedalaman -6.25 m
	3.00 - 7.00	7 - 8	<i>Medium clayey silt</i>	
	7.00 - 8.50	8	<i>Stiff clayey silt mix sand</i>	
	8.50 - 11.50	6 - 7	<i>Medium clayey silt mix sand</i>	
	11.50 - 13.00	8	<i>Medium clayey silt mix sand</i>	
	13.00 - 16.00	17 - 21	<i>Medium dense silty sand</i>	
	16.00 - 17.50	60	<i>Very dense sand</i>	Lapisan tanah keras
	17.50 - 20.50	60	<i>Very dense gravelly sand</i>	
	20.50 - 25.80	60	<i>Very dense sand mix gravel</i>	

4.1.2 Hasil Pengujian *Standard Penetration Test*

Perbandingan hasil uji standard penetration test (SPT) pada pengeboran kering dan [pengeboran basah yang dilakukan pada bulan Januari dan Desember 2018. Tampak hasil uji N-SPT dari tanah lanau kelembungan dengan konsistensi sedang sampai kaku bahwa hasil N-SPT dari pengeboran basah lebih kecil sedikit dari pengeboran kering yang dilakukan pada bulan Januari 2018. Hal ini berbeda dari hasil Desember 2018, karena titik bor kering dan basah pada bulan Januari berjarak 5 meter dari titik bor pada bulan Desember 2018.



Gambar 4.1. Perbedaan hasil pengujian N-SPT pada pengeboran kering dan Basah pada bulan Januari dan Desember 2018

4.1.3 Ikhtisar Hasil Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium dari sampel tidak terganggu (*undisturbed sampling*) dari 4 titik bor (2 titik bor *dry coring* dan 2 titik bor *wash boring*) masing-masing dilakukan pada

kedalaman sampel seperti pada Tabel 4.5. DB-1 dan DB-2 dilakukan pada Januari 2018, sedangkan DB-3 dan DB-4 dilakukan pada bulan Desember 2018.

Tabel 4.5 Kedalaman pengambilan sampel tak terganggu dan jarak antara titik bor kering dan basah

Date of Tested	Undisturbed Sampling	Dry Boring DB-1	Distance	Wash Boring DB-2	Distance	Dry Coring DB-3	Distance	Wash Boring DB-4
	Depth		0,50 meter		4,00 meter		0,50 meter	
JAN, 2018	1,00 -1,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	2,50 - 3,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	4,00 - 4,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	5,50 - 6,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	7,00 -7,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	8,50 - 9,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	11,50-12,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	14,50-15,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	16,00-16,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
DEC, 2018	1,00 -1,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	2,50 - 3,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	4,00 - 4,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	5,50 - 6,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	7,00 -7,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	8,50 - 9,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	11,50-12,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	13,00-13,50	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■
	14,50-15,00	■	0,50 meter	■	4,00 meter	■	0,50 meter	■

Pada Tabel 4.6 dibawah ini disampaikan ikhtisar hasil uji laboratorium berupa index properties dan engineering properties yang dilakukan dari contoh tanah tidak terganggu (Shelby Tube Sampel) yang diperoleh pada pengeboran kering. Pengeboran kering dilakukan pada bulan Januari 2018 dan bulan Desember 2018. Manakala pada Tabel 4.7 berikutnya disampaikan ikhtisar hasil uji laboratorium berupa index properties dan engineering properties yang dilakukan dari contoh tanah tidak terganggu (Shelby Tube Sampel) yang diperoleh pada pengeboran basah. Pengeboran basah dilakukan pada bulan Januari 2018 dan bulan Desember 2018.

Tabel 4.6 Ikhtisar hasil test lab sampel tak terganggu dari pengeboran kering bulan Januari dan Desember 2018

		Januari 2018										Desember 2018										
BORING NO. (DRY CORING SYSTEM)	Unit	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-1	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	DB-3	
DEPTH (m)		1.00 - 1.50	2.50 - 3.00	4.00 - 4.50	5.50 - 6.00	7.00 - 7.50	8.50 - 9.00	11.50 - 12.00	14.50 - 15.00	16.00 - 16.50	17.50 - 18.00	1.00 - 1.50	2.50 - 3.00	4.00 - 4.50	5.50 - 6.00	7.00 - 7.50	8.50 - 9.00	11.50 - 12.00	13.00 - 13.50	14.50 - 15.00		
SAMPLE STATUS		UDS 1	UDS 2	UDS 3	UDS 4	UDS 5	UDS 6	UDS 7	UDS 8	UDS 9	UDS 10	UDS 1	UDS 2	UDS 3	UDS 4	UDS 5	UDS 6	UDS 8	UDS 9	UDS 10		
INDEX PROPERTIES	VOLUMIC WEIGHT																					
	Specific Gravity (Gs)		2,27	2,30	2,39	2,57	2,61	2,54	2,38	2,80	2,87	2,78	2,45	2,48	2,47	2,54	2,80	2,42	2,74	2,45	2,71	
	Natural Water Content (w) %		66,00	61,00	45,00	39,00	62,00	60,00	110,00	66,00	73,00	58,00	46,00	49,00	47,00	55,00	56,00	69,00	81,00	67,00	72,00	
	Bulk Density (γ _m) ton/m ³		1,49	1,49	1,59	1,53	1,55	1,51	1,28	1,41	1,54	1,60	1,62	1,58	1,63	1,64	1,64	1,51	1,44	1,49	1,56	
	Dry Density (γ _d) ton/m ³		0,90	0,93	1,09	1,10	0,95	0,95	0,61	0,85	0,89	1,01	1,11	1,06	1,11	1,05	1,05	0,89	0,80	0,89	0,91	
	Void Ratio (e)		1,53	1,48	1,19	1,35	1,73	1,67	2,91	2,29	2,21	1,75	1,21	1,34	1,23	1,41	1,66	1,71	2,44	1,76	1,98	
	Porosity (n)		0,60	0,60	0,54	0,57	0,63	0,63	0,74	0,70	0,69	0,64	0,55	0,57	0,55	0,58	0,62	0,63	0,71	0,64	0,66	
	Degree of Saturation (Sr) %		98,41	94,76	90,76	74,90	93,89	90,43	90,19	80,33	94,50	92,57	93,40	90,27	94,24	99,92	94,75	97,30	90,59	93,91	97,93	
	ATTERBERG LIMITS																					
	Liquid Limits (LL) %		104,6 4	104,0 0	100,2 8	102,3 3	99,01	101,6 8	107,53	90,33	102,03	102,00	100,7 4	98,58	95,35	94,41	90,98	96,24	103,52	102,57	97,91	
	Plastic Limits (PL) %		45,13	46,80	42,47	46,03	41,63	45,82	49,50	41,63	46,96	43,59	37,95	41,50	38,82	40,08	36,40	47,32	47,99	45,85	46,95	
	Plasticity Index (PI) %		59,51	57,20	57,80	56,30	57,38	55,86	58,03	48,70	55,08	58,40	62,79	57,07	56,53	54,33	54,57	48,92	55,53	56,72	50,96	
	GRAINED SIZE DISTRIBUTION																					
	Gravel %		0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70	0,00	0,00	2,01	
Sand %		1,70	1,19	4,37	0,37	0,38	3,30	4,63	3,16	6,04	18,01	2,45	1,76	3,72	5,11	5,36	3,24	2,09	1,54	5,21		
Silt %		32,84	26,67	31,61	14,16	40,99	57,61	54,96	73,61	46,56	51,42	13,04	22,96	14,63	14,06	17,62	48,50	51,33	46,85	43,37		
Clay %		65,46	72,14	63,76	85,47	58,63	39,09	40,41	23,23	47,40	30,57	84,51	75,28	81,65	80,83	70,32	48,26	46,58	51,61	49,41		
SOIL CLASSIFICATION (USCS)		MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	CH	MH	CH	MH	CH	MH	MH	MH	MH		
ENGINEERING PROPERTIES	CONSOLIDATION TEST																					
	Coefficient of Consolidation (C _v) cm ² /se _c		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,E-04	1,E-04	2,E-04	1,E-04	2,E-04	9,E-05	1,E-04	1,E-04	2,E-04	
	Compression Index (C _c)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,235	0,335	0,243	0,423	0,419	0,597	0,660	0,608	0,461	
	PC kg/cm ²		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,64	2,42	2,20	2,28	2,38	2,25	2,10	2,13	2,30	
	TRIAXIAL UU TEST, LOWER SITE (A)																					
	Cohesion (c) kg/cm ²		0,07	0,12	0,09	0,05	0,13	0,04	0,11	0,07	0,04	0,06	0,46	0,47	0,50	0,61	0,37	0,42	0,55	0,48	0,48	
	Friction Angle (φ) deg		10,00	12,00	11,00	15,00	11,00	11,00	11,00	11,00	8,00	9,00	17,00	16,00	15,00	11,00	15,00	13,00	11,00	11,00	12,00	
	Water Content (%)		63,41	63,41	64,20	55,06	72,29	69,14	131,03	89,55	75,64	55,91	48,42	46,17	46,63	56,53	55,63	78,60	81,72	84,63	85,42	
	γ (t/m ³)		1,52	1,52	1,50	1,56	1,62	1,55	1,54	1,44	1,55	1,64	1,610	1,630	1,670	1,580	1,630	1,490	1,590	1,450	1,460	
	TRIAXIAL UU TEST, MIDDLE SITE (B)																					
	Cohesion (c) kg/cm ²		0,03	0,16	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,51	0,53	0,48	0,49	0,55	0,61	0,52	0,58	
	Friction Angle (φ) deg		14,00	11,00	23,00	14,00	19,00	10,00	18,00	10,00	13,00	12,00	14,00	15,00	14,00	16,00	12,00	11,00	10,00	11,00	8,00	
	Water Content (%)		62,50	47,96	54,84	57,95	68,75	76,00	135,71	85,71	78,67	59,77	44,55	46,71	46,63	50,09	59,39	79,57	66,67	79,80	69,34	
	γ (t/m ³)		1,47	1,64	1,63	1,57	1,53	1,59	1,48	1,47	1,52	1,57	1,60	1,58	1,72	1,63	1,62	1,51	1,53	1,41	1,53	
TRIAXIAL UU TEST, TOP SITE (C)																						
Cohesion (c) kg/cm ²		0,08	0,00	0,10	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,68	0,60	0,58	0,45	0,59	0,60	0,50	0,60		
Friction Angle (φ) deg		10,00	37,00	13,00	14,00	15,00	11,00	14,00	11,00	13,00	12,00	10,00	11,00	12,00	14,00	13,00	12,00	10,00	12,00	10,00		
Water Content (%)		55,32	52,17	53,68	61,63	56,82	80,00	180,00	81,82	82,43	62,79	48,36	47,47	45,65	47,07	57,63	77,47	74,68	78,59	56,08		
γ (t/m ³)		1,65	1,58	1,65	1,57	1,56	1,53	1,37	1,36	1,53	1,58	1,540	1,530	1,650	1,700	1,570	1,520	1,510	1,450	1,540		

Tabel 4.7 Ikhtisar hasil test lab sampel tak terganggu dari pengeboran basah bulan Januari dan Desember 2018

		Januari 2018										Desember 2018										
BORING NO. (WASH BORING SYSTEM)	Unit	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-2	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4	DB-4		
DEPTH (m)		1.00 - 1.50	2.50 - 3.00	4.00 - 4.50	5.50 - 6.00	7.00 - 7.50	8.50 - 9.00	11.50 - 12.00	14.50 - 15.00	16.00 - 16.50	17.50 - 18.00	1.00 - 1.50	2.50 - 3.00	4.00 - 4.50	5.50 - 6.00	7.00 - 7.50	8.50 - 9.00	11.50 - 12.00	13.00 - 13.50	14.50 - 15.00		
SAMPLE STATUS		UDS 1	UDS 2	UDS 3	UDS 4	UDS 5	UDS 6	UDS 7	UDS 8	UDS 9	UDS 10	UDS 1	UDS 2	UDS 3	UDS 4	UDS 5	UDS 6	UDS 7	UDS 8	UDS 9		
INDEX PROPERTIES	VOLUMIC WEIGHT																					
	Specific Gravity (Gs)	2,51	2,44	2,50	2,36	2,34	2,49	2,62	2,50	2,40	2,34	2,71	2,77	2,79	2,42	2,76	2,59	2,52	2,44	2,46		
	Natural Water Content (w)	%	54,00	53,00	52,00	62,00	67,00	184,00	74,00	78,00	45,00	55,00	45,00	41,00	33,00	43,00	38,00	58,00	61,00	72,00	62,00	
	Bulk Density (γ _m)	ton/m3	1,58	1,61	1,64	1,45	1,34	1,22	1,51	1,42	1,48	1,47	1,48	1,51	1,63	1,67	1,68	1,63	1,59	1,40	1,57	
	Dry Density (γ _d)	ton/m3	1,03	1,05	1,08	0,90	0,80	0,43	0,87	0,80	1,02	0,94	1,02	1,07	1,22	1,17	1,21	1,03	0,99	0,81	0,97	
	Void Ratio (e)		1,44	1,32	1,31	1,62	1,92	4,80	2,01	2,13	1,35	1,48	1,65	1,60	1,29	1,07	1,28	1,51	1,56	1,99	1,54	
	Porosity (n)		0,59	0,57	0,57	0,62	0,66	0,83	0,67	0,68	0,57	0,60	0,62	0,62	0,56	0,52	0,56	0,60	0,61	0,67	0,61	
	Degree of Saturation (Sr)	%	93,46	98,51	98,58	89,56	81,63	95,22	95,87	91,95	80,55	87,68	73,36	71,65	72,27	96,64	82,88	99,60	99,48	88,12	98,95	
	ATTERBERG LIMITS																					
	Liquid Limits (LL)	%	102,47	104,86	102,15	99,32	96,63	98,49	103,30	102,74	106,68	106,05	101,79	102,62	107,54	91,55	99,53	86,20	85,73	90,23	85,25	
	Plastic Limits (PL)	%	47,03	44,21	45,85	42,56	42,14	40,94	47,99	49,42	50,55	48,77	45,82	44,64	49,50	33,33	54,17	53,36	56,60	41,85	47,28	
	Plasticity Index (PI)	%	55,44	60,66	56,30	56,76	54,49	57,55	55,31	53,31	56,12	57,28	55,97	57,98	58,04	58,22	45,36	32,84	29,13	48,38	37,97	
	GRAINED SIZE DISTRIBUTION																					
	Gravel	%	0,00	0,13	0,00	0,33	0,00	0,19	0,00	1,07	1,18	6,20	0,90	0,00	0,00	0,67	0,58	4,16	0,00	1,02	0,00	
	Sand	%	0,85	6,38	0,76	2,27	2,45	11,81	3,94	24,58	24,76	27,77	1,60	1,23	1,59	6,81	2,14	10,31	5,28	23,27	25,04	
Silt	%	39,25	38,62	48,93	43,64	35,10	53,92	61,43	54,66	51,27	43,35	12,67	13,27	13,27	17,75	12,52	32,59	42,56	39,88	35,45		
Clay	%	54,87	50,31	50,31	53,76	62,45	34,08	34,54	19,69	22,79	22,68	84,82	85,50	85,14	74,76	84,75	52,95	52,16	35,83	39,51		
SOIL CLASSIFICATION (USCS)		MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	MH	CH	MH	MH	MH	MH	MH		
ENGINEERING PROPERTIES	CONSOLIDATION TEST																					
	Coefficient of Consolidation (Cv)	cm ² /sec	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,E-04	1,E-04	2,E-04	1,E-04	2,E-04	9,E-05	1,E-04	1,E-04	2,E-04
	Compression Index (Cc)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,235	0,335	0,243	0,423	0,419	0,597	0,660	0,608	0,461
	PC	kg/cm ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,64	2,42	2,20	2,28	2,38	2,25	2,10	2,13	2,30
	TRIAxIAL UU TEST, LOWER SITE (A)																					
	Cohesion (c)	kg/cm ²	0,04	0,06	0,09	0,06	0,06	0,04	0,06	0,07	0,02	0,06	0,39	0,39	0,41	0,64	0,51	0,24	0,38	0,50	0,30	
	Friction Angle (φ)	deg	10,00	9,00	10,00	8,00	6,00	10,00	8,00	9,00	7,00	10,00	12,00	13,00	11,00	7,00	8,00	15,00	7,00	6,00	9,00	
	Water Content	(%)	76,71	58,82	56,98	78,57	72,73	77,14	83,10	81,08	70,73	67,53	51,87	50,41	50,78	48,53	53,22	76,21	86,18	75,84	68,84	
	γ (t/m ³)	t/m ³	1,46	1,53	1,53	1,41	1,29	1,46	1,47	1,52	1,58	1,46	1,490	1,640	1,640	1,630	1,590	1,570	1,480	1,520	1,600	
	TRIAxIAL UU TEST, MIDDLE SITE (B)																					
	Cohesion (c)	kg/cm ²	0,01	0,08	0,08	0,02	0,02	0,09	0,02	0,05	0,00	0,08	0,34	0,50	0,65	0,70	0,57	0,30	0,30	0,43	0,33	
	Friction Angle (φ)	deg	10,00	12,00	14,00	10,00	8,00	9,00	8,00	7,00	0,00	6,00	14,00	9,00	6,00	6,00	9,00	13,00	9,00	9,00	8,00	
	Water Content	(%)	70,89	56,67	53,76	77,03	74,67	63,10	85,51	59,09	65,43	70,27	53,57	56,71	49,41	49,37	54,15	76,15	66,61	75,49	80,73	
	γ (t/m ³)	t/m ³	1,53	1,59	1,62	1,48	1,48	1,55	1,45	1,58	1,52	1,43	1,56	1,58	1,68	1,68	1,60	1,56	1,60	1,51	1,50	
	TRIAxIAL UU TEST, TOP SITE (C)																					
Cohesion (c)	kg/cm ²	0,02	0,09	0,08	0,04	0,00	0,04	0,00	0,02	0,03	0,03	0,61	0,63	0,60	0,70	0,59	0,58	0,30	0,49	0,40		
Friction Angle (φ)	deg	10,00	13,00	14,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	7,00	6,00	8,00	9,00	7,00	8,00	11,00	10,00	8,00	8,00		
Water Content	(%)	54,35	53,13	52,08	69,51	68,67	64,20	98,15	54,17	76,71	87,50	54,960	51,160	50,780	56,870	53,680	75,020	84,360	62,100	73,130		

	γ (t/m ³)	t/m ³	1,61	1,66	1,65	1,57	1,58	1,50	1,21	1,67	1,46	1,36	1,480	1,540	1,630	1,530	1,610	1,570	1,460	1,500	1,510
--	------------------------------	------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

4.2 Perbedaan Properties Tanah Dari Pengeboran Kering dan Basah

Dari contoh tanah tidak terganggu yang diperoleh dari dua metoda pengeboran kering dan basah didapat ikhtisar index properties tanah seperti terlihat pada Tabel 4.8. Dimana diperoleh hasil yang pada umumnya nilai index properties dari pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah. Specific gravity (Gs) dari pengeboran kering rata-rata 2,556 dan pengeboran basah 2,52. Diperoleh specific gravity dari pengeboran kering 1,43% lebih besar dari pengeboran basah. Sedangkan kadar air rata rata sampel dari pengeboran kering terlihat lebih besar 0,42% dari kadar air pengeboran basah. Hal ini dapat disimpulkan efek pengeboran basah tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan kadar air khusus pada tanah lanau kelempungan.

Berat isi rata-rata dari pengeboran kering sebesar 1,532 gr/cm³ sedangkan dari pengeboran basah diperoleh 1,52 gr/cm³. Hal ini berarti berarti isi tanah pengeboran kering lebih besar 0,79% dari hasil pengeboran basah. Sedangkan angka pori pengeboran kering lebih kecil 0,65% dari angka pori pengeboran basah. Manakala drajat kejenuhan perilakunya identik dengan kadar air, dimana drajat kejenuhan (sr) dari pengeboran kering lebih besar 3,37% dari drajat kejenuhan pengeboran basah. Semua data tersebut, disimpulkan dan dapat dilihat pada Table. 4.8 dibawah ini.

Table 4.8 Ikhtisar index properties dari pengeboran kering dan basah

Index Propertis Parameter	Coring Bored		Wash Bored		% Coring
	Average	Min - Max	Average	Min - Max	
Specific Gravity (Gs)	2,556	2,38 - 2,80	2,52	2,34 - 2,79	1,43 > Wash
Natural Water Content (w)	62,211	39 - 110	61,95	33 - 184	0,42 > Wash
Bulk Density (γ_m)	1,532	1,28 - 1,64	1,52	1,22 - 1,68	0,79 > Wash
Void Ratio (e)	1,729	1,19 - 2,91	1,73	1,07 - 2,13	-0,06 < Wash
Porosity (n)	0,624	0,54 - 0,74	0,62	0,52 - 0,83	0,65 > Wash
Degree of Saturation (Sr)	92,266	74,90 - 99,73	89,26	71,65 - 99,64	3,37 > Wash

4.2.1 Perbedaan Kadar Air Tanah dan Derajat Kejenuhan Dari Pengeboran Kering dan Basah

Kadar air rata-rata yang diperoleh pada sampel dari pekerjaan pengeboran kering 62,21%, sedangkan dari pengeboran basah kadar rata-ratanya sebesar 61,95 % lebih kecil

sedikit dari pada hasil pengeboran kering. Hipotesisnya adalah bahwa karena pengeboran basah lebih banyak menggunakan air dalam pengeborannya, maka kadar air dari pengeboran basah akan lebih besar dari pengeboran kering. Karena air kerja dalam pengeboran basah akan penetrasi ke tanah di lubang bor sehingga kadar airnya lebih tinggi. Dalam hal ini dimana dua bor dilakukan pada Januari 2018 dan 2 bor lainnya dilakukan pada Desember 2018, sehingga pengaruh curah hujan di Januari lebih besar dari Desember, dengan demikian kemungkinan besar terjadinya oleh sebab perbedaan cuaca pada saat pengeboran dilakukan.

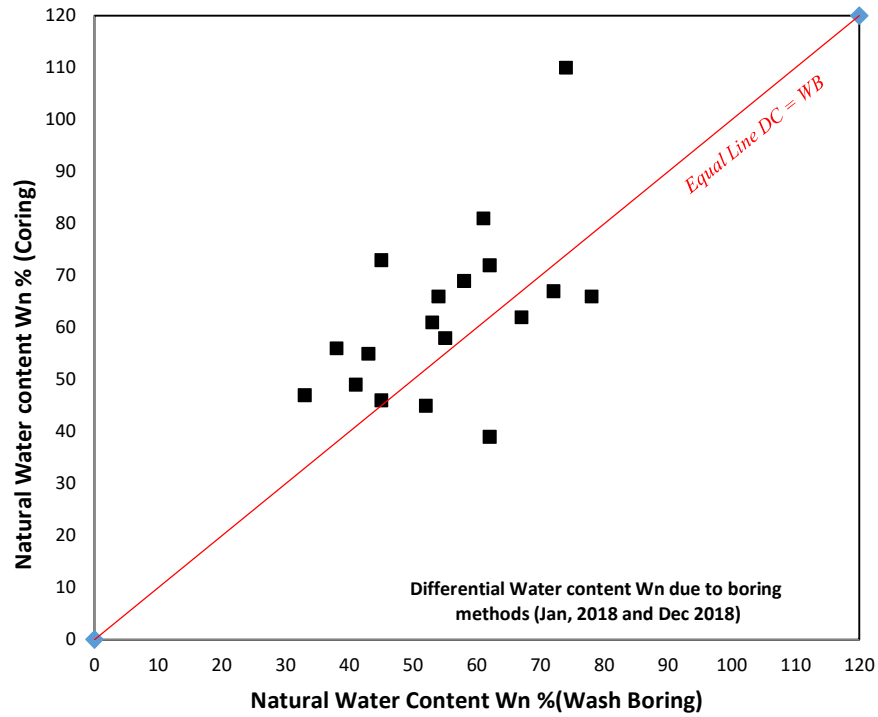
Kadar air dan berat isi tanah pada tabung contoh tanah tak terganggu dilakukan pengujian pada bagian atas, tengah dan bawah tabung. Pada Tabel 4.9 menunjukkan hasil nilai kadar air dan berat isi tanah pada bagian atas, tengah dan bawah tabung contoh tanah tidak terganggu yang didapat dari pengeboran kering di bulan Januari dan Desember 2018. Sementara pada Tabel 4.10 menunjukkan hasil nilai kadar air dan berat isi tanah pada bagian atas, tengah dan bawah tabung contoh tanah tidak terganggu yang didapat dari pengeboran basah di bulan Januari dan Desember 2018. Parameter ini diperlukan untuk mencari korelasinya terhadap penetrasi air dari air kerja pada pekerjaan *wash boring* kedalam tabung, sehingga dapat mempengaruhi parameter lainnya, terutama parameter kuat geser.

Tabel 4.9. Hasil nilai kadar air (wn) dan berat isi tanah (γ) dari bagian atas, tengah dan bawah pada contoh tanah tak terganggu hasil pengeboran kering (DB-1 dan DB-3)

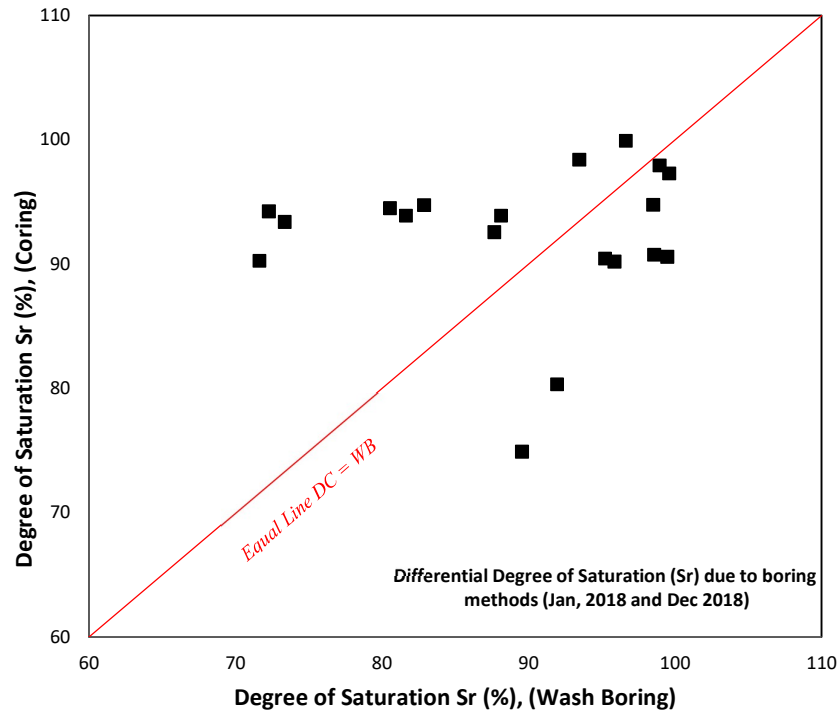
Dry Coring	Depth	Water content in Shelby Tube Sample, %(Wn)			Bulk Density, t/m ³ (γ)		
		Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
DB-1 January 2018	1.00 - 1.50	55,32	62,50	63,41	1,65	1,47	1,52
	2.50 - 3.00	52,17	47,96	63,41	1,58	1,64	1,52
	4.00 - 4.50	53,68	54,84	64,20	1,65	1,63	1,50
	5.50 - 6.00	61,63	57,95	55,06	1,57	1,57	1,56
	7.00 - 7.50	56,82	68,75	72,29	1,56	1,53	1,62
	8.50 - 9.00	80,00	76,00	69,14	1,53	1,59	1,55
	11.50 - 12.00	180,00	135,71	131,03	1,37	1,48	1,54
	14.50 - 15.00	81,82	85,71	89,55	1,36	1,47	1,44
	16.00 - 16.50	82,43	78,67	75,64	1,53	1,52	1,55
DB-3 December 2018	17.50 - 18.00	62,79	59,77	55,91	1,58	1,57	1,64
	1.00 - 1.50	48,36	44,55	48,42	1,54	1,60	1,61
	2.50 - 3.00	47,47	46,71	46,17	1,53	1,58	1,63
	4.00 - 4.50	45,65	46,63	46,63	1,65	1,72	1,67
	5.50 - 6.00	47,07	50,09	56,53	1,70	1,63	1,58
	7.00 - 7.50	57,63	59,39	55,63	1,57	1,62	1,63
	8.50 - 9.00	77,47	79,57	78,60	1,52	1,51	1,49
	11.50 - 12.00	74,68	66,67	81,72	1,51	1,53	1,59
	13.00 - 13.50	78,59	79,80	84,63	1,45	1,41	1,45
14.50 - 15.00	56,08	69,34	85,42	1,54	1,53	1,46	

Tabel 4.10. Hasil nilai kadar air (wn) dan berat isi tanah (γ) dari bagian atas, tengah dan bawah pada contoh tanah tak terganggu hasil pengeboran basah (DB-2 dan DB-4)

Wash Boring	Depth	Water content in Shelby Tube Sample, %(Wn)			Bulk Density, t/m ³ (γ)		
		Upper	Middle	Lower	Upper	Middle	Lower
DB-2 January 2018	1.00 - 1.50	54,35	70,89	76,71	1,61	1,53	1,46
	2.50 - 3.00	53,13	56,67	58,82	1,66	1,59	1,53
	4.00 - 4.50	52,08	53,76	56,98	1,65	1,62	1,53
	5.50 - 6.00	69,51	77,03	78,57	1,57	1,48	1,41
	7.00 - 7.50	68,67	74,67	72,73	1,58	1,48	1,29
	8.50 - 9.00	64,20	63,10	77,14	1,50	1,55	1,46
	11.50 - 12.00	98,15	85,51	83,10	1,21	1,45	1,47
	14.50 - 15.00	54,17	59,09	81,08	1,67	1,58	1,52
	16.00 - 16.50	76,71	65,43	70,73	1,46	1,52	1,58
DB-4 December 2018	17.50 - 18.00	87,50	70,27	67,53	1,36	1,43	1,46
	1.00 - 1.50	54,96	53,57	51,87	1,48	1,56	1,49
	2.50 - 3.00	51,16	56,71	50,41	1,54	1,58	1,64
	4.00 - 4.50	50,78	49,41	50,78	1,63	1,68	1,64
	5.50 - 6.00	56,87	49,37	48,53	1,53	1,68	1,63
	7.00 - 7.50	53,68	54,15	53,22	1,61	1,60	1,59
	8.50 - 9.00	75,02	76,15	76,21	1,57	1,56	1,57
	11.50 - 12.00	84,36	68,61	86,18	1,46	1,60	1,48
13.00 - 13.50	62,10	75,49	75,84	1,50	1,51	1,52	
14.50 - 15.00	73,13	80,73	68,84	1,51	1,50	1,60	



Gambar 4.2 Perbedaan kadar air asli dari sampel yang diperoleh dari pengeboran kering dan basah



Gambar 4.3 Perbedaan drajat kejenuhan (Sr) dari sampel yang diperoleh dari pengeboran kering dan basah

Dari 19 data kadar air yang diperoleh dari pengeboran kering dibandingkan 19 data kadar air dari pengeboran basah pada setiap pada masing-masing data di kedalaman yang sama, diperoleh 5 data yang kadar air dari pengeboran basah lebih besar dari pengeboran kering. Selebihnya sebanyak 14 data lainnya kadar air dari pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah. Kadar air rata-rata pengeboran kering lebih besar sebesar 0,52% dari pengeboran basah, seperti semuanya dapat dilihat pada Tabel 4.8. Perilaku perbedaan kadar air asli tanah dari dua metode pengeboran dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Identik dengan perilaku kadar air, drajat kejenuhan (S_r) rata-rata yang diperoleh pada sampel dari pekerjaan pengeboran kering 92,27 %, sedangkan dari pengeboran basah kadar rata-ratanya sebesar 89,26 % lebih kecil sedikit dari pada hasil pengeboran kering. Seperti pada kadar air, hipotesisnya adalah bahwa karena pengeboran basah lebih banyak menggunakan air dalam pengeborannya, maka drajat kejenuhan dari pengeboran basah akan lebih besar dari pengeboran kering. Karena air kerja dalam pengeboran basah akan penetrasi ke tanah di lubang bor sehingga drajat kejenuhannya lebih tinggi. Dalam hal ini dimana dua bor dilakukan pada Januari 2018 dan 2 bor lainnya dilakukan pada Desember 2018, sehingga pengaruh curah hujan di Januari lebih besar dari Desember, dengan demikian kemungkinan besar terjadinya oleh sebab perbedaan cuaca pada saat pengeboran dilakukan.

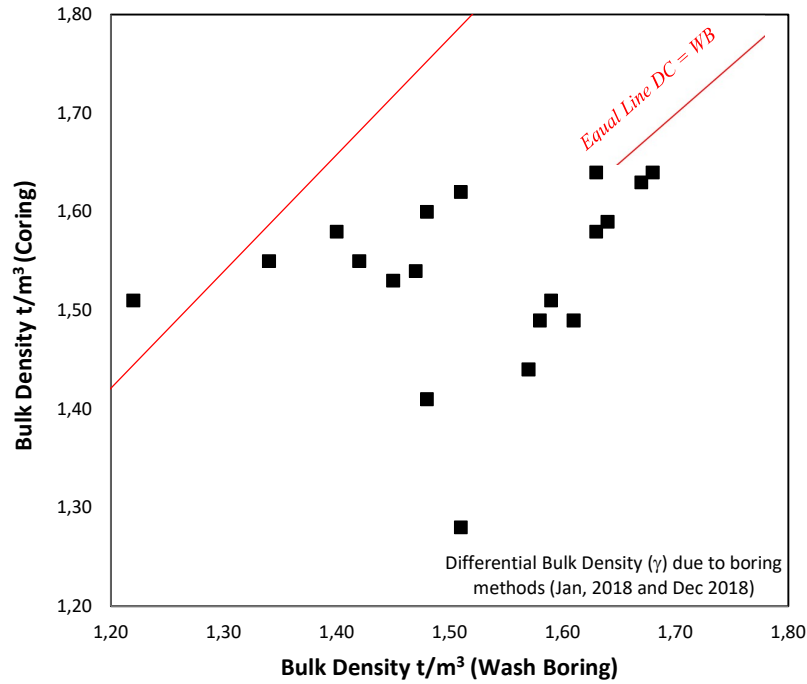
Namun dari 19 data drajat kejenuhan yang diperoleh dari pengeboran kering dibandingkan 19 data drajat kejenuhan dari pengeboran basah pada setiap pada masing-masing data di kedalaman yang sama, diperoleh 9 data yang drajat kejenuhan dari pengeboran basah lebih besar dari pengeboran kering. Selebihnya sebanyak 10 data lainnya kadar air dari pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah. Drajat kejenuhan rata-rata pengeboran kering lebih besar sebesar 3,37 % dari pengeboran basah, seperti semuanya dapat dilihat pada

Tabel 4.8. Perilaku perbedaan drajat kejenuhan tanah dari dua metode pengeboran dapat dilihat pada Gambar 4.3.

4.2.2 Perbedaan Berat Isi Tanah Dari Pengeboran Kering dan Basah

Berat isi tanah (γ) rata-rata yang diperoleh dari sampel tanah pengeboran kering sebesar $1,532 \text{ t/m}^3$, sedangkan dari pengeboran basah sebesar $1,52 \text{ t/m}^3$. Sehingga rata-rata berat isi tanah dari pengeboran kering parameternya $0,79 \%$ lebih besar dari pada yang diperoleh dari pengeboran basah. Lebih besarnya berat ini tanah dari pengeboran kering ini dari pengeboran basah mengidentifikasi bahwa pada pengeboran kering pengaruh *disturbance* saat pengambilan sampel lebih baik dari pengeboran basah. Ikhtisar ini dapat dilihat pada Table 4.8.

Pada Gambar 4.4 dibawah ini menunjukkan bahwa dari 19 data berat isi kering dari masing masing metode pengeboran, diperoleh data bahwa 9 data berat isi tanah diatas *equal line*, sedangkan 10 data dibawah *equal line*. Ini artinya berat isi tanah dari pengeboran basah jumlah datanya lebih banyak yang lebih kecil dari berat isi tanah dari pengeboran kering, Namun bila hasil parameternya masing-masing dirata-ratakan, maka hasilnya bahwa berat isi tanah dari pengeboran kering lebih besar $0,79\%$ dari pengeboran basah. Hal ini seperti dapat dilihat pada Gambar 4.4

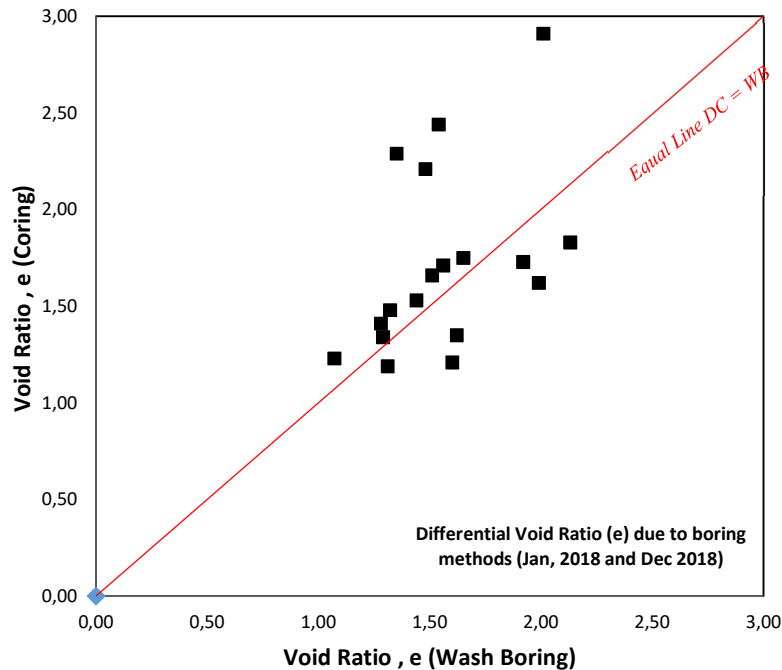


Gambar 4.4 Perbedaan berat isi tanah (γ) dari pengeboran kering dan pengeboran basah yang dilakukan pada bulan Januari dan Desember 2018

4.2.3 Perbedaan Angka Pori (e) Dari Pengeboran Kering dan Basah

Angka pori (e) rata-rata yang diperoleh pada sampel dari pekerjaan pengeboran kering 1,729, sedangkan dari pengeboran basah kadar rata-ratanya sebesar 1,73. Perbedaan angka pori rata-rata yang sangat kecil sehingga hasil pengeboran kering relatif sama dengan pengeboran basah. Selisih sebesar 0,06 % relatif kecil sekali, seperti dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Mana kala dilihat penyebaran dari 19 data angka pori tersebut, didapat 6 angka pori dari pengeboran basah lebih besar dari pengeboran kering. Selebihnya sebanyak 13 data, angka pori dari pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah atau diatas garis *equal line* . Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perbedaan angka pori (e) dari pengeboran kering dan pengeboran basah yang dilakukan pada bulan Januari dan Desember 2018

4.3 Pengaruh Pengeboran Kering dan Basah Terhadap Konsistensi Tanah

Akibat perbedaan metode pengeboran antara pengeboran kering dan pengeboran basah, maka dilihat pula perbedaan antara konsistensi berupa Liquid Limits (batas cair) LL, Plastic Limits (batas plastis) PL, dan Plasticity Index (Indeks plastisitas) PI. Untuk mendapatkan perbedaan konsistensi tersebut maka diambil dari contoh tanah tak terganggu dari dua metode pengeboran di kedalaman yang sama. Dan dilakukan sampai kedalaman 18.00 m, yang semuanya merupakan tanah lempung lelembung (*Silty Clay*). Ikhtisar hasil uji consistency tanah dari sampel tak terganggu pengeboran kering dan basah yang dilakukan masing-masing pada bulan Januari 2018 dan Desember 2018 dapat dilihat hasilnya pada Tabel. 4.11. Sedangkan dalam Table 4.12 disajikan hasil rata-rata dari seluruh pengujian consistency tanah berupa

Liquid Limit (LL) , Plastic Limit (PL) dan Plasticity Index (PI) dari seluruh pengeboran kering dan basah.

Tabel 4.11 Ikhtisar hasil uji Atterberg (*consistency*) tanah dari sampel tanah tak terganggu pada bulan Januari 2018 dan Desember 2018

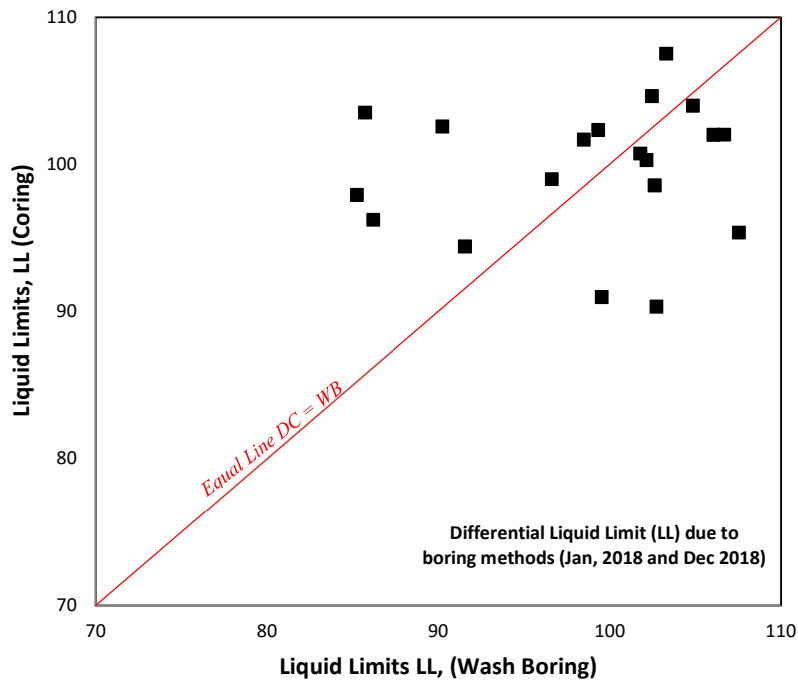
Date of Tested	Depth	DRY CORING			WASH BORING		
		ATTEBERG LIMIT			ATTEBERG LIMIT		
		LL	PL	PI	LL	PL	PI
JAN, 2018	1,00 -1,50	104,64	45,13	59,51	102,47	47,03	55,44
	2,50 - 3,00	104,00	46,80	57,20	104,86	44,21	60,65
	4,00 - 4,50	100,28	42,47	57,81	102,15	45,85	56,30
	5,50 - 6,00	102,33	46,03	56,30	99,32	42,56	56,76
	7,00 -7,50	99,01	41,63	57,38	96,63	42,14	54,49
	8,50 - 9,00	101,68	45,82	55,86	98,49	40,94	57,55
	11,50-12,00	107,53	49,50	58,03	103,30	47,99	55,31
	14,50-15,00	90,33	41,63	48,70	102,74	49,42	53,32
	16,00-16,50	102,03	46,96	55,07	106,68	50,55	56,13
17,50-18,00	102,00	43,59	58,41	106,05	48,77	57,28	
DEC,2018	1,00 -1,50	100,74	37,95	62,79	101,79	45,82	55,97
	2,50 - 3,00	98,58	41,50	57,08	102,62	44,64	57,98
	4,00 - 4,50	95,35	38,82	56,53	107,54	49,50	58,04
	5,50 - 6,00	94,41	40,08	54,33	91,55	33,33	58,22
	7,00 -7,50	90,98	36,40	54,58	99,53	54,17	45,36
	8,50 - 9,00	96,24	47,32	48,92	86,20	53,36	32,84
	11,50-12,00	103,52	47,99	55,53	85,73	56,60	29,13
	13,00-13,50	102,57	45,85	56,72	90,23	41,85	48,38
	14,50-15,00	97,91	46,95	50,96	85,25	47,28	37,97
Rata-rata Januari 18		101,38	44,96	56,43	102,27	45,95	56,32
Rata-rata Desember 18		97,81	42,54	55,27	94,49	47,39	47,10
Rata-rata Jan to Dec 18		99,69	43,81	55,88	98,59	46,63	51,95

Tabel 4.12 Hasil Rata-rata consistency tanah keseluruhan dari pengeboran kering dan basah

Parameter	Type of Bored	Average	Min and Max	Summary from % Coring
Liquid Limit (LL)	Dry Coring	99,69	90,98 - 107,53	1,12% > Wash Bored
Plastic Limit (PL)	Dry Coring	43,81	36,4 - 49,5	6,05% < Wash Bored
Plasticity Index (PI)	Dry Coring	55,88	48,7 - 62,79	7,55% > Wash Bored
Liquid Limit (LL)	Wash Bored	98,59	85,73 - 107,54	
Plastic Limit (PL)	Wash Bored	46,63	33,33 - 54,17	
Plasticity Index (PI)	Wash Bored	51,95	29,13 - 60,66	

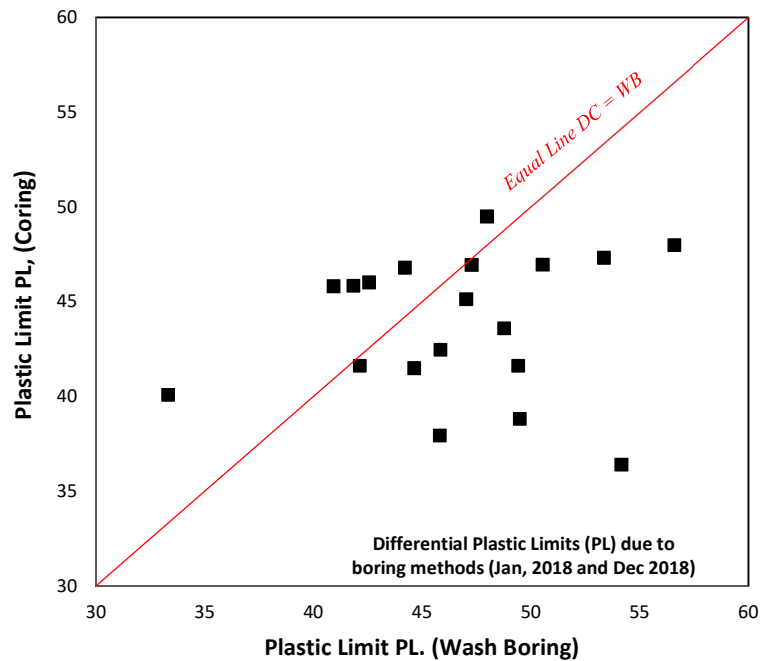
4.3.1 Perbedaan *Liquid Limit* (LL) Dari Tanah Pengeboran Kering dan Basah

Hasil uji laboratorium batas-batas Atterberg, berupa *Liquid Limits*, *Plastic Limit* dan *Plasticity Index*, menunjukkan bahwa pada umumnya perbedaan metoda pengeboran tidak terdapat hasil yang berbeda secara signifikan. Bahkan dari gambar 4.6 diperoleh bahwa *Liquid Limit* dari sampel tidak terganggu pengeboran kering relatif sama terhadap sampel dari pengeboran basah



Gambar 4.6 Perbedaan *liquid limit* (LL) dari sampel pengeboran kering dan basah

4.3.2 Perbedaan *Plastic Limit* (PL) Dari Tanah Pengeboran Kering dan Basah



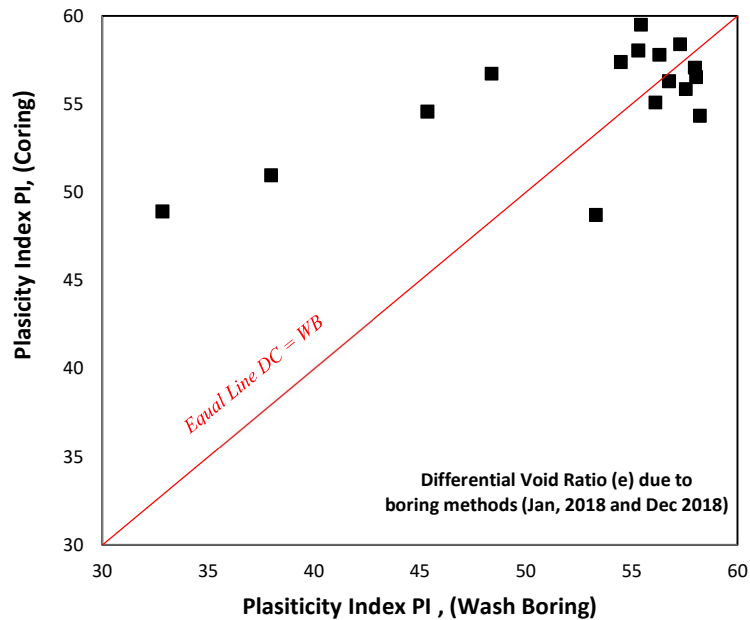
Gambar 4.7 Perbedaan palstic limit (PL) dari sampel pengeboran kering dan basah

Pada Gambar 4.7 hubungan batas plastis antara sampel dari pengeboran basah relatif sedikit lebih besar dibanding dari sampel pengeboran kering.

Akibat perbedaan diatas, maka Indeks Plastisitas dari sampel pengeboran kering sedikit lebih besar dari pada pengeboran basah, seperti hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.8 dibawah ini.

Secara umum pengaruh sampel tidak terganggu dari pengeboran basah dan pengeboran kering tidak terjadi perbedaan yang sangat signifikan di dalam penentuan batas-batas Attrebergnya (konsistensi).

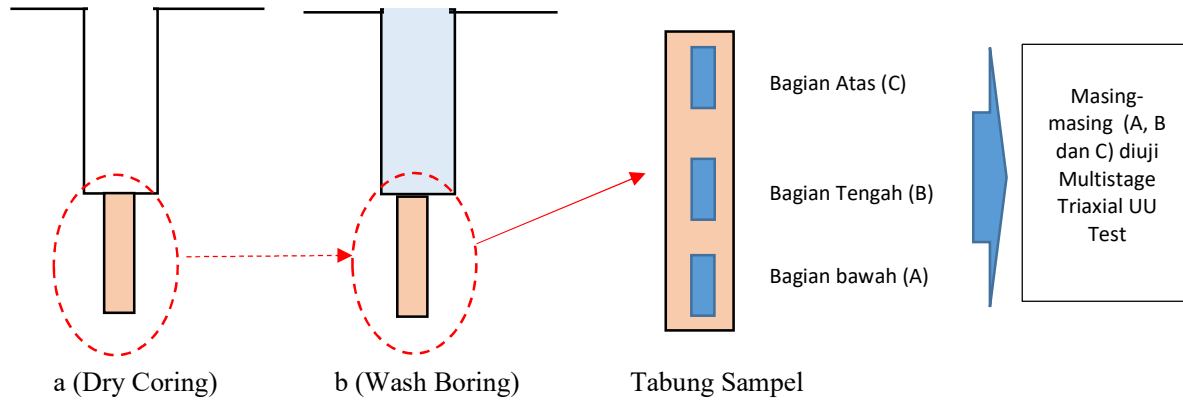
4.3.3 Perbedaan *Plasticity Index* (PI) Dari Pengeboran Kering dan Basah



Gambar 4.8 Perbedaan *plasticity index* (PI) dari sampel pengeboran kering dan basah

4.4 Pengaruh Metode Pengeboran Kering dan Basah Terhadap Perilaku Parameter Kuat Geser

Khusus untuk parameter kuat geser yang berhubungan berat dengan kekuatan, maka pada setiap tabungnya sampel diambil tiga bagian dari tabung, bagian atas, tengah dan bawah. Ketiga bagian ini diambil untuk dapat diketahui pengaruh dari pemakaian air pada pengeboran basah terhadap perubahan parameter kuat gesernya. Kekuatan geser berupa kohesi tak tersalir (undrained) dan sudut geser dalam (ϕ) didapat dari pengujian *Multi Stage Triaxial UU Test*. Dimana satu contoh tanah diuji dengan variasi kenaikan tegangan keliling yang berbeda. Dari 1 contoh sample tanah diperoleh tiga lingkaran mohr, sehingga selubung keruntuhan mohr dapat dibuat dan kohesi dan sudut geser dalam undrained dapat ditentukan. Ilustrasi pengambilan dari lubang bor seperti pada Gambar 4.9 berikut:



Gambar 4.9 Skematik pengambilan sampel tabung dan sampel uji *multistage triaxial uu test*

Tabel 4.13 Hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran kering di bulan Januari 2018 dan Desember 2018

CONDITION	Position in Tube Sample	DRY CORING							
		JANUARY 2018				DECEMBER 2018			
		cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)	cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)
Average parameter in every season for all depth	Upper	0,024	15,0	76,7	1,5	0,591	11,6	59,22	1,6
	Middle	0,027	14,4	72,786	1,547	0,532	12,3	60,31	1,57
	Lower	0,078	10,9	73,964	1,544	0,482	13,4	64,9	1,6
	average	0,043	13,433	74,472	1,543	0,535	12,444	61,463	1,569

Tabel 4.14 Hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran basah di bulan Januari 2018 dan Desember 2018

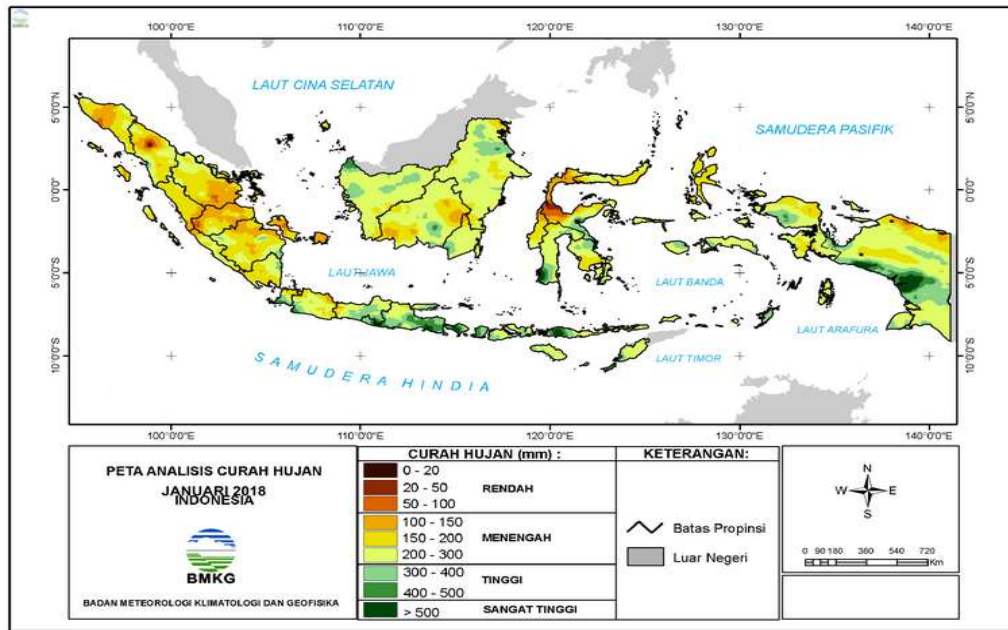
CONDITION	Position in Tube Sample	WASH BORING							
		JANUARY 2018				DECEMBER 2018			
		cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)	cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)
Average parameter in every season for all depth	Upper	0,035	10,1	67,847	1,527	0,544	8,3	62,5	1,5
	Middle	0,045	8,4	67,642	1,523	0,458	9,2	62,7	1,6
	Lower	0,056	8,7	72,339	1,471	0,418	9,8	62,4	1,6
	average	0,045	9,067	69,276	1,507	0,473	9,111	62,523	1,565

Tabel 4.15 Hasil uji kuat geser rata-rata pada sampel dari pengeboran kering dan basah di bulan Januari 2018 dan Desember 2018

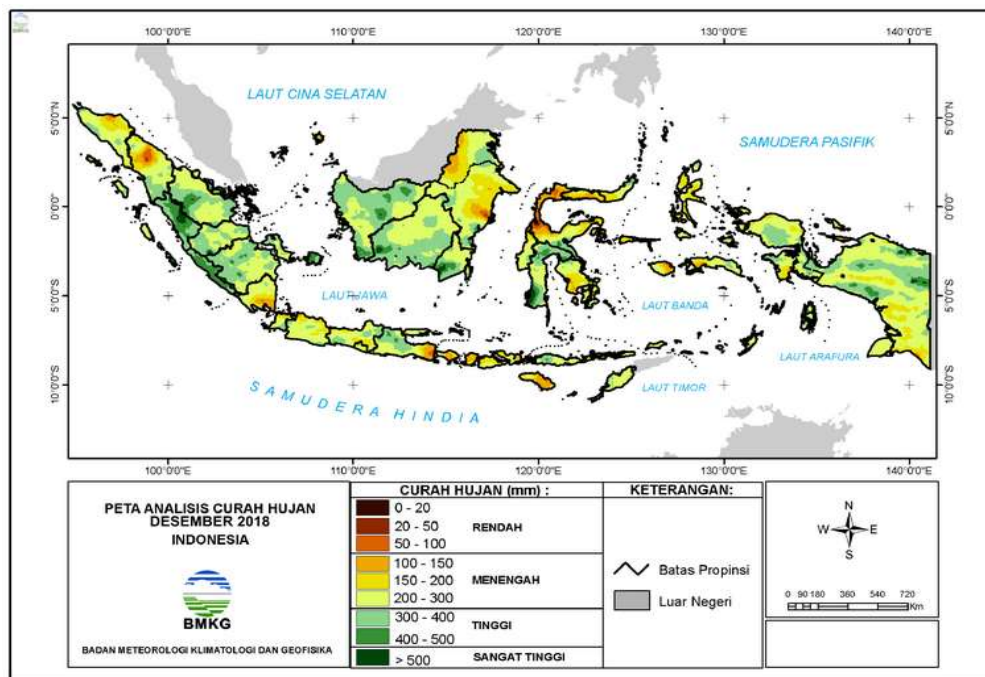
CONDITION	Position in Tube Sample	JANUARY and DECEMBER 2018				JANUARY and DECEMBER 2018			
		DRY CORING				WASH BORING			
		cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)	cu (kg/cm ²)	φ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)
Average parameter in all season	Top	0,292	13,4	68,4	1,5	0,276	9,3	65,3	1,5
	Middle	0,266	13,4	66,9	1,6	0,241	8,8	65,3	1,6
	Lower	0,269	12,1	69,7	1,6	0,227	9,2	67,6	1,5
	average	0,276	12,965	68,310	1,553	0,248	9,088	66,077	1,535

Pada Table 4.13 disampaikan hasil kuat geser (C_u dan ϕ) serta index propertis (W_n dan γ) rata-rata pada seluruh sampel tidak terganggu dari pengeboran kering yang dilakukan pada Januari 2018 dan Desember 2018. Pada setiap tabung sample tidak terganggu masing-masing diuji pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel. Manakana pada Table 4.13 disampaikan hasil kuat geser (C_u dan ϕ) serta index propertis (W_n dan γ) rata-rata pada seluruh sampel tidak terganggu dari pengeboran basah yang dilakukan pada Januari 2018 dan Desember 2018. Pada setiap tabung sample tidak terganggu masing-masing diuji pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel. Sedangkan pada Table 4.15 disampaikan hasil kuat geser (C_u dan ϕ) serta index propertis (W_n dan γ) rata-rata pada seluruh sampel tidak terganggu dari pengeboran kering dan basah yang dilakukan pada Januari 2018 dan Desember 2018. Pada setiap tabung sample tidak terganggu masing-masing diuji pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel.

Pada pengeboran di bulan Januari terlihat bahwa kohesi dari pengeboran basah rata rata lebih kecil dari pengeboran kering. Efek pengeboran basahnya terlihat bahwa sampel diatas dengan kontasimasi air, kohesinya lebih kecil dibandingkan di tengah dan bawahnya, dapat dilihat pada Tabel 4.12. Curah hujan yang lebih besar pada bulan Januari dari pada bulan Desember 2018 menghasilkan kohesi rata rata di bulan Januari lebih kecil dibandingkan Desember 2018. Hal ini terjadi dari sampel pengeboran kering maupun pada sampel pengeboran basah. Kecuali pada parameter sudut geser dalamnya (ϕ) tidak berpengaruh terhadap cuacanya. Perbedaan curah hujan pada bulan Januari dan Desember dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.10 Curah hujan di Indonesia Januari 2018 (www.bmkg.co.id)



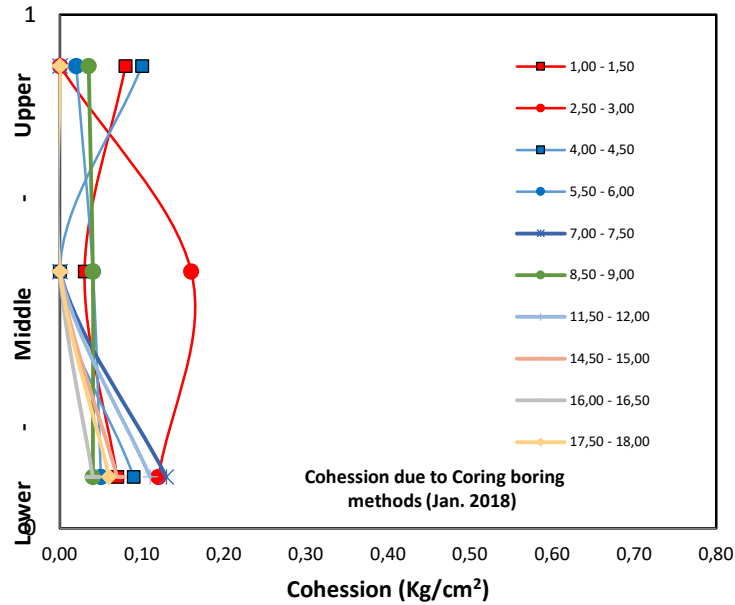
Gambar 4.11 Curah hujan di Indonesia Desember 2018 (www.bmkg.co.id)

4.4.1 Kuat Geser Undrained Dari Pengeboran Kering

Pada sampel tak terganggu dari pengeboran kering dilakukan pengambilan sampel untuk pengujian kuat geser tamah dengan *Triaxial Multistage UU Test*. Sampe *Triaxial* tersebut di ambil pada bagian atas, tengah dan bawah tabung, untuk melihat penyebaran kuat geser tanah di sepanjang tabung sampel (*Shelby Tube Sampler*). Pada Gambar 4.12 dibawah ini didapat penyebaran hasil kohesi undrained dari bagian atas, tengah dan bagian bawah tabung dari pengehoran kering dengan rentang nilai kohesi anata 0 kg/cm^2 sampai dengan $0,16 \text{ kg/cm}^2$ pada Januari 2018. Sedangkan pada Desember 2018 penyebaran hasil kohesi undrained di atas, tengah dan bagian bawah tabung dengan rentang nilai kohesi anata $0,48 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $0,72 \text{ kg/cm}^2$. Jarak titik bor pada Januari dan Desember 2018 sejarak 4,00 meter yang relatif dekat, sedangkan perbedaan kohesi yang terjadi karena pengaruh curah hujan pada bulan Januari yang relatif lebih tinggi di dibandingkan pada bulan Desember 2018.

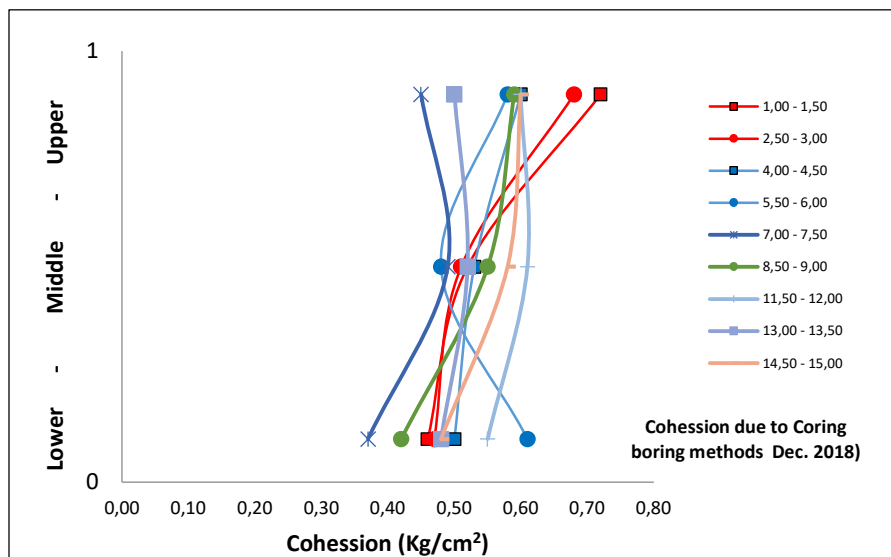
Kohesi rata rata pada bulan Januari 2018 pada seluruh sampel pengeboran kering lebih kecil dari pada kohesi pada bulan Desember 2018. Distribusi kohesi pada bagian atas, tengah dan bawah 10 sampel tidak terganggu dari pengeboran kering pada bulan Januari 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.12. Sementara kohesi untuk bulan Desember dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.

Sudut geser dalam rata rata pada bulan Januari 2018 pada seluruh sampel pengeboran kering fluktuasi sudut geser dalamnya lebih besar dari pada sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Distribusi sudut geser dalam pada bagian atas, tengah dan bawah 10 sampel tidak terganggu dari pengeboran kering pada bulan Januari 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.14. Sementara sudut geser dalam untuk bulan Desember dapat dilihat pada Gambar 4.15 .

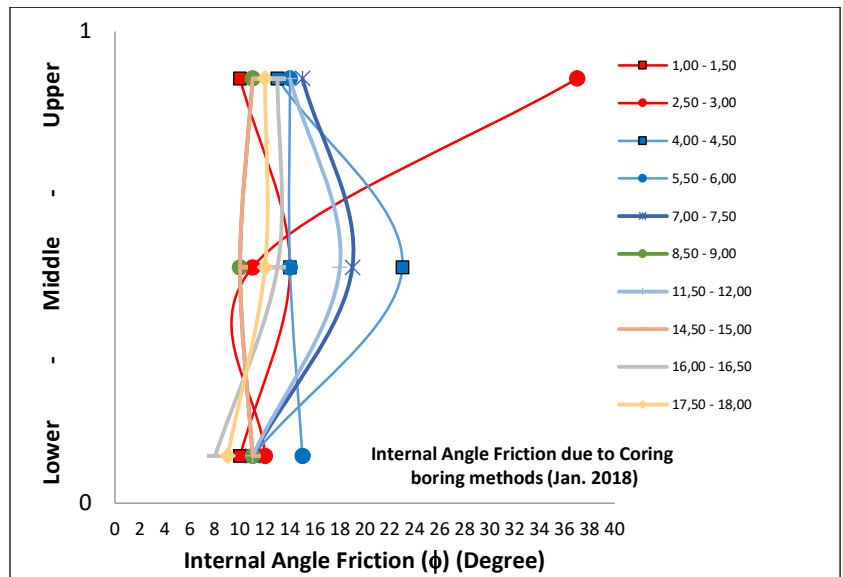


Gambar 4.12 Kohesi undrained yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Januari 2018

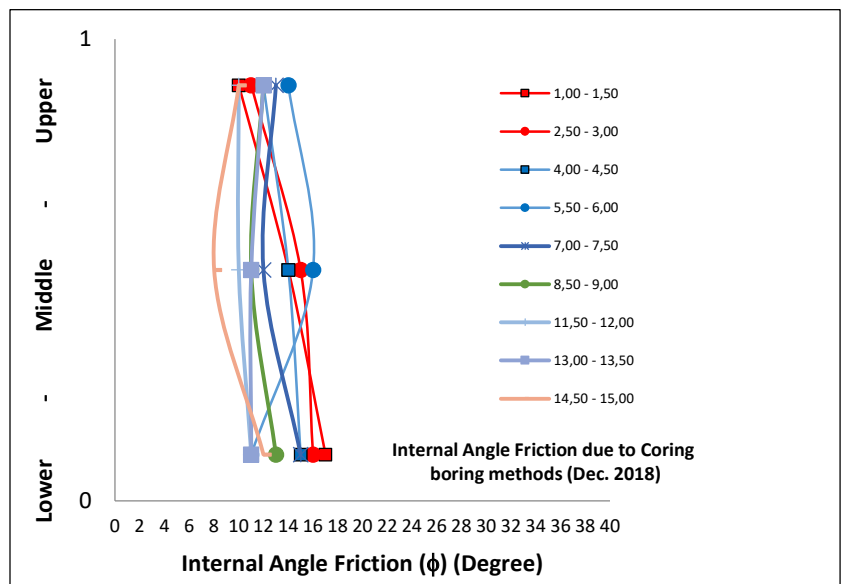
Rentang sudut geser dalam dari 19 sampel hasil pengeboran kering pada bulan Januari 2018 antara 8° hingga 37° (Gambar 4.14), sementara pada bulan Desember 2018 antara 8° dan 17° seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.13 Kohesi undrained yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Desember 2018



Gambar 4.14 Sudut geser dalam undrained (ϕ) yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Januari 2018



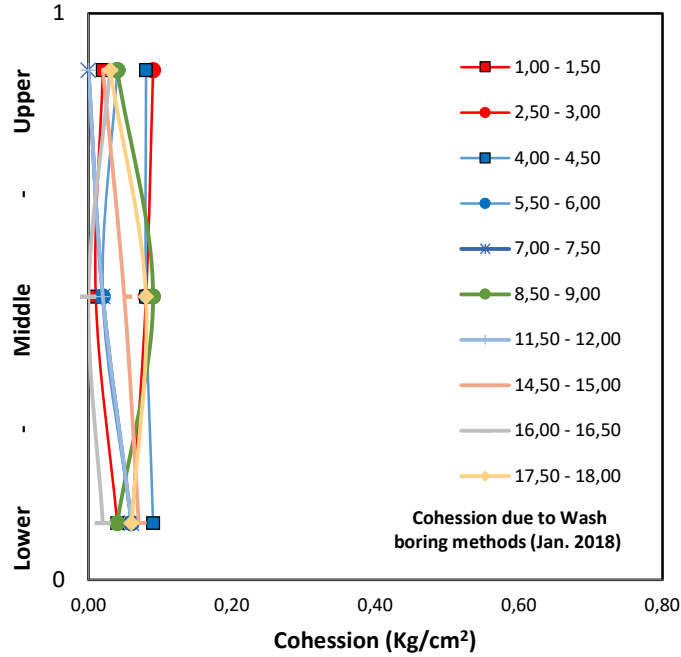
Gambar 4.15 Sudut geser dalam undrained (ϕ) yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering pada Desember 2018

4.4.2 Kuat Geser Undrained Dari Pengeboran Basah

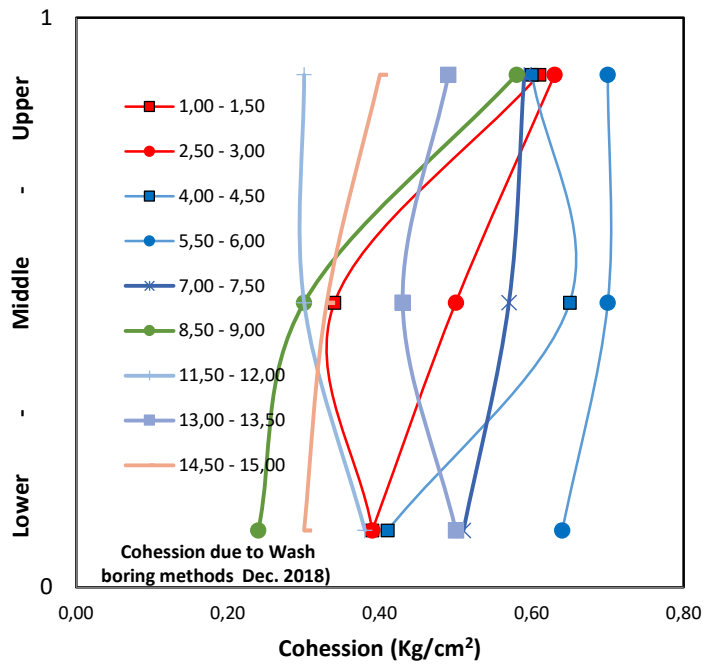
Pada sampel tak terganggu dari pengeboran basah dilakukan pengambilan sampel untuk pengujian kuat geser tamah dengan *Triaxial Multistage UU Test*. Sampel *Triaxial* tersebut di ambil pada bagian atas, tengah dan bawah tabung, untuk melihat penyebaran kuat geser tanah di sepanjang tabung sampel (*Shelby Tube Sampler*). Pada Gambar 4.16 dibawah ini didapat penyebaran hasil kohesi undrained dari bagian atas, tengah dan bagian bawah tabung dari pengeboran kering dengan rentang nilai kohesi antara 0 kg/cm^2 sampai dengan $0,10 \text{ kg/cm}^2$ pada Januari 2018. Sedangkan pada Desember 2018 penyebaran hasil kohesi undrained di atas, tengah dan bagian bawah tabung dari pengeboran basah dengan rentang nilai kohesi antara $0,22 \text{ kg/cm}^2$ sampai dengan $0,72 \text{ kg/cm}^2$. Jarak titik bor pada Januari dan Desember 2018 sejarak 4,00 meter yang relatif dekat, sedangkan perbedaan kohesi yang terjadi karena pengaruh curah hujan pada bulan Januari yang relatif lebih tinggi di bandingkan pada bulan Desember 2018.

Kohesi rata rata pada bulan Januari 2018 pada seluruh sampel dari pengeboran basah lebih kecil dari pada kohesi pada bulan Desember 2018. Distribusi kohesi pada bagian atas, tengah dan bawah 10 sampel tidak terganggu dari pengeboran basah pada bulan Januari 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.16. Sementara kohesi untuk bulan Desember dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut.

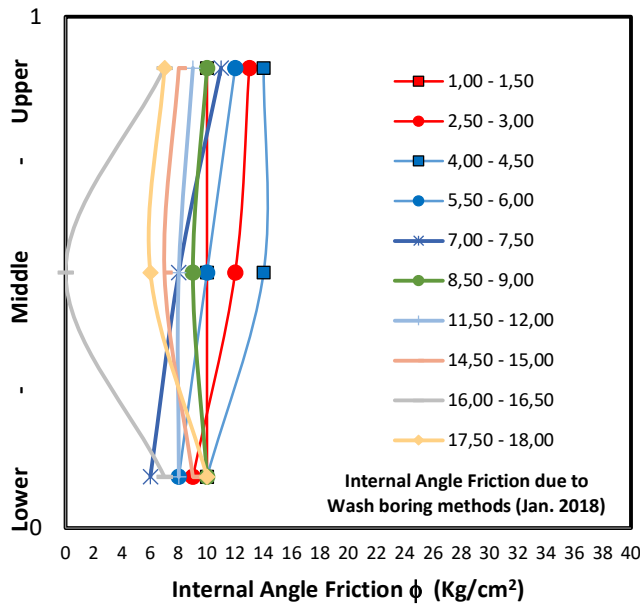
Sudut geser dalam rata rata pada bulan Januari 2018 pada seluruh sampel pengeboran basah fluktuasi sudut geser dalamnya kurang lebih sama dari pada sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Distribusi sudut geser dalam pada bagian atas, tengah dan bawah 10 sampel tidak terganggu dari pengeboran basah pada bulan Januari 2018 dapat dilihat pada Gambar 4.18. Sementara sudut geser dalam untuk bulan Desember dapat dilihat pada Gambar 4.19 .



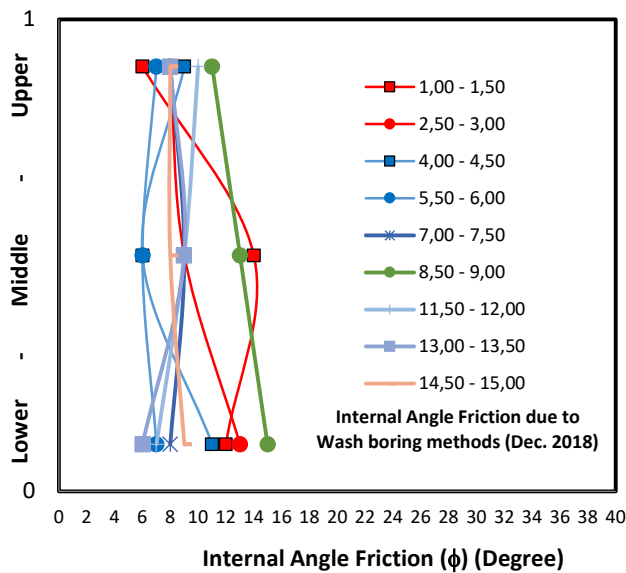
Gambar 4.16 Kohesi undrained yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Januari 2018



Gambar 4.17 Kohesi undrained yang dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Desember 2018



Gambar 4.18 Sudut geser dalam undrained (ϕ) yang dilakukan pada bagian bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Januari 2018



Gambar 4.19 Sudut geser dalam undrained (ϕ) yang dilakukan pada bagian bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran basah pada Desember 2018

4.4.3 Kuat Geser Undrained Dari Sampel Pengeboran Kering dan Basah Pada Januari 2018 Dan Desember 2018

Perbedaan parameter kuat geser rata-rata dari sampel triaxial yang dilakukan pengujian pada bagian atas, tengah dan bawah disetiap tabung, parameternya dibandingkan antara sampel dari pengeboran kering. Semuanya di rata-ratakan dari tipe pengeboran yang sejenis untuk bulan Januari 2018 dan Desember 2018.

Perbedaan rata-rata diperoleh bahwa kohesi pada bulan Januari 2018 lebih kecil dari pada kohesi pada bulan Desember 2018 dari sampel pengeboran kering. Kohesi dari pengeboran kering bulan Januari 2018 bagian atas, tengah dan bawah sampel berturut turut sebesar 96 %, 94,9% dan 83,8 % lebih kecil dari kohesi pada bulan Desember 2018. Penurunan kohesi rata-rata pada pengeboran kering di bulan Januari 2018 lebih kecil 92 % dari kohesi rata-rata di bulan Desember 2018.

Kenaikan properties dari pengeboran kering berupa kadar air rata-rata (W_n) pada bulan Januari 2018 sebesar 21,2% dan berat isi tanah rata-rata turun sebesar 1,6% dari pada bulan Desember 2018. Perubahan ini sangat berhubungan dengan penurunan kohesi rata-rata, namun tidak untuk sudut geser dalamnya. Secara umum pada tanah kohesif, kuat geser tanah besarnya sangat tergantung dari kadar air serta kepadatan tanahnya. Kadar air tambah tinggi kuat geser tambah turun, kepadatan tambah tinggi kuat geser akan naik, begitu pula sebaliknya. Hasil lengkapnya data rata-rata kohesi, sudut geser dalam serta sifat indeks nya berupa kadar air rata-rata dan berat isi tanah rata-rata, dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut ini.

Table 4.16 Perbedaan hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran kering di bulan Januari 2018 terhadap Desember 2018

CONDITION	Position in Tube Sample	PERBEDAAN % ANTARA JANUARI TERHADAP DESEMBER 2018 (DRY CORING) - (minus) Lebih Kecil + (plus) Lebih Besar			
		cu (kg/cm ²)	ϕ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)
Average parameyer in every season for all depth	Upper	-96,0%	29,8%	29,5%	-1,9%
	Middle	-94,9%	16,8%	20,7%	-1,5%
	Lower	-83,8%	-18,9%	14,0%	-1,5%
	average	-92,0%	7,9%	21,2%	-1,6%

Perbedaan parameter kuat geser rata-rata dari sampel triaxial yang dilakukan pengujian pada bagian atas, tengah dan bawah disetiap tabung, parameternya dibandingkan antara sampel dari pengeboran basah. Semuanya di rata-ratakan dari tipe pengeboran yang sejenis untuk bulan Januari 2018 dan Desember 2018.

Perbedaan rata-rata diperoleh bahwa kohesi pada bulan Januari 2018 lebih kecil dari pada kohesi pada bulan Desember 2018 dari sampel pengeboran basah. Kohesi dari pengeboran basah bulan Januari 2018 bagian atas, tengah dan bawah sampel berturut turut sebesar 93,6 % ,90,2% dan 86,6 % lebih kecil dari kohesi pada bulan Desember 2018. Penurunan kohesi rata-rata darim pemgeboran basah di bulan Januari 2018 lebih kecil 90,4 % dari kohesi rata-rata di bulan Desember 2018.

Kenaikan properties dari pengeboran basah berupa kadar air rata-rata (Wn) pada bulan Januari 2018 sebesar 10,8% dan berat ini tanah rata-rata turun sebesar 3,7 % dari pada bulan Desember 2018. Perubahan ini sangat berhubungan dengan penurunan kohesi rata-rata dan juga untuk penurunan sudut geser dalamnya. Secara umum pada tanah kohesif, kuat geser tanah besarnya sangat tergantung dari kadar air serta kepadatan tanahnya. Kadar air tambah tinggi kuat geser tambah turun, kepadatan tambah tinggi kuat geser akan naik, begitu pula

sebaliknya Hasil lengkapnya data rata-rata kohesi, sudut geser dalam serta sifat indeks nya berupa kadar air rata-rata dan berat isi tanah rata-rata, dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4.17 Perbedaan hasil uji kuat geser pada sampel dari pengeboran basah pada bulan Januari 2018 terhadap Desember 2018

CONDITION	Position in Tube Sample	PERBEDAAN % ANTARA JANUARI TERHADAP DESEMBER 2018 (DRY CORING) - (minus) Lebih Kecil + (plus) Lebih Besar			
		cu (kg/cm ²)	ϕ (degree)	Wn (%)	γ (t/m ²)
Average parameter in every season for all depth	Top	-93,6%	21,2%	8,6%	-0,6%
	Midle	-90,2%	-8,9%	7,9%	-3,9%
	Lower	-86,6%	-11,0%	15,9%	-6,5%
	average	-90,4%	-0,5%	10,8%	-3,7%

4.4.4 Sudut Geser Dalam Undrained Dari Sampel Pengeboran Kering Dan Basah Pada Januari 2018 Dan Desember 2018

Sudut geser dalam dari pengeboran kering Januari 2018 bagian atas, tengah dan bawah sampel berturut turut sebesar 29,8%, 16,8% dan -18,9% lebih besar dari sudut geser dalam pada bulan Januari 2018, kecuali bagian bawah didapat -18,9% yang artinya lebih kecil dari pada sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Secara umum sudut geser dalam rata rata bulan Januari lebih besar 7,9% dibanding sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.16. Manakala sudut geser dalam dari pengeboran basah Januari 2018 bagian atas, tengah dan bawah sampel berturut turut sebesar 21,2%, -8,9% dan -11% lebih kecil dari sudut geser dalam pada bulan Januari 2018, kecuali bagian atas didalam 21,2% yang artinya lebih besar dari pada sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Secara umum sudut geser dalam rata rata bulan Januari lebih kecil 0,5% dibanding sudut geser dalam pada bulan Desember 2018. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.17 diatas.

4.4.5 Perbedaan Kuat Geser Undrained Dari Sampel Pengeboran Kering Dibanding Dari Pengeboran Basah .

Pengaruh perbedaan metode pengeboran antara pengeboran kering (Dry Coring) dan pengeboran basah (Wash Boring) pada tanah lanau kelempungan di Srengseng Sawah, Jakarta Selatan dijelaskan hasilnya pada bagian ini. Perbedaan di hitung berdasarkan selisih hasil kuat geser pada tiap-tiap kedalaman dari dua metode yang berbeda dibandingkan kuat geser pada pengeboran kering.

Pada Tabel 4.16 didapat hasil bahwa kohesi rata-rata undrained dari bagian atas sampel tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 5,8 % lebih besar dari pengeboran basah. Sudut geser rata-rata undrained dari bagian atas sampel yang tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 44,3% lebih besar dari pengeboran basah pada sampel bagian atas.

Kohesi rata-rata undrained dari bagian tengah sampel tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 10,7 % lebih besar dari pengeboran basah. Sudut geser rata-rata undrained dari bagian tengah sampel yang tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 52,7% lebih besar dari pengeboran basah pada sampel bagian tengah.

Kohesi rata-rata undrained dari bagian bawah sampel tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 18,5 % lebih besar dari pengeboran basah. Sudut geser rata-rata undrained dari bagian bawah sampel yang tidak terganggu dari pengeboran kering rata-rata 31,4 % lebih besar dari pengeboran basah pada sampel bagian bawah.

Untuk Kohesi rata-rata dari bagian atas, tengah dan bawah dari semua pengujian diperoleh bahwa kohesi (c_u) dari sampel pengeboran kering 11,3% lebih besar dari pada pengeboran basah. Manakala sudut geser dalam rata-rata dari bagian atas, tengah dan bawah dari semua pengujian diperoleh bahwa sudut geser dalam (ϕ) dari sampel pengeboran kering 42,7

% lebih besar dari pada pengeboran basah. Sementara index propertis rata-rata berupa kadar air rata-rata W_n dari pengeboran kering lebih besar 3,4 % dari pengeboran basah. Sementara berat isi tanah rata-rata dari pengeboran kering 1,2 % lebih besar dari berat isi tanah dari pengeboran basah.

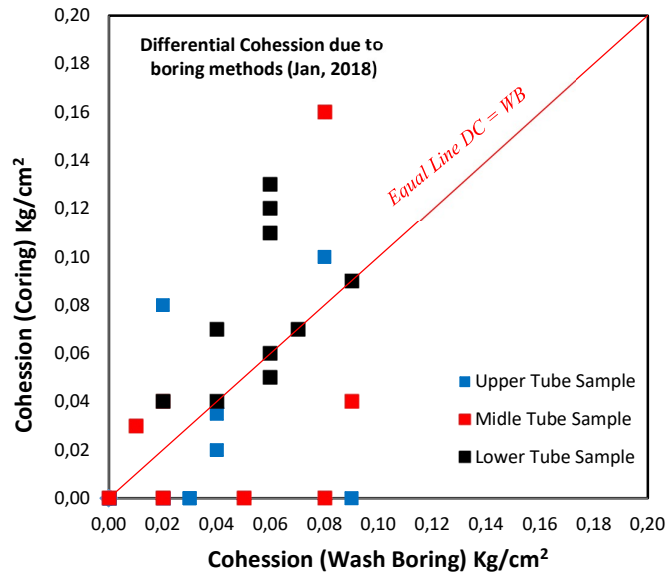
Tabel 4.18 Perbedaan hasil uji kuat geser rata-rata pada sampel dari pengeboran kering terhadap pengeboran basah pada bulan Januari 2018 dan Desember 2018

CONDITION	Position in Tube Sample	Perbedaan (%) antara Dry Coring terhadap Wash Boring		Perbedaan (%) antara Dry Coring terhadap Wash Boring	
		cu (kg/cm ²)	ϕ (degree)	W_n (%)	γ (t/m ²)
Average parameter in all season	Top	5,8%	44,3%	4,8%	1,0%
	Midle	10,7%	52,7%	2,4%	0,3%
	Lower	18,5%	31,4%	3,0%	2,4%
	average	11,3%	42,7%	3,4%	1,2%

Pada Gambar 4.20 berikut disajikan penyebaran kohesi dari pengeboran kering dibanding kan pengeboran basah dari pengeboran bulan Januari 2018. Pada gambar tersebut terlihat garis pembagi (*equal line*) mengisyaratkan bahwa kohesi pada garis tersebut tidak ada perbedaan antara hasil kohesi dari pengeboran kering dan pengeboran basah. Pada Gambar 4.20 terlihat bahwa terdapat penyebaran 30 data kohesi yang didapat dari bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel pada bulan Januari 2018. Terdapat 4 data pada bagian tengah sampel yang nilai kohesinya sama dari pengeboran kering dan pengeboran basah di bulan Januari 2018.

Manakala pada Gambar 4.21 berikut disajikan penyebaran kohesi dari pengeboran kering dibanding kan pengeboran basah dari pengeboran bulan Desember 2018. Pada gambar tersebut terlihat garis pembagi (*equal line*) mengisyaratkan bahwa kohesi pada garis tersebut tidak ada perbedaan antara hasil kohesi dari pengeboran kering dan pengeboran basah. Pada Gambar 4.21 terlihat bahwa terdapat penyebaran 27 data kohesi yang didapat dari bagian atas,

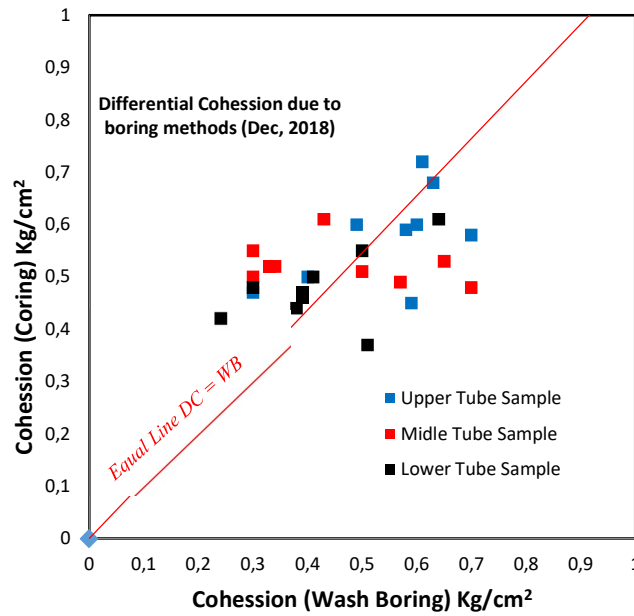
tengah dan bawah tabung sampel pada bulan Januari 2018. Terdapat 7 data yang mewakili seluruh bagian tabung tanah yang kohesinya lebih kecil pengeboran kering dari pada pengeboran basah. Sejumlah 22 data lainnya yang dominan menunjukkan bahwa nilai kohesi dari pengeboran kering lebih besar dari pemngeboran basah di bulan Desember 2018.



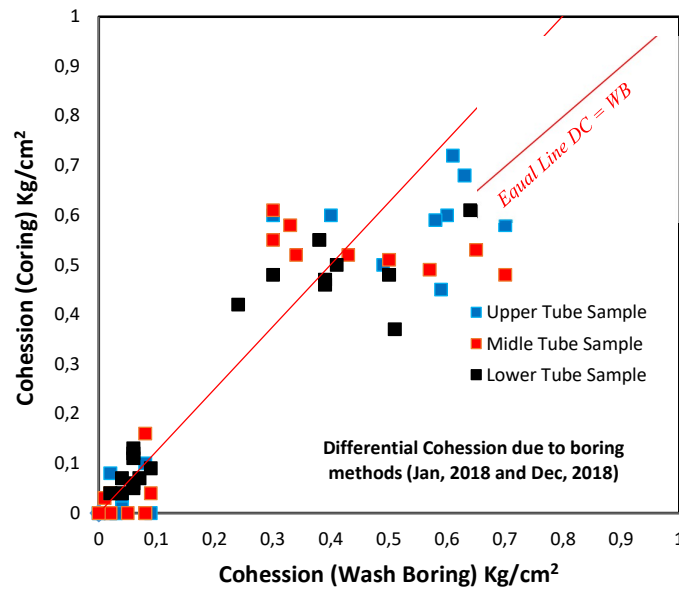
Gambar 4.20 Perbedaan kohesi undrained pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari 2018

Pada Gambar 4.22 merupakan kumpulan seluruh data kohesi pada bulan Januari dan Desember 2018. Pada gambar tersebut terlihat kumpulan data kohesi pada bulan Januari 2018 lebih kecil dari pada bulan Desember 2018. Hal ini seperti dijelaskan dimuka bahwa pada bulan Januari terdapat curah hujan yang jauh lebih tinggi dibanding curah hujan pada bulan Desember 2018. Akasannya jarak titik bor DB-1 dan DB-2 yang dilakukan pada bulan Januari berjarak 0,50 meter. Sedangkan jarak DB1 dan DB2 dengan DB-3 dan DB-4 titik bor yang dilakukan pada Desember 2018 berjarak 4,00 meter. Dimana dalam jarak yang relatif dekat properties

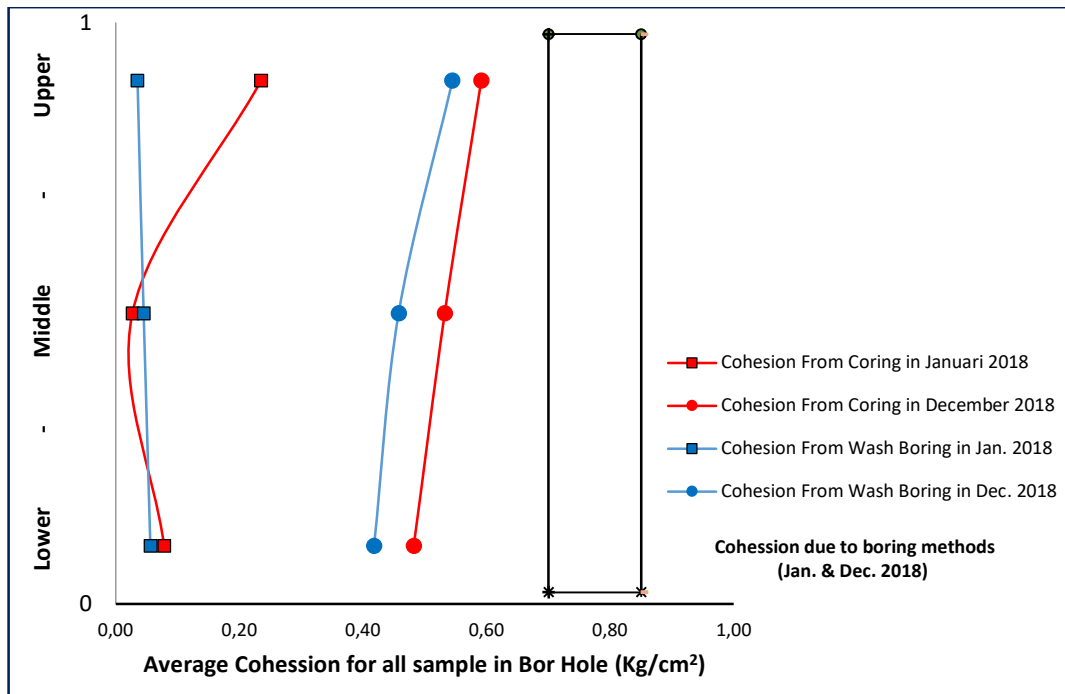
tanahnya sudah cukup berbeda. Hal ini dapat dilihat dari nilai N-SPT seperti ada pada Tabel 4.1 sampai dengan Table 4.4.



Gambar 4.21 Perbedaan kohesi undrained pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Desember 2018



Gambar 4.22 Perbedaan kohesi undrained pada bagian atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018



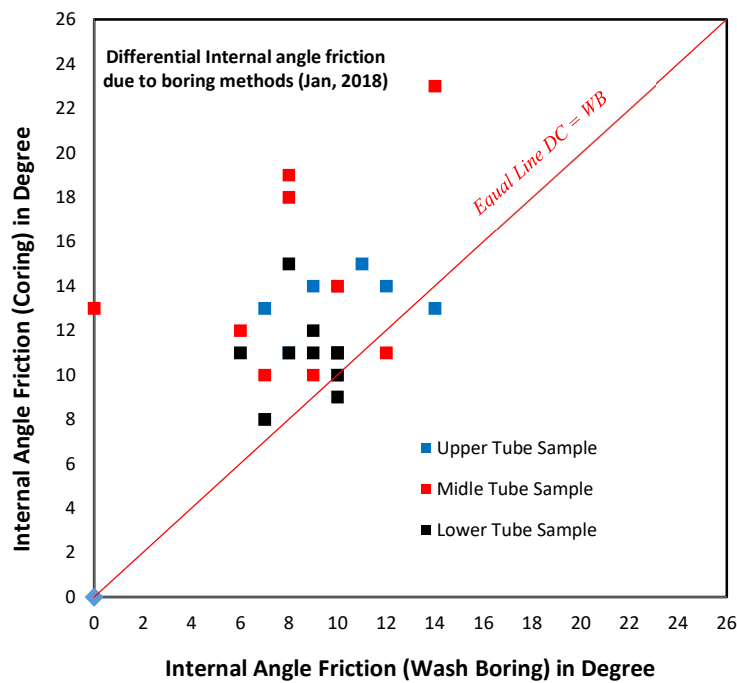
Gambar 4.23 Kohesi undarined rata-tara pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018

Pada Gambar 4.23 disajikan nilai kohesi rata-rata pada bagian atas, tengah dan bawah tabung sampel tidak terganggu dari pengeboran kering dan pengeboran basah di bulan Januari dan Desember 2018. Nilai kohesi dari pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah. Dan kohesi yang diperoleh pada bulan Januari 2018 dimana curah hujan lebih tinggi kohesinya lebih kecil dibanding dari pengeboran pada bulan Desember 2018.

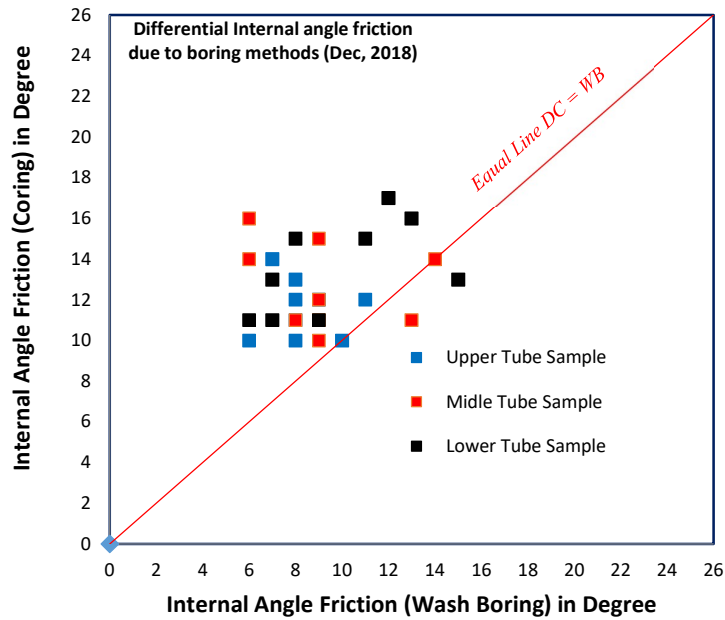
Perilaku sudut geser dalam akibat pengoran kering dan pengeboran basah menunjukkan pada bulan Januari 2018, data sudut geser dalam dari pengeboran kering dominan lebih besar dari sudut geser dalam pengeboran basah. Hanya terdapat 3 data yang sudut geser dalam pengeboran basah lebih besar dari pengeboran kering di Januari 2018 pada Gambar 4.24. Sedangkan dan terdapat 2 data yang sudut geser dalam pengeboran basah lebih besar dari pengeboran kering di Januari 2018 pada Gambar 4.25. Sementara mayoritas data lainnya yang dominan sudut geser dalam dari pengeboran kering lebih besar dari sudut geser dalam dari

pengeboran basah baik untuk dibulan Januari maupun Desember, seperti pada Gambar 4.24 dan 4.25.

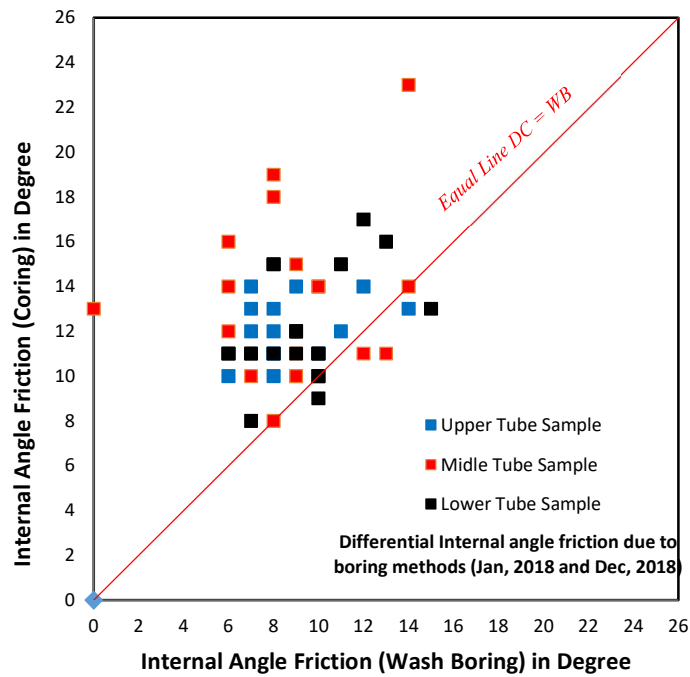
Secara keseluruhan jika digabungkan kedua data tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.26, dimana mayoritas hasil sudut geser dalam rata-rata pengeboran kering lebih besar dari pengeboran basah. Pada gambar 4.27 ilustrasi gambar menjelaskan nilai sudut geser dalam rata-rata dari seluruh sampel tidak terganggu pada bagian atas, tengah dan bawah.



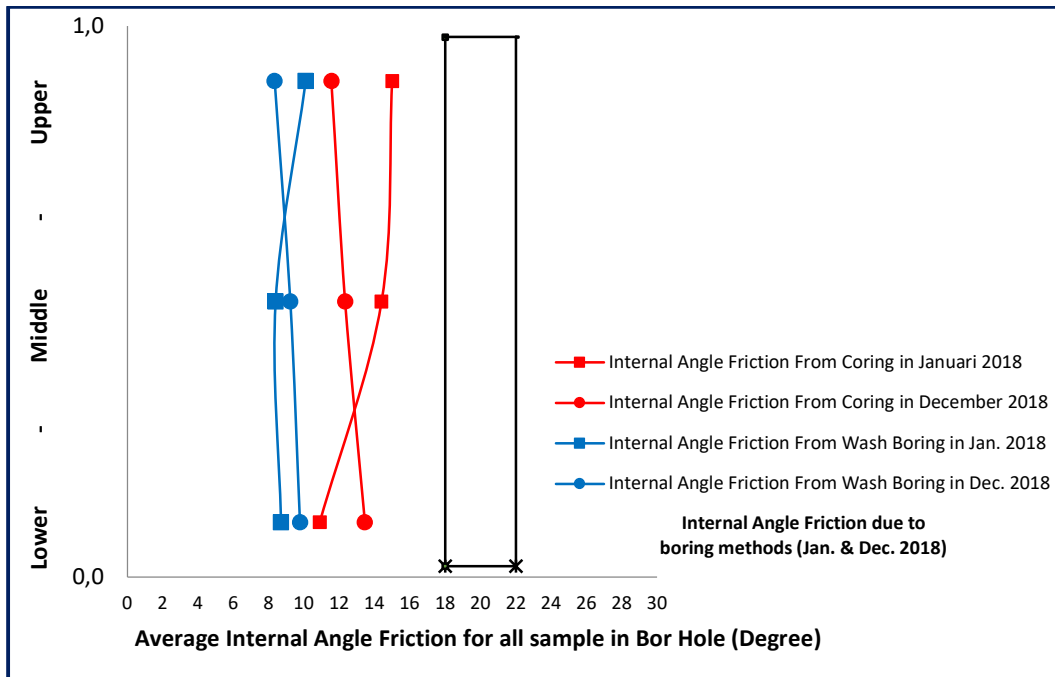
Gambar 4.24 Perbedaan sudut geser dalam (ϕ) undrained pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari 2018



Gambar 4.25 Perbedaan sudut geser dalam (ϕ) undrained pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Desember 2018



Gambar 4.26 Perbedaan sudut geser dalam (ϕ) undrained pada atas, tengah dan bawah tabung dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018



Gambar 4.27 Sudut geser dalam undarined (ϕ) rata-tara pada atas, tengah dan bawah tabung sampel dari pengeboran kering dan basah pada bulan Januari dan Desember 2018

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari data penelitian dan pembahasan pengaruh dari pengeboran basah (wash boring) dan pengeboran kering (dry coring) terhadap hasil parameter tanah dari sampel tidak terganggu, dapat disimpulkan seperti berikut:

- Konsistensi sampel yang di lakukan pada bulan Januari 2018 antara pengeboran basah dan kering yang bejarak 50 cm menunjukkan lapisan dengan konsistensi yang sama hingga kedalaman lapisan tanah dengan konsistensi sangat kaku. Sedangkan pada Bulan Desember 2018 konsistensi dari pengeboran basahnya lebih sedikit lebih tinggi pada saat pengeboran kering dari kedalaman 8 meter hingga 16 meter dari permukaan tanah.
- Perbedaan indeks properties sampel dari hasil pengeboran kering dan pengeboran basah, pada umumnya properties dari pengeboran kering lebih besar antara 0,42 % hingga 3,37%. Kecuali Void rasionya yang lebih kecil 0,06% dari pengeboran basah, karena angka pori lebih kecil artinya lebih padat dan ini lebih baik unsur properties lainnya. Dapat disimpulkan bahwa semua indeks properties dari pengeboran kering lebih baik nilainya.
- Pengaruh pengeboran kering dan pengeboran basah terhadap konsistensi tanah, disimpulkan bahwa batas cair (*liquid limits LL*) dari pengeboran kering lebih besar 1,12% dari pengeboran basah. Sedangkan batas plastis (Plastic limit PL) lebih kecil 6,05% dari pengeboran basah. Manakala plastisitas indeks (Index Plasticity PI) dari pengeboran kering lebih besar 7,55% dari pengeboran basah.

- Perbedaan parameter kuat geser pada sampel pengeboran kering antara bulan Januari 2018 dan Desember 2018, menunjukkan bahwa kohesi rata-rata pada bulan Januari 2018 lebih kecil 92,0% dibandingkan pada bulan Desember 2018. Sedangkan sudut geser dalam rata-rata pada bulan Januari lebih besar 7,9% dibandingkan pada bulan Desember 2018. Hal ini terjadi karena intensitas curah hujan pada bulan Januari 2018 lebih dibandingkan bulan Desember 2018 berdasarkan data curah hujan dari BMKG. Dimana akibat kenaikan intensitas air hujan, maka kadar air tanah naik rata-rata 21,2%, sedangkan berat ini tanahnya turun 1,6%.
- Sedangkan perbedaan parameter kuat geser pada sampel pengeboran basah antara bulan Januari 2018 dan Desember 2018, menunjukkan bahwa kohesi rata-rata pada bulan Januari 2018 lebih kecil 90,4% dibandingkan pada bulan Desember 2018. Sedangkan sudut geser dalam rata-rata pada bulan Januari lebih kecil 0,5% dibandingkan pada bulan Desember 2018. Hal ini terjadi karena intensitas curah hujan pada bulan Januari 2018 lebih dibandingkan bulan Desember 2018 berdasarkan data curah hujan dari BMKG. Dimana akibat kenaikan intensitas air hujan, maka kadar air tanah naik rata-rata 10,8%, sedangkan berat ini tanahnya turun 3,7%.
- Perbedaan hasil uji kuat geser rata-rata pada sampel dari pengeboran kering terhadap pengeboran basah pada bulan Januari 2018 dan bulan Desember 2018 (seluruhnya), menunjukkan bahwa kohesi rata-rata dari pengeboran kering 11,32% lebih besar dari pada pengeboran basah. Sedangkan sudut geser dalam rata-rata dari pengeboran kering 42,7% lebih besar dari pengeboran basah.
- Secara umum dapat disimpulkan bahwa perbandingan metode pengeboran antar pengeboran kering dan pengeboran basah parameter tanah yang didapat menunjukkan bahwa terdapat perbedaan. Parameter dari sampel pengeboran kering lebih baik

dibandingkan parameter yang diperoleh dari pengeboran basah. Hal ini hanya berlaku pada tanah lanau kelempungan dengan konsistensi anata lunak dan sangat kaku.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ini perlu dilakukan penelitian lanjutan yang lebih luas lagi, termasuk pada tanah bergranular serti pasir. Sedangkan pengujian laboratoriumnya terutama pengujian kuat gesernya, dapat dicari melalui pengujian Triaxial Consolidated Undrained serta uji geser langsung khusus untuk tanah bergranular.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hardiyatmo, H. Christady., "***Teknik Pondasi 2***", Beta Offset, Yogyakarta, 2003.
2. Bowles, E. Joseph., "***Mekanika Tanah (Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah)***", Edisi ke-2, Erlangga, Jakarta, 1986.
3. Das, M. Braja., "***Principles of Foundation Engineering***", Second Edition, PWS-Kent, Boston, 1990.
4. Wesley, D. Laurence., "***Fundamentals of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils***", Wiley, Canada, 2010.
5. Wesley, D. Laurence., "***Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu***", ANDI, Yogyakarta, 2012.
6. Das, M. Braja., "***Principles of Geotechnical Engineering***", 5th Edition, 2002.
7. Efran Kemala Hamonangan., "***Aplikasi pengeboran geoteknik (Geotechnical Drilling) sebagai metode penyelidikan tanah lapangan dalam perencanaan konstruksi***", Vol. 1 No. 01 Desember 2015.
8. Rosmiyati A. Bella, Robertus H. Jati, Jusuf J. S. Pah., "***pengaruh waktu dan tempat penyimpanan terhadap sifat fisik dan mekanis tanah pasir***", Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No. 2, September 2014.
9. (Sosrodarsono S., 1988)
10. (Shamsher Prakash, 1989).
11. Terzaghi dan Peck (1948)

12. Gibs dan Holz (1957)
13. Irsyam, M., Jataputra, A. A., Himawan, A. and Kartawiria, A. (2011).
Kasus-Kasus Kelongsoran Pada Tanah Clay Shale dan Alternatif
Penanggulangannya. Proceeding of the 9th Indonesian Society for
Geotechnical Engineers Conference and 15th Yearly Scientific Meeting,
Jakarta .December 2011
14. Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948,
International Edition, 1969)
15. (Soil Mechanics, William T., Whitman, Robert V., 1962)
16. (Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948,
International Edition, 1969)
17. SI-3221 Rekayasa Pondasi, *Mahsyur Irsyam*
18. (Terzaghi and Peck 1948)
19. (SKEMTON, 1986;
20. Carter & Bently, 1991)
21. (Bowles, 1988)
22. (Schmertmann, 1978)
23. ASTM D 421-72,
24. ASTM D 422-72,
25. ASSTHO T 87-72
26. ASTM D 422-63 (98),
27. ASSTHO T 146,
28. SNI 3423:2008
29. ASTM D 423-66,

30. ASTM D 424 – 74,
31. ASTM D 427 – 74,
32. ASSHTO 89 - 81,
33. Bina Marga PB – 0109 – 76.
34. An Introduction to Geotechnical Engineering, Holtz and Kovacs, 1981)
35. (Soil Mechanics, Lambe & Whitman, International Edition, 1969)
36. ASTM D 2435-70,
37. ASSTHO T 216 - 81,
38. Bina Marga PB – 0115 – 76.
39. Robertson dan Campanella (1983)
40. (Bagemann)
41. Principles of Foundation Engineering, Braja M. Das, Fourth Edition)
42. De Al Franki Piles 1960
43. from (Akca 2003)encar Velloso 1959
44. Schmertmann 1970
45. Chang 1988
46. Danziger et al. 1998
47. Barata et al. 1978
48. ATSM D-2113)
49. ASTM D-1586
50. ASTM D-2488
51. ASTM D-1587
52. (Rogers,2006).

53. Gullic, R. C. (1970). Multi-Stage Shear Testing of a Cohesionless Soil, University of Missouri, Rolla Missouri. Gan et al. (1988) serta
54. Nam, S. (2011). Determination of the shear strength of unsaturated soils using the multistage direct shear test. *Engineering Geology* 122 (2011) 272–280. Gan dan Fredlund, 1988)
55. Gan, J. K. M., Fredlund, D. G. and Raharjo, H. (1988). Determination of the shear strength parameters of an unsaturated soil using the direct shear test. *Canadian Geotechnical Journal* 500-510 (1988).
56. Gan, K.J. and Fredlund, D. G. (1988). Multistage direct shear testing of unsaturated soils. *Geotechnical Testing Journal, GTJODJ*, Vol. 11, No. , June 1988, pp. 132-138.
57. Kim, M. (1979). Multistage Triaxial Testing of Rocks. *Geotechnical Testing Journal*, Vol. 2, No. 2, pp. 98-105.
58. Ravi, S. M. S., Christopher, D. P. B., Kathryn, M., Hans, V. and Narayanasamy, R. (2011). Strength of Weakly Cemented Sands from Drained Multistage Triaxial Tests. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 137, No. 12, December 1, 2011
59. Ho, D. Y. F. and Fredlund, D. G. (1982). A Multistage Triaxial Test For Unsaturated Soil. *Geotechnical Testing Journal, GTJODJ*, Vol.5 No.1/2, March/June 1982, pp 18-25.
60. Hormdee, D., Kaekeerati, N. and Angsuwotai, P. (2012). Evaluation on The Results of Multistage Shear Test. *Int. J. Of GEOMATE*, March 2012, Vol.2, No.1, (SI No.3), PP.140-143

61. Balazs, C. and Akos, D. (2013), Development of Automatic Control of Multistage Triaxial Test at The University of Miskolc, Geosciences and Engineering, Vol. 2, No. 3 (2013), pp. 37–43.
62. www.bmkg.co.id , Curah hujan di Indonesia Desember 2018