ANALISIS PERMEABILITAS TANAH BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN LAPANGAN PADA TUBUH BENDUNGAN

(Studi Kasus: Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil)

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh:

ZULFAN EFENDI
NIM:1903120030

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH
2022

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul "Analisis Permeabilitas Tanah Berdasarkan Hasil Pengujian Laboratorium Dan Lapangan Pada Tubuh Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil)", disusun oleh:

Nama Mahasiswa	: Zulfan Efendi
NIM	: 1903120030
Program Studi	: Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 26 Februari 2022.

Banda Aceh, 26 Februari 2022

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing	Ketua Program Studi Teknik
Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng	Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng. Sc, IPM ASEAN Eng
NIDN. 0120047901	NIDN. 1327108201

Menyetujui/Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh

Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE
NIDN. 0104037002

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Analisis Permeabilitas Tanah Berdasarkan Hasil Pengujian Laboratorium Dan Lapangan Pada Tubuh Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil)

Disusun oleh

Nama Mahasiswa	: Zulfan Efendi
NIM	: 1903120030
Program Studi	: Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 26 Februari 2022

Dosen Pembimbing

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0120047901

Dosen Penguji I

Yus Yudhyantoro, ST, MT
NIP. 197202032000121001

Dosen Penguji II

Ir. Wahyuni, MT, IPM
NIDN. 0106116802

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng. Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zulfan Efendi

Nim : 1903120030

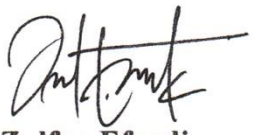
Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku atau bentuk lain yang dikutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang menjadi seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk membatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperluanya

Bathoh, 25 Februari 2022

Penulis,



Zulfan Efendi

1903120030

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran ALLAH SWT, yang melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul "Analisis Permeabilitas Tanah Berdasarkan Hasil Pengujian Laboratorium dan Lapangan Pada Tubuh Bendungan (Studi Kasus Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil)", ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik Sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Ibu Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng sebagai pembimbing.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh (Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE).
2. Bapak Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Ir. Tamalkhani, ST, M. Eng. Sc, IPM, ASEAN Eng).
3. Ibu Sekretaris Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh (Cut Nawalul Azka ST, MT, IPP)
4. Tenaga pengajar pada Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Aceh.
5. Bapak Yus Yudhyantoro, ST, MT sebagai penguji I dan Ibu Ir. Wahyuni, MT IPM sebagai penguji II yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan penulisan ini.
6. Unit Kerja Laboratorium Penelitian Terpadu, Divisi Geoteknik Universitas Syiah Kuala.
7. Kedua orang tua ayahanda M.Latief dan ibunda Kharijah, yang selalu berdoa dan memberikan dorongan untuk keberhasilan penulis.

8. Keluarga terdekat yang telah memberikan semangat, dukungan dan motivasi untuk keberhasilan penulis.
9. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Prodi Teknik Sipil yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis hingga selesainya penulisan ini.

Akhirnya kepada ALLAH SWT jugalah penulis berserah diri dan berharap semoga tulisan ini dapat berguna bagi pembaca, Amin.

Banda Aceh, 25 Februari 2022
Penulis,

Zulfan Efendi
1903120030

ANALISIS PERMEABILITAS TANAH BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM DAN LAPANGAN PADA TUBUH BENDUNGAN

(Studi Kasus Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil)

Oleh:

Zulfan Efendi
1903120030

Pembimbing:
Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng.

ABSTRAK

Kabupaten Aceh Singkil merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Aceh yang berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Utara. Kondisi alam yang sebagian besar daerah perbukitan dan rawa-rawa sehingga penduduk di daerah ini umumnya bekerja di sektor pertanian. Konstruksi bendungan dibangun dengan mempertimbangkan kestabilan dan keamanaan dari suatu bendungan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada tubuh bendungan. Ada berbagai faktor yang menyebabkan kegagalan pada tubuh bendungan salah satunya adalah nilai koefisien permeabilitas (k) yang tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya kegagalan atau keruntuhan pada tubuh bendungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah pembentuk tubuh bendungan, besarnya koefisien permeabilitas tanah (k) serta selisih perbandingan koefisien permeabilitas tanah yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan lapangan pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil. Pengujian sifat fisis dan mekanis tanah dilakukan mengunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian sifat fisis tanah mencakup pengujian kadar air *(water content)*, berat isi *(unit weight)*, berat jenis *(specific gravity)*, analisa saringan *(sieve analysis)* dan batas-batas konsistensi *(atterberg limit)*. Pengujian sifat mekanis terdiri dari pengujian kuat geser dengan metode geser langsung (*direct shear*) dan pengujian permeabilitas tanah dengan metode *falling head*. Pengujian di lapangan (data sekunder) berupa data hasil pengujian permeabilitas lapangan yang dilakukan oleh tim teknis dari PT. Indra Karya. Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas laboratorium dan lapangan, diperoleh nilai koefisien permeabilitas (k) di laboratorium berkisar antara 1,656 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 2,012 x 10^{-2} mm/s dan hasil nilai koefisien permeabilitas (k) di lapangan diperoleh berkisar dimulai dari 1,578 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 1,944 x 10^{-2} mm/s tergolong kedalam jenis tanah pasir halus dan lanau longgar. Nilai persentase selisih koefisien permeabilitas laboratorium dengan lapangan berkisar antara 3% sampai dengan 5% sehingga nilai permeabilitas lapangan dapat digunakan dalam proses analisa dan penanganan pada tubuh bendungan.

Kata Kunci : Bendungan, Sifat Fisis Tanah, Permeabilitas Tanah *Falling Head*.

DAFTAR ISI

Halaman

PENGESAHAN ..... **i**
PERNYATAAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR PERHITUNGAN ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN **4**
2.1 Klasifikasi Tanah 4
2.1.1 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO 4
2.1.2 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS 6
2.2 Sifat Fisis Tanah 8
2.2.1 Kadar Air *(Water Content)* 8
2.2.2 Berat Isi *(Unit Weight)* 9
2.2.3 Berat Jenis *(Specific Gravity)* 9
2.2.4 Batas Konsistensi *(Atterberg Limit)* 10
2.2.5 Analisa Saringan *(Sieve Analylis)* 11
2.3 Sifat Mekanis Tanah 13
2.3.1 Kuat Geser Tanah 13
2.3.2 Permeabilitas 14
2.3.3 Pengujian Permeabilitas Tanah di Laboratorium 15
2.3.4 Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan 18
2.4 Karakteristik Tanah Pasir dan Lanau 19
2.5 Bendungan 19
2.6 Penelitian Terdahulu 20

BAB III METODE PENELITIAN 22
3.1 Lokasi Penelitian 22
3.2 Tahapan Persiapan 23
3.3 Prosedur Pengambilan Sampel Tanah 24
3.4 Pengujian Sifat Fisis Tanah 25
3.5 Pengujian Sifat Mekanis Tanah 29
3.6 Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan 30
3.7 Pengumpulan Data 30
3.8 Analisis Data 31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah 32
4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO dan USCS 35
4.3 Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah 38
4.4 Hasil Pengujian Permeabilitas di Lapangan 39
4.5 Perbandingan Nilai Permeabilitas Laboratorium dan Lapangan 40
4.6 Pembahasan 41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 44

DAFTAR PUSTAKA 45

DAFTAR GAMBAR

Gambar A.3.1 Bagan Alir Penelitian 47
Gambar A.3.2 Peta Provinsi Aceh 48
Gambar A.3.3 Peta Lokasi Pengujian 49
Gambar A.3.6 Dokumentasi Observasi Lapangan 50
Gambar A.3.8 Pengujian Permeabiliatas Lapangan (PT. Indra Karya) 52
Gambar A.3.9 Pengujian Sifat Fisis Tanah 53
Gambar A.3.11 Pengujian Sifat Mekanis Tanah 54

DAFTAR TABEL

Tabel B.2.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO 56
Tabel B.2.2 Klasifikasi Tanah Sistem USCS 57
Tabel B.4.1 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah Pada Titik BH-01 59
Tabel B.4.5 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah Pada Titik BH-02 63
Tabel B.4.9 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah Pada Titik BH-03 67
Tabel B.4.13 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah Pada Titik BH-04..... 71
Tabel B.4.17 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-01..... 75
Tabel B.4.18 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-02..... 76
Tabel B.4.19 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-03..... 77
Tabel B.4.20 Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-04..... 78
Tabel B.4.21 Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling Head* BH-01 79
Tabel B.4.22 Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling Head* BH-02 80
Tabel B.4.23 Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling Head* BH-03 81
Tabel B.4.24 Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling Head* BH-04 82
Tabel B.4.25 Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan (BH-01) 83
Tabel B.4.26 Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan (BH-02) 84
Tabel B.4.27 Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan (BH-03) 85
Tabel B.4.28 Hasil Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan (BH-04) 86

DAFTAR PERHITUNGAN

1. Perhitungan Permeabilitas *Falling Head* Pada Titik BH-01..... 87
2. Perhitungan Permeabilitas *Falling Head* Pada Titik BH-02..... 88
3. Perhitungan Permeabilitas *Falling Head* Pada Titik BH-03..... 89
4. Perhitungan Permeabilitas *Falling Head* Pada Titik BH-04..... 90

BAB I
PENDAHULUAN

Kabupaten Aceh Singkil merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Aceh yang berbatasan langsung dengan Provinsi Sumatera Utara. Kondisi alam yang sebagian besar daerah perbukitan dan rawa-rawa sehingga penduduk di daerah ini umumnya bekerja di sektor pertanian. Untuk mempercepat peningkatan ekonomi masyarakat di sektor pertanian, maka pemerintah daerah membangun bendungan Sianjo-Anjo sebagai prasarana pendukung pengairan. Bendungan Sianjo-Anjo memiliki luas kawasan ± 600 Ha. Tubuh bendungan ini dibuat dengan tipe bendungan urugan homogen, lebar puncak tubuh bedungan 7,80 meter, panjang 220 meter dan elevasi puncak dari dasar bendungan adalah +16,80 meter. Bendungan ini terletak di Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil, Provinsi Aceh. Dilihat dari fungsinya bendungan sebagai bangunan penahan laju air, sumber air irigasi, pengendalian banjir, pembangkit listrik dan sarana rekreasi.

Permasalahan yang terjadi pada bendungan Sianjo-Anjo Aceh Singkil adalah terjadinya keretakan *(crack)* dan kebocoran pada tubuh bendungan sehingga bendungan ini tidak bisa operasikan untuk sementara waktu. Konstruksi bendungan dibangun dengan mempertimbangkan kestabilan dan keamanaan dari suatu bendungan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada tubuh bendungan. Ada berbagai faktor yang menyebabkan kegagalan pada tubuh bendungan antara lain adalah karakteristik material tanah pembentuk tubuh bendungan yang tidak sesuai spesifikasi material pembentuk tubuh bendungan dan nilai koefisien permeabilitas (k) yang tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya kegagalan atau keruntuhan pada tubuh bendungan. Hal ini berlawanan dengan konsep bendungan yang dibuat sebagai bangunan kedap air. Oleh karena itu untuk menghindari permasalahan tersebut, analisis karakteristik material penbentuk tubuh bendungan dan nilai permeabilitas sangat dibutuhkan dalam perencanaan suatu tubuh bendungan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah pembentuk tubuh bendungan, besarnya koefisien permeabilitas tanah (k), serta selisih perbandingan koefisien permeabilitas tanah yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan lapangan pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer berupa hasil pengujian laboratorium yang terdiri dari pengujian sifat fisis dan mekanis tanah. Pengujian sifat fisis tanah mencakup pengujian kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), analisa saringan (*sieve analysis*) dan batas-batas konsistensi (*atterberg limit*). Pengujian sifat mekanis terdiri dari pengujian kuat geser langsung (*direct shear*) dan pengujian permeabilitas tanah dengan metode *falling head*. Data sekunder berupa data hasil pengujian permeabilitas lapangan yang dilakukan oleh tim teknis dari PT. Indra Karya.

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis tanah atau material pembentuk tubuh bendungan yang aman terhadap rembesan, untuk mengetahui besarnya angka permeabilitas pada tubuh bendungan serta perbandingan nilai permeabilitas (k) berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dan di lapangan. Ruang lingkup penelitian ini mencakup pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil. Metode pengujian sifat fisis dan mekanis dalam penelitian dilakukan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Uji permeabilitas di lapangan yang dilakukan sebanyak 4 (empat) titik pada kedalaman 2 meter. Sampel tanah yang diuji di laboratorium merupakan tipe sampel tanah tak terganggu *(Undisturbed)* diperoleh dari hasil pengeboran pada kedalaman 2,5 meter - 3,5 meter pada setiap titik pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis tanah bahwa material pembentuk tubuh bendungan yang paling dominan termasuk kedalam jenis tanah pasir berlanau, campuran pasir lanau (SM). Dilihat dari hasil pengujian kuat geser dengan metode uji geser langsung (*direct shear*) memperoleh nilai sudut geser efektif (φ) berkisar antara $26{,}52^{o}$ sampai dengan $32{,}33^{o}$ dan tergolong kedalam jenis tanah pasir berlanau kondisi tidak padat hingga kondisi padat. Dari data

pengujian tersebut cukup menjawab permasahan yang terjadi salah satunya disebabkan oleh sifat material tanah pembentuk tubuh bendungan, namun untuk lebih akurat maka harus di lakukan pengujian kelulusan air atau permeabilitas.

Berdasarkan permeabilitas laboratorium dan lapangan, diperoleh nilai koefisien permeabilitas (k) di laboratorium berkisar antara 1,656 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 2,012 x 10^{-2} mm/s dan nilai koefisien permeabilitas (k) di lapangan diperoleh berkisar dimulai dari 1,578 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 1,944 x 10^{-2} mm/s dengan jenis pasir halus dan lanau longgar. Hasil perbandingan antara nilai permeabilitas laboratorium dengan lapangan diperoleh nilai selisih persentase berkisar antara 3% sampai dengan 5%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koefisien permeabilitas (k) tanah yang diperoleh dari hasil pengujian di lapangan dapat digunakan sebagai acuan dalam proses analisa dan penanganan yang cocok pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menyajikan materi berupa teori-teori pendukung penelitian serta beberapa ulasan materi yang dikutip dari hasil penelitian terdahulu, pendapat para ahli serta dari referensi-referensi dari jurnal, tesis, disertasi serta *e-book*.

2.1 Klasifikasi Tanah

Bowles (1993) berpendapat bahwa, klasifikasi tanah didapatkan dari pengukuran sifat-sifat fisis, baik klasifikasi menurut sistem AASHTO *(American Association of State Highway and Tecknology Officials)* maupun menurut USCS *(Unified Soil Classification System)*. Das (1995) berpendapat sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Pada saat ini ada dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai yaitu sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO dan menurut USCS. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas *Atterberg*.

2.1.1 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Bowles (1993) berpendapat bahwa, klasifikasi tanah dengan sistem AASHTO ini tanah dibagi menjadi delapan kelompok, yaitu kelompok A-1 sampai A-8. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada hasil pengujian analisa ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*. Kelompok A-1 sampai dengan kelompok A-3 tergolong tanah berbutir kasar yang terdiri dari pasir dan kerikil (*Granular Material*) dengan persyaratan tidak lebih dari 35% tanah lolos saringan nomor 200. Kelompok A-4 sampai A-7 tergolong tanah berbutir halus yang terdiri dari lanau dan lempung (*Silt-Clay Material*) dengan persyaratan lebih dari 35% tanah lolos saringan nomor 200, sedangkan kelompok A-8 merupakan jenis tanah gambut. Kelompok-kelompok yang telah disebutkan di atas dibagi lagi menjadi beberapa sub kelompok. Tabel klasifikasi tanah dengan sistem AASHTO diperlihatkan pada tabel 2.1 halaman 5.

Tabe 2.1 Sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos Ayakan No.40							
Batas cail (*LL*)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (*PI*)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilain sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi umum	Tanah lanau - lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Analisis Ayakan (% lolos)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos Ayakan No.40				
Batas cail (*LL*)	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (*PI*)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilain sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

- Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$
- Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

Sumber : Das (1995)

Kelompok A-1 dibagi menjadi dua subkelompok yaitu A-1a dan A-1b, kelompok A-2 dibagi menjadi empat sub kelompok (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7), dan kelompok A-7 dibagi menjadi dua subkelompok yaitu A-7-5 dan A-7-6. Kelompok tanah A-8 tidak diperlihatkan karena merupakan jenis tanah gambut

yang dapat ditentukan secara visual seperti warna yang agak gelap, bau, tektur tanah mudah kering, rendahnya berat isi dan daya dukung dan tingginya kemampuan menyimpan air.

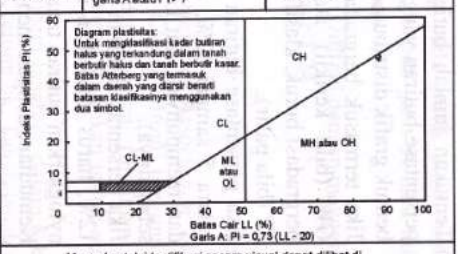
2.1.2 Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS

Sutarman (2013) berpendapat bahwa, sistem klasifikasi tanah Unified mendefinisikan tanah sebagai tanah berbutir kasar, apabila lebih dari 50% tertahan pada saringan nomor 200 atau berukuran 0,074 mm. Tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat lolos saringan nomor 200. Pendapat lain dikemukakan oleh Hardiyatmo (2002) berkaitan sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, daan tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Sistem klasifikasi tanah dengan sistem unified ditandai dengan simbol-simbol yaitu: kerikil (G), pasir (S), lempung (C), lanau (M), lanau dan lempung organik (O), tanah gambut dan tanah organik tinggi (Pt), gradisi baik (W), gradai buruk (P), plastisitas tinggi (H), dan plastisitas rendah (L). Tabel sistem klasifikasi tanah menurut USCS diperlihatkan dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Sistem klasifikasi tanah menurut USCS

Divisi Utama			Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no.4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus).	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang		ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.
	Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.
			CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
Tanah dengan kadar organik tinggi			Pt	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandunagn organik tinggi.

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus. Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GW, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200. Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel.	Nama Jenis	
	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, \quad C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	
	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, \quad C_z = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 7	



Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Hardiyatmo (2002), berpendapat bahwa perbandingan sistem Unified (USCS) dengan sistem AASHTO dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Perbandingan sistem Unified dengan sistem AASHTO

Kelompok tanah	Kelompok tanah yang sebanding dengan sistem AASHTO		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan kecil
GW	A-1-a	-	A-2-4, A-2-5 A-2-6, A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3, A-2-4 A-2-5, A-2-6 A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5 A-6, A-7-5 A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4, A-7-6 A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4 A-2-5, A-2-6 A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5 A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4 A-5	A-6, A-7-6 A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6 A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	-
CL	A-6, A-7-6	A-4	-
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5 A-7-6	-
MH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	-
OH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
Pt	-	-	-

Kelompok tanah AASHTO	Kelompok tanah yang sebanding dalam sistem unified		
	Sangat mungkin	Mungkin	Kemungkinan kecil
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A-3	SP	-	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW,GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	-	GW,GP, SW, SP
A-2-6	GC,SC	GM, SM	GW,GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW,GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML,OL	-	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH,CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC,GM, SM

Sumber : Hardiyatmo (2002)

2.2 Sifat Fisis Tanah

Smith (1992) berpendapat bahwa tanah dianggap sebagai suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil *(gravel)*, pasir *(sand)*, lanau *(silt)*, lempung *(clay)* dan campuran dari bahan-bahan tersebut. Das (1995) berpendapat bahwa dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antar partikel-partikel tersebut. Tanah berfungsi sebagai bahan bangunan untuk berbagai macam pekerjaan konstruksi. Pada suatu konstruksi diharuskan untuk mengetahui sifat-sifat dasar dari tanah tersebut seperti kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), analisa saringan (*sieve analysis*), batas konsistensi (*atterberg limit*) yaitu batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*).

2.2.1 Kadar Air (*Water Content*)

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa pada dasarnya tanah terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian padat dan bagian rongga. Bagian padat terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat sedangkan bagian rongga terisi oleh air dan udara. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah maka dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah yang dinyatakan dalam persen. Kadar air tanah ialah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.1 sebagai berikut.

$$w = \frac{Ww}{Ws} x100\% \quad \text{..... (2.1)}$$

Dimana:

w = Kadar air (%)

Ww = Berat air (gram)

Ws = Berat butiran padat (gram).

2.2.2 Berat Isi (*Unit Weight*)

Wesley (2011) berpendapat bahwa semua jenis tanah secara umum terdiri atas tiga bahan, yaitu butiran tanah itu sendiri, air serta udara yang terdapat dalam ruangan atau pori (*void*) butir butir tersebut. Jika tanah terisi penuh dengan air, maka tanah tersebut dikatakan tanah jenuh air. Tanah seperti ini biasanya terdapat dibawah muka air tanah. Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa berat volume lembab atau basah (γ_b) adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara dengan volume total tanah. Perhitungan berat volume basah tanah dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.2 dan berat volume kering atau berat isi kering dapat dilakukan menggunakan persamaan 2.3 berikut.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \quad \text{..... (2.2)}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma b}{1 + w} \quad \text{..... (2.3)}$$

Dimana:

γ_b = Berat volume basah tanah (gr/cm^3)

γ_d = Berat volume/ isi kering tanah (gr/cm^3)

W = Berat tanah termasuk air dan udara (gr)

V = Volume total tanah (cm^3)

w = Kadar air tanah (%)

2.2.3 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Budi (2011) menyatakan bahwa berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat kering butiran tanah dengan berat air suling pada volume yang sama dengan butiran tersebut. Hardiyatmo (2002) berpandapat berat jenis (*specific gravity*) tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) pada temperatur 4°C dan dilambangkan dengan Gs. Berat jenis dari berbagai jenis tanah berkisar 2,65-2,75. Tanah tak berkohesi biasanya nilai berat jenisnya adalah 2.67, sedangkan untuk tanah kohesif tak organik berkisar antara 2,68-2,72. Besarnya nilai berat jenis tanah pada masing-masing tanah dapat dilihat pada tabel 2.4 pada halaman 10.

Tabel 2.4 Berat jenis tanah

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau anorganik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung anorganik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Untuk menghitung berat jenis tanah dapat dilihat pada persamaan 2.4 berikut ini.

$$Gs = \frac{\gamma s}{\gamma w} \quad \text{..... (2.4)}$$

Dimana:

Gs = Berat jenis tanah

γ_s = Berat volume butir

γ_w = Berat volume air.

2.2.4 Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa batas konsistensi tanah hanya dapat di uji pada tanah berbutir halus atau tanah kohesif, terdapat dua parameter pengujian untuk menentukan nilai batas konsistensi tanah yaitu batas cair *(liquid limit)* dan batas plastis *(plastic limit)*. Pada dasarnya batas cair (LL) merupakan kadar air pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas dari daerah plastis. Batas cair juga didefinisikan sebagai kadar air pada 25 kali ketukan pada alat pengujian batas cair (mangkuk casagrande). Untuk mendapatkan kadar air pada ketukan 25 kali maka biasanya percobaan batas cair dilakukan beberapa kali, yaitu dengan kadar air yang berbeda dengan jumlah ketukan berkisar antara 15-35. Hubungan kadar air digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali ketukan.

Hardiyatmo (2002) berpendapat batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase

kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung atau diplintir. Batas plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji. Pengujian batas cair dan batas plastis dilakukan untuk mendapatkan indeks plastisitas tanah yang digunakan untuk menentukan sistem klasifikasi tanah.

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa Indeks Plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batas mengenai indek plastisitas, sifat, macam tanah dan kohesi dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Indek plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 - 17	Plastisitas sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis. Untuk mendapatkan nilai indeks plastisitas tanah dapat dihitung dengan persamaan 2.5 di bawah ini.

$$Pl = LL - PL \quad \text{..... (2.5)}$$

Dimana:

PI = Indeks plastisitas (%)

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

2.2.5 Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa analisa saringan tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan dengan ukuran diameter lubang tertentu. Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran

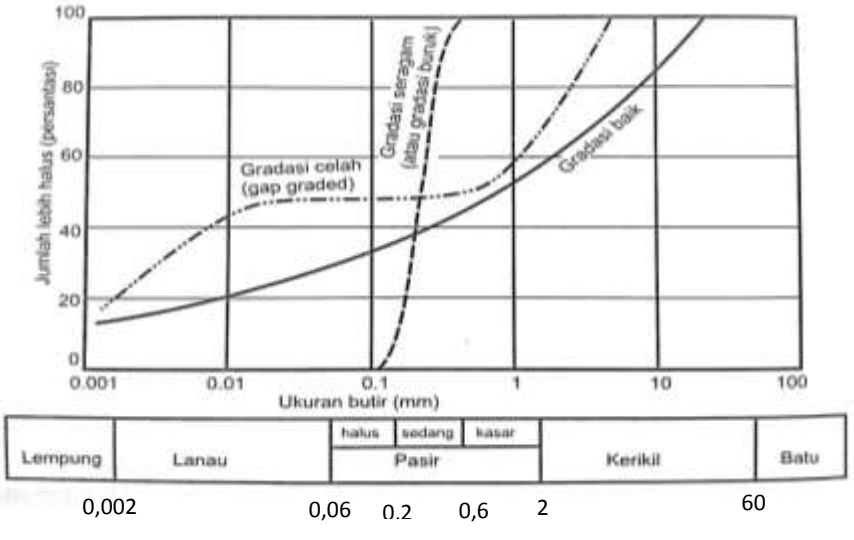
lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar diatas yang kecil. Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan. Pada pengujian analisis saringan terdapat dua jenis tanah yang berbeda yaitu tanah yang berbutir kasar dan tanah yang berbutir halus. Tanah yang berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring tanah dengan satu unit saringan standard, sedangkan tanah yang berbutir halus dilakukan dengan pengujian hidrometer. Susunan saringan menurut standar SNI 3423-2008 diperlihatkan dalam Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Susunan satu unit saringan standar

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)
4	4,750
10	2,000
20	0,850
40	0,425
60	0,250
140	0,106
200	0,075
PAN	-

Sumber : SNI (3423-2008)

Wesley (2011) berpendapat tanah berbutir kasar terdiri dari kerikil dan pasir yang memiliki diameter lebih besar 0,06 mm, sedangkan untuk berbutir halus terdiri dari lempung dan lanau yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,06 mm. Tanah berbutir kasar seperti kerikil dan pasir disebut bahan granular atau tanah tidak berkohesi sedangkan tanah berbutir halus seperti lanau dan lempung disebut sebagai tanah berkohesi. Dalam pengujian analisa saringan besarnya butir tanah digambarkan dalam grafik pembagian butir (*partiker size distribution curv*e) seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 halaman 13 berikut ini.



Gambar 2.1: Kurva distribusi ukuran butiran
Sumber : Wesley (2011)

2.3 Sifat Mekanis Tanah

Menurut Kusuma, dkk (2016), sifat mekanis tanah merupakan sifat prilaku dari struktur massa tanah yang menahan gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknik mekanis. Pengujian sifat mekanis tanah dapat dilakukan di laboratorium seperti uji kelulusan air (*permeability*), kuat geser tanah dan lain sebagainya. Sifat mekanis tanah merupakan sifat perilaku dari struktur massa tanah pada dikenai suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis seperti kuat geser tanah (Das,1993).

2.3.1 Kuat Geser Tanah

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa kuat geser tanah adalah kekuatan tanah untuk melawan pergeseran yang terjadi di dalam tanah. Kuat geser tanah diperlukan untuk berbagai macam persoalan praktis terutama untuk menghitung daya dukung tanah, tegangan tanah terhadap dinding penahan tanah dan kestabilan lereng. Uji geser langsung *(direct shear)* merupakan pengujian yang sederhana untuk mendapatkan nilai kuat geser. Nilai kuat geser tanah diperoleh menggunakan persamaan Coulomb. Rumus kuat geser pada persamaan 2.6 sebagai berikut.

$$\tau = c' + \sigma' \tan \varphi' \quad \text{..... (2.6)}$$

Dimana:

τ = Kuat geser tanah (kN/m^2)

c’ = Kohesi (kN/m^2)

σ’ = Tegangan efektif (kN/m^2)

φ’ = Sudut geser dalam efektif (derajat)

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa, kuat geser tanah pasir dapat ditentukan dari salah satu uji triaxial (*triaxial test*) atau uji geser langsung (*direct shear test*). Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban beban yang bekerja di atas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar sehingga pada kenaikan beban, air pori relatif cepat mehambur ke luar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi terdrainase atau *drained*. Nilai kuat geser φ’ (c’=0) pada masing-masing kondisi pasir diperlihatkan pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Nilai kuat geser pada masing-masing kondisi pasir

Macam	**Sudut geser dalam efektif φ’**	
	Tidak padat	**Padat**
Pasir bulat seragam	27^o	35^o
Pasir gradasi baik, bentuk bersudut	33^o	45^o
Kerikil berpasir	35^o	50^o
Pasir barlanau	27^o – 30^o	30^o – 34^o

Sumber : Hardiyatmo (2002)

2.3.2 Permeabilitas

Hakim, dkk (1986) dalam Awaludin (2017), berpendapat bahwa permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk meneruskan air atau udara. Permeabilitas tanah biasanya diukur dengan istilah kecepatan air yang mengalir dalam waktu tertentu yang diterapkan dalam satuan cm/detik. Tanah dengan pori-pori yang besar seperti pasir dan kerikil memiliki tingkat permeabilitas yang tinggi dibandingkan dengan tanah berpori-pori kecil.

Soedarmo dan Purnomo (1993) berpendapat permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berongga yang kemungkinan air atau cairan lainnya untuk menembus atau merembes melalui hubungan antar pori. Bahan yang mempunyai pori-pori kontinu disebut dengan tembus *(permeable)*. Kerikil mempunyai sifat tembus air yang tinggi sedangkan lempung kaku mempunyai sifat tembus air yang rendah sehingga lempung tidak dapat tembus air *(unpermeable)*.

Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa permeabilitas didefinisikan sifat bahan berpori yang kemungkinan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Tanah dengan pori-pori besar mempunyai tingkat permeabilitas yang tinggi seperti pasir. Masalah utama akibat besarnya permeabilitas umumnya adalah timbulnya tekanan air pori dan terjadi aliran perembesan *(seepage flow)*.

Koefisien permeabilitas (k) mempunyai satuan yang sama dengan kecepatan cm/detik atau mm/detik, yaitu menunjukkan ukuran tahanan tanah terhadap aliran air. Koefisien permeabilitas (k) pada temperatur 20^{o}C dari berbagai jenis tanah ditunjukkan dalam tabel 2.8 (Hardiyamo, 2002).

Tabel 2.8 koefisien permeabilitas (k) berbagai jenis tanah pada temperatur 20^{o}C

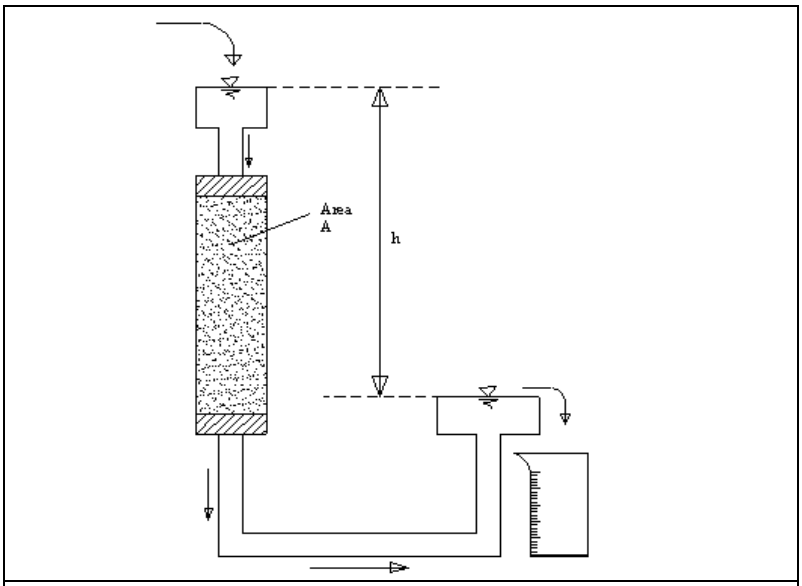
Jenis tanah	k(mm/detik)
Butiran kasar	$10 - 10^{3}$
Kerikil kasar, butiran kasar bercampur pasir sedang	$10^{-2} - 10$
Pasir halus, lanau longgar	$10^{-4} - 10^{-2}$
Lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

Sumber : Hardiyatmo (2002)

2.3.3 Pengujian Permeabilitas Tanah di Laboratorium

Budi (2011) menyatakan bahwa besarnya koefisien permeabilitas tanah dapat ditentukan di laboratorium dengan pengujian *constant head* dan *falling head*. *Constant head* adalah metode percobaan yang dilakukan dengan mempertahankan besarnya tekanan *(head)* selama proses pengujian. Sedangkan *falling head* adalah metode percobaan didasarkan pada perubahan perbedaan tekanan *(head)* selama pengujian. Metode *constant head* cocok digunakan pada tanah non kohesif

(kepasiran) yang mempunyai koefisien permeabilitas relatif besar, dan sebaliknya cara *falling head* lebih cocok untuk tanah kohesif yang memiliki koefisien permeabilitas relatif kecil. Skema pengujian *constant head* dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 : Skema pengujian permeabilitas *constant head*
Sumber : Hardiyatmo (2002)

Hardiyatmo (2002) berpendapat pengujian permeabilitas dengan tinggi energi tetap *(constant-head)* digunakan untuk jenis tanah granular seperti pasir. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan tanah sampel uji ke dalam tabung silinder, banyaknya air yang keluar melewati tanah ditampung gelas ukur dan waktu pengumpulan air dicatat. Untuk memperoleh nilai Q digunakan persamaan Darcy 2.7, sedangkan untuk memperoleh nilai koefisien permeabilitas dilakukan dengan persamaan 2.8 berikut.

$$Q = kiAt$$

atau

$$Q = k(h/L)At \quad \text{..... (2.7)}$$

$$k = \frac{QL}{hAt} \quad \text{..... (2.8)}$$

Dimana:

Q = Volume air dalam gelas ukur (ml, cm^3)

k = Koefisien permeabilitas (cm/detik)

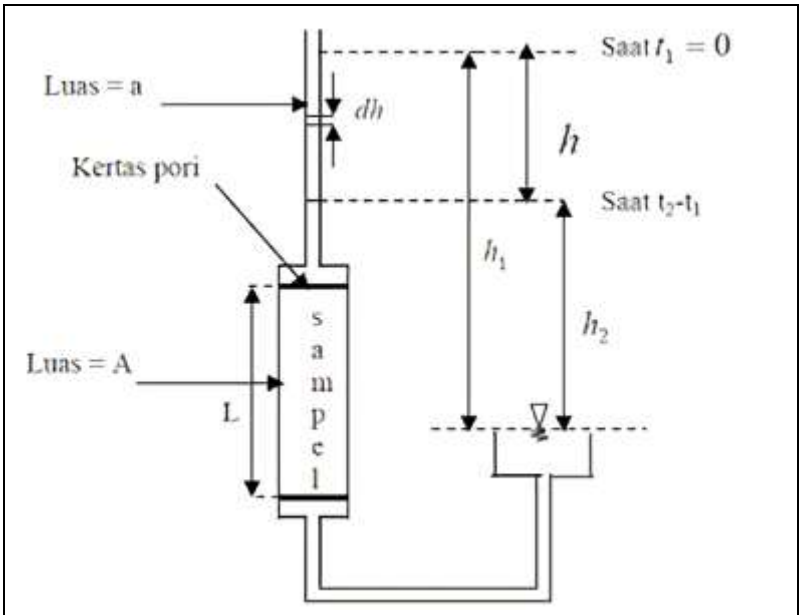
h = Tinggi energi hiang (cm)

A = Luas potongan melintang benda uji (cm)

L = Panjang benda uji atau panjang pengaliran (cm)

t = Waktu pengumpulan air (detik)

Hardiyatmo (2002) berpendapat bahwa uji permeabilitas dengan tinggi energi turun (*falling head)* digunakan untuk jenis tanah berutir halus seperti lempung dan lanau. Prinsip pengujian *falling-head* dilakukan dengan cara tanah sampel uji dimasukkan di dalam tabung permeabilitas. Pipa ukur didirikan di atas benda uji. Air dituangkan lewat pipa pengukur dan dibiarkan mengalir melewati benda uji. Ketinggian air pada awal pengujian *(h1)* pada saat waktu (*t1=0)* dicatat. Pada waktu tertentu *(t2)* pada saat pengujian berlangsung, maka air menjadi *(h2).* Skema pengujian permeabilitas *falling head* diperlihatkan pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 : Skema pengujian permeabilitas *falling head*
Sumber : Hardiyatmo (2002)

Untuk menghitung debit rembesan pada pengujian ini dilakukan menggunakan persamaan 2.9, sedangkan untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas (k) menggunakan persamaan 2.10 berikut.

$$q = kiA = k\frac{h}{L}A = -a\frac{dh}{dt} \quad \text{..... (2.9)}$$

$$k = 2{,}303\left(\frac{aL}{At}\right)\log\left(\frac{h1}{h2}\right) \quad \text{..... (2.10)}$$

Dimana :

q = Debit rembesan (m^3/s)

k = Koefisien permeabilitas (m/s atau cm/s)

h = Perbedaan tinggi pipa sembarang waktu t (m)

A = Luas potongan melintang benda uji (m^2)

a = Luas pipa pengukur (m^2)

L = Panjang benda uji atau panjang pengaliran (m)

2.3.4 Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan

Menurut Hardiyatmo (2002), pengujian permeabilitas di lapangan dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya adalah uji permeabilitas dengan menggunakan lubang bor. Pengujian ini dilakukan dengan cara air dialirkan dengan energi tetap kedalam atau keluar dari lapisan yang diuji melalui ujung dari lubang pipa bor. Ujung dibawah lubang bor harus lebih dari 5d diukur dari lapisan atas dan bawah, dengan d adalah diameter lubang pipa. Ketinggian air di dalam lubang bor dipelihara konstan, perbedaan tinggi dengan air di dalam pipa dan muka air tanah (h). Debit (*q)* yang konstan untuk memelihara ketinggian air supaya konstan, diukur. Persamaan 2.11 digunakan untuk mencari nilai koefisien permeabilitas.

$$k = \frac{q}{2{,}75d} \quad \text{..... (2.11)}$$

Dimana :

d = diameter lubang pipa (cm)

h = beda tinggi air (cm)

q = debit untuk untuk memelihara tinggi energi yang sama (m^3/dt)

Tanzil (1987) berpendapat bahwa, pengujian permeabilitas di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu modifikasi berupa *standpipe piezometer*. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyambungkan *standpipe* dengan pipa transparan, kemudian pipa transparan diisi air sampai memperoleh keadaan yang stabil, ukur penurunan muka air di dalam pipa transparan dengan memperhatikan waktu. Perhitungan nilai koefisien permeabilitas dilakukan menurut jenis tanah yang terdapat di lokasi pengujian. Jika tanah berbutir kasar persamaan yang digunakan adalah *constan-head* dan tanah berbutir halus persamaan yang digunakan adalah *falling-head.*

2.4 Karakteristik Tanah Pasir dan Lanau

Wesley (2011) berpendapat bahwa pasir dibagi menjadi tiga jenis yaitu pasir halus yang memiliki diameter butiran antara 0,06 mm – 0,2 mm, pasir sedang berdiameter butiran 0,2 mm – 0,6 mm dan untuk pasir kasar diameter butiran berkisar 0,6 mm- 2 mm. Pasir juga dikatakan jenis tanah berbutir (granular) atau jenis tanah non kohesif. Sedangkan lanau merupakan jenis tanah berbutir halus dan memiliki diameter ukuran butiran relatif lebih kecil dibandingkan pasir yaitu berdiameter butiran antara 0,06 mm – 0,002 mm. Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir. Lanau bersifat kurang plastis daripada lempung dan permeabilitas yang tinggi.

Pendapat lain mengenai tanah lanau dan pasir dikemukan oleh Hardiyatmo (2002) yang dijelaskan dalam tabel 2.7 halaman 13 dan tabel 2.8 halaman 14. Jenis tanah pasir bercampur lanau memiliki tingkat permeabilitas dan sudut geser lebih besar dibandingkan tanah lempung ataupun lanau. Nilai koefisien permeabilitas jenis pasir berlanau berkisar antara 10^{-4} – 10^{-2} dan nilai sudut geser tanah pasir berlanau berkisar antara 27^{o} – 30^{o}.

2.5 Bendungan

Menurut Putri, dkk (2017), bendungan merupakan bangunan melintang sungai yang berfungsi sebagai penampung air dan untuk menaikan muka air yang biasanya disebut waduk. Dalam pembangunan suatu bendungan, bendungan dibagi

menjadi dua macam yaitu bendungan tipe urugan *(embankment dams)* dan bendungan beton *(concreat dams).* Material penyusun tubuh bendungan menjadi pembeda dari kedua tipe bendungan tersebut. Bendungan urugan dapat digolongkan dalam tiga tipe (RSNI M-03-2002):

1. Bendungan homogen adalah bendungan urugan yang lebih dari 80% dibangun menggunakan tanah yang hampir sejenis dan tanah kedap air.
2. Bendungan zonal yaitu bendungan yang terbentuk dari timbunan yang memiliki gradasi batuan berbeda-beda. Bendungan tipe ini biasanya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian lolos air dan bagian kedap air yang berfungsi menahan rembesan air.
3. Bendungan urugan dengan membran atau sekat adalah bendungan urugan pada lereng bagian hulu dibuat dari lembaran baja tahan karat, aspal, beton bertulang, geomembran, dan lainnya sebagai bagian kedap air.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referesi dalam peniltian ini, adapun penilitian ditampilkan dalam tabel 2.10

Tabel 2.10 Penelitian terdahulu

No	Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
1	Putri, Rangga, Dkk (2017)	Analisa Permeabilitas Zona Inti Dan Zona Firter Bendungan Logung	Dari hasil analisis data permeabilitas menggunakan metode terzagi dan peck: 1. Inti dengan nilai k = 2,482 x 10^{-7}, tanah dikatakan memiliki permeabilitas rendah, drainase buruk serta tipe tanah yang sangat halus 2. Filter halus hulu dengan nilai k = 2,24 x 10^{-4}, permabilitas sedang dengan tanah berupa pasir 3. Firter halus hilir dengan nilai k = 1,98 x 10^{-4}, permabilitas sedang dengan tanah berupa pasir 4. Firter kasar dengan nilai k =4,08 x 10^{-3}, permeabilitas tinggi, drainase bagus serta tanah berupa pasir berkerikil.

No	Nama peneliti	Judul penelitian	Hasil penelitian
2	Dharmayasa (2018)	Analisis Rembesan di Bawah Tubuh Bendungan Urugan	Analisis rembesan di bawah tubuh bendungan mengunakansoftware SEEP/W dan *Flownet* dengan kondisi *cut-off* dan tanpa *cut-off* memperoleh hasil: 1. Dihitung denga SEEP/W, tanpa *cut-off* sebesar $3.162x10^{-6}$ m^3/dt dan dengan *cut-off* = $2.077x10^{-6}$ m^3/d 2. Dihitung denga *flownet*, tanpa *cut-off* sebesar $3.15x10^{-6}$ m^3/dt dan *cut-off* = $1,86x10^{-6}$ m^3/dt 3. Rembesan aman, karena lebih rendah dari yang direncanakan= 4.906 m^3.
3.	Huda, Prabandiyani, Dkk (2019)	Evaluasi Tekanan Air Pori dan Rembesan Pada Bendungan Panohan	Hasil penilitian menggunakan metode analisis piezometer dan v-norch yang dibandingkan dengan metode elemen hingga (*finite element method* / FEM) dengan program perangkat lunak SEEP/W. Kondisi rembesan yang terjadi pada bendungan panohan saat ini tidak aman, karena debit rembesan 0,38 ltr/det melebihi dari syaratkan yaitu 0,35 ltr/det.

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis dengan kerangka acuan yang jelas dalam menyelesaikan permasalahan. Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai tahap-tahapan dari metodologi penelitian untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan yang ada. Mulai dari lokasi penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, parameter-parameter yang diperlukan, kemudian dianalisis mengenai keterkaitan antara variabel satu dengan variabel lainnya. Bagan alir penelitian diperlihatkan pada Lampiran A.3.1 halaman 47.

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di Bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil. Koordinat masing-masing titik pengujian ditampilkan pada Tabel 3.1. Sedangkan peta pengujian permeabilitas di lapangan dan pengambilan sampel tanah terdapat pada Lampiran A.3.4 halaman 50.

Tabel 3.1 Koordinat pengujian permeabilitas lapangan dan pengambilan sampel *undisturbed* (UDS)

No.	Titik	Koordinat	
		N	E
1	BH-01	2°25’7.18’’	97°58’51.93’’
2	BH-02	2°25’6.30’’	97°58’51.54’’
3	BH-03	2°25’4.74’’	97°58’51.85’’
4	BH-04	2°25’3.20’’	97°58’51.58’’

Pengujian lapangan dilakukan pada tubuh Bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil yaitu berupa pengujian permeabilitas lapangan. Pengujian sifat fisis dan mekanis tanah dilakukan di

Laboratorium Terpadu, Divisi Geoteknik Universitas Syiah Kuala berupa pengujian sifat fisis tanah, *direct shear* dan pengujian permeabilitas *falling head.*

3.2 Tahapan Persiapan

Tahapan persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahannya, meliputi:

1. Studi pustaka terhadap permasalahan,
2. Opservasi lapangan, seperti tinjauan awal dan pengambilan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*)
3. Pengumpulan data sekunder dari hasil pengujian permeabilitas lapangan.
4. Menentukan kebutuhan data.

Untuk mengetahui kebutuhan sampel tanah sebelum melakukan pengujian, maka dibuatlah tabel variasi benda uji pada setiap pengujian yang dilakukan di laboratorium, baik pengujian sifat fisis maupun sifat mekanis tanah. Variasi benda uji pada pengujian sifat fisis diperlihatkan dalam tabel 3.2 dan variasi benda uji pada pengujian sifat mekanis diperlihatkan pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.2 Variasi benda uji pada pengujian sifat fisis tanah.

Titik	Sub Sampel						Total
	Kadar air	Berat isi	Berat jenis	Batas cair	Batas plastis	Analisi saringan	
BH-01	3	1	3	4	3	1	15
BH-02	3	1	3	4	3	1	15
BH-03	3	1	3	4	3	1	15
BH-04	3	1	3	4	3	1	15

Tabel 3.2 Variasi benda uji pada pengujian sifat mekanis tanah.

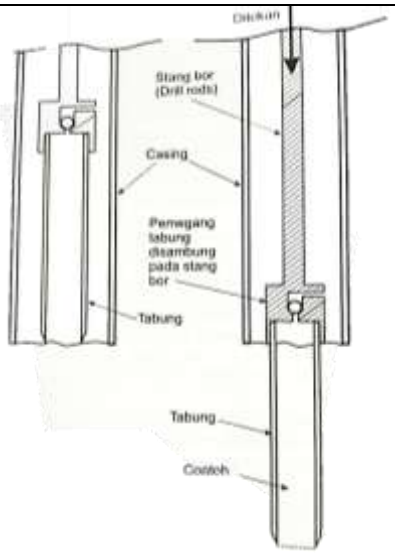
Titik	Sub Sampel		Total
	Geser langsung *(Direct shear)*	Permeabilitas *falling head*	
BH-01	3	3	6
BH-02	3	3	6
BH-03	3	3	6
BH-04	3	3	6

3.3 Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel secara tidak terganggu *(undisturbed)* dilakukan menggunakan alat *boring* berpedoman pada metode SNI 2436-2008, SNI 4153-2008, dan ASTM D 1587. Pengambilan sampel *undisturbed* (UDS) dilakukan dengan cara berikut:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah tanah di bor menggunakan alat boring sedalam 2,5 meter,
2. Pada ujung setang bor dipasang tabung UDS dengan panjang 50-60 cm,
3. Tabung UDS tersebut ditancapkan pada lubang bor yang telah dibuat sampai tanah terisi penuh dalam tabung
4. Angkat dan lepaskan tabung UDS dari setang bor, langkah selanjutnya adalah tutup tabung menggunakan lilin atau plastik untuk menjaga kadar air,
5. Tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian pada tanah tersebut. Setiap tabung UDS diberikan kode supaya sampel tanah tidak tertukar antara satu titik uji dengan titik uji lainnya.

Prosedur pengambilan sampel menggunakan alat boring dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1: Sketsa pengambilan sampel UDS menggunakan alat boring
Sumber : Wesley (2011)

3.4 Pengujian Sifat Fisis Tanah

Metode pengujian sifat-sifat fisis tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pengujian kadar air (*water content***)** dilakukan berpedoman pada SNI 1965-2008, adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut:
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti timbangan dengan ketilitian 0,01, 3 buah container dan open dengan suhu 110^{o}C.
   - Ambil sampel tanah di dalam tabung UDS dengan menggunakan alat bantu spatula sebanyak dua container/cawan dan timbang berat kira-kira 15-20 gram.
   - Sampel tanah yang sudah ditimbang kemudian dimasukkan kedalam open dengan suhu 110^{o}C selama 24 jam untuk memperoleh berat kering dari tanah tersebut.
   - Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dalam satu sampel tanah. hal ini bertujuan untuk memperoleh nilai rata-rata kadar air.
   - Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.
   - Lakukan perhitungan kadar air sesuai persamaan 2.1 halaman 8.

b. Pengujian berat isi tanah (*unit weight*) dilakukan berpedoman pada SNI 03-3637-1994, adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut:
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti timbangan dengan ketilitian 0,01 dan 0,1, rol, jangka sorong, spatula, *extruder*, dan open dengan suhu 110^{o}C.
   - Ukur diameter dan tinggi sampel tanah yang diperoleh dari pengambilan sampel *undisturbed* (UDS) di lapangan.
   - Timbang berat tanah beserta tabung UDS.
   - Lakukan pengujian kadar air, seperti yang telah dijelaskan pada proses pengujian kadar air sebelumnya.
   - Keluarkan sampel dari tabung UDS menggunakan alat *extruder*, kemudian sampel tanah dimasukkan kedalam plastik tutup dengan rapat untuk menjaga pengurangan kadar air dari tanah.

- Timbang berat tabung kosong.
- Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.
- Lakukan perhitungan berat isi tanah sesuai persamaan 2.2 halaman 9.

c. Pengujian berat jenis (*specific gravity*) dilakukan berpedoman pada SNI 1964-2008, adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut:
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti timbangan dengan ketilitian 0,01, 3 buah picnometer, kompor listrik dan saringan no.4.
   - Siapkan sampel tanah kering udara lolos saringan no.4 sebanyak 25 gram per satu sub sampel, dan air suling.
   - Timbang berat labu ukur/picnometer
   - Timbang berat labu ukur tambah air sesuai batas yang ditetapkan pada labu ukur.
   - Masukkan sampel tanah lolos saringan no.4 kedalam dua buah labu ukur kosong sebanyak 25 gram per labu ukur
   - Kemudian masukkan air suling kedalam labu ukur yang telah terisi sampel tanah kira-kira sampel tanah tenggelam
   - Panaskan piknometer berisi sampel tanah dan air pada kompor listrik selama 10 menit, pekerjaan ini bertujuan untuk mengeluarkan udara yang ada pada sampel tanah.
   - Diamkan sampel tanah selama 24 jam, kemudian tambahkan air suling kedalam sampel tanah sesuai batas yang telah ditetapkan pada labu ukur.
   - Timbang labu ukur, sampel tanah dan air.
   - Ulangai pengujian ini sebanyak 3 (tiga) kali untuk memperoleh nilai berat jenis rata-rata.
   - Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.
   - Lakukan perhitungan berat jenis tanah mengunakan persamaan 2.4 halaman 10.

d. Pengujian analisa saringan (*sieve analysis*) yang digunakan adalah analisis hidrometer (untuk tanah berbutir halus) dengan standar SNI 3423-2008, adapun langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut:
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti hidrometer 152 H, thermometer, alat pengaduk (*mechanical stirrer*), gelas ukur, oven dengan suhu 110^{o}C, 1(satu) set saringan standar dan timbangan dengan ketilitian 0,01.
   - Siapkan sampel tanah lolos saringan 10 sebanyak 50-100 gram dan bahan pengurai 100 ml yaitu campuran 40 ml kalgon dan 100 ml air suling.
   - Rendam sampel tanah dengan bahan pengurai (bahan kimia) di dalam mangkok atau wajan selama 24 jam.
   - Aduk tanah yang telah direndam mengunakan alat mekanika stirrer selama 10-15 menit sesuai dengan jenis tanah.
   - Pindahkan campuran kedalam gelas ukur, tambahkan air suling sampai memperoleh 1000 ml dalam gelas ukur dan ukur suhu temperatur air dalam gelas ukur ^{o}C.
   - Tutup rapat mulut gelas ukur mengunakan tangan kemudian kocok sehingga air tercampur dengan tanah kira-kira 60 detik.
   - Lakukan pembacaan hidromemeter, ulangi pembacaan pertama dilakukan sebanyak 3 kali pembacaan. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjad nya *human error.*
   - Saring (uji saringan basah) sampel tanah yang telah di uji hidrometer, kemudian sampel yang tertahan saringan no 200 dimasukkan kedalam open selama 24 jam.
   - Lakukan pengujian analisa saringan kering yaitu dengan satu set saringan standar.
   - Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.

e. Pengujian batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan pada tanah kohesif seperti lempung dan lanau. Dalam pengujian konsistensi tanah (*atterberg limit*) terdapat dua pengujian yaitu uji batas cair (*liquid limit*) dengan standar

SNI 1967-2008 dan uji batas plastis (*plastis limit*) menggunakan SNI 1966-2008. Adapun langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian batas cair (*liquid limit*)
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti alat uji batas cair (*casagrande test*), spatula, timbangan dengan ketilitian 0,01, 4 buah container, open dengan suhu 110^{o}C, saringan no.40.
   - Siapkan sampel tanah kering udara lolos saringan 40 sebanyak 500-1000 gram dan air suling secukupnya.
   - Campur tanah dengan air sehingga menjadi adonan, kemudian adonan tersebut dimasukkan kedalam mangkuk casagrande.
   - Lalu lakukan pengujian menggunakan alat casagrande, yaitu dua buah sampel tanah di atas 25 kali ketukan dan dua buah sampel tanah di bawah 25 kali ketukan. Ketukan mangkuk casagrande berkisar antara 15-35 ketukan.
   - Setiap pengujian sampel tanah, baik di atas maupun di bawah 25 kali ketukan, tanah dimasukkan kedalam container dan timbang berat tanah + container kira-kira 20-25 gram.
   - Sampel tanah dalam container dimasukan kedalam open dengan suhu 110^{o}C selama 24 jam, lalu timbang berat kering sampel tersebut.
   - Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.
   - Lakukan perhitungan kadar air dan dari hasil kadar air tersebut dimasukkan kedalam grafik logaritmik hubungan antara kadar air dengan ketukan. Nilai batas cair diperoleh dari grafik yaitu pada ketukan 25 kali mangkok casagrande.
2. Pengujian batas plastis *(plastic limit*)
   - Siapkan peralatan yang dibutuhkan dalam pengujian, seperti alat uji batas plastis (plat kaca), spatula, timbangan dengan ketilitian 0,01, 3 buah container, open dengan suhu 110^{o}C, saringan no.40.

- Siapkan sampel tanah kering lolos saringan no.40 sebanyak 50 gram dan air suling.
- Letakkan sampel tanah di atas plat kaca dan campur dengan air sampai menjadi cukup plastis.
- Lakukan pengujian batas cair dengan cara memplintir atau menggelengkan tanah dengan telapak tangan di atas plat kaca hingga membentuk bulatan panjang berdiameter 3 mm. Pengujian ini dilakukan sampai memperoleh retakan pada tanah yang diplintir.
- Kemudian setiap sampel tanah yang telah mengalami keretakan dimasukkan kedalam 3 container untuk ditimbang berat basah
- Open selama 24 jam dan timbang berat kering tanah.
- Untuk memperoleh nilai batas plastis rata-rata, lakukan pengujian sebanyak 3 (tiga) kali dalam satu sampel tanah secara berulang-ulang.
- Setiap pekerjaan dicatat pada form pengujian yang telah disiapkan.

3.5 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah dalam penelitian ini antara lain adalah uji kuat geser dengan pengujian geser langsung (*direct shear*) dan pengujian permeabilitas tinggi energi turun (*falling head*) di laboratorium. Berikut adalah metode pengujian yang digunakan dalam masing-masing pengujian ini.

1. Pengujian geser langsung (*direct shear*) dilakukan menggunakan metode SNI 3420-2016. Langkah-langkah pengujian dilakukan dengan cara berikut:
   - Sampel tanah dicetak ke dalam cincin/kotak geser *(shear box)* dari logam dan dua buah batu pori, yang diletakkan di atas dan di bawah benda uji tanah tersebut.
   - Tanah yang telah dicetak ke dalam kotak geser diletakkan pada alat uji *direct shear test* untuk dilakukan pengujian.

- Pungujian ini dilakukan pada tiga sup sampel tanah dengan beban yang berbeda-beda.
- Pada sup sampel kedua dan ke tiga beban akan terus di tambahkan. Gambar alat uji kuat geser *(direct shear)* diperlihatkan pada lampiran gambar A.3.11 halaman 54.

2. Uji permeabilitas laboratorium dengan prinsip tinggi energi turun *(falling head)* dilakukan sesuai metode SNI 03-6870-2002. Langkah-langkah pengujian dilakukan dengan cara berikut:
   - Sampel tanah *undisturbed* dicetak kedalam cetakan benda uji permeabilitas yang berdiameter 6,32 cm dan panjang 12,50 cm.
   - Kemudian pada bagian bawah dan atas benda uji diletakan baru pori.
   - Pasang cetakan yang berisi benda uji pada alat uji permeabilitas.
   - Masukkan air pada pipa buret dan catat muka air mula mula. Tindakan selanjutnya adalah buka kran air pada sambungan pipa buret dengan benda uji sehingga air masuk ke dalam beda uji.
   - Lalukan pembacaan muka air setelah pengujian pada pipa buret dengan memperhatikan waktu.
   - Pengujian ini dilakukan sebanyak 3(tiga) kali pada setiap sampel tanah yang diuji. Gambar alat uji permealitas diperlihatkan pada lampiran Gambar A.3.13 halaman 55.

3.6 Pengujian Permeabilitas Tanah di Lapangan

Nilai koefisien permeabilitas (k) didapatkan dari pengumpulan data sekunder pengujian permeabilitas yang dilakukan di lapangan. Pengujian ini dilakukan oleh tim teknis PT. Indra Karya. Uji permeabilitas di lapangan dilakukan pada kedalaman 2,00 meter.

3.7 Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menentukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Untuk melakukan analisis ini diperlukan berbagai jenis data yang berkaitan dan mendukung perhitungan analisis stabilitas

lereng sesuai dengan jenis kebutuhan data yang akan digunakan dalam analisis ini. Dalam penelitian ini ada dua jenis data yang dikumpulkan yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder terdiri dari data hasil pengujian permeabilitas lapangan. Sedangkan data primer diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium. Adapun parameter pengujian tanah di laboratorium adalah sebagai berikut :

1. Kadar air *(water content)*
2. Berat isi *(unit weight)*
3. Berat jenis *(specific gravity)*
4. Batas cair *(liquid limit)*
5. Batas plastis *(plastic limit)*
6. Analisa saringan *(sieve analysis)*
7. Kuat geser tanah *(direct shear)*
8. Permeabilitas tanah tinggi energi turun *(falling head)*

3.8 Analisa Data

Analisis data pada penelitian ini adalah analisis terhadap hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dan lapangan yaitu meliputi hasil pengujian sifat fisis tanah, hasil permeabilitas di laboratorium dan hasil permeabilitas di lapangan. Dari hasil tersebut ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Pengunaan tabel dan grafik digunakan untuk memudahkan dalam proses menganalisis suatu variabel serta keterkaitan antara satu varibel dengan variabel lainnya. Kegiatan ini dilakukan dengan bantuan komputer menggunakan *microsoft excel*.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan hasil analisis data dan pembahasan sesuai dengan teori-teori dari literatur yang telah diuraikan pada Bab II serta metode penelitian yang telah diuraikan pada Bab III. Hasil pengolahan data yang diuraikan pada bab ini meliputi: Pengujian sifat-sifat fisis, klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*), pengujian permeabilitas laboratorium metode *falling head*, permeabilitas lapangan dan perbandingan antara nilai permeabilitas laboratorium dengan nilai permeabilitas lapangan.

4.1 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah

Pengujian sifat fisis tanah bertujuan untuk mengetahui sifat, jenis dan karakteristik tanah sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan penggunaannya sebagai material pembentuk tubuh bendungan. Pengujian sifat fisis tanah dilakukan pada sampel tanah tak-terganggu (*undisturberd*) yang diperoleh dari hasil pengeboran di kedalaman 2,5 meter sampai dengan 3,5 meter pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan – Aceh Singkil. Pengujian sifat fisis tanah meliputi pengujian kadar air (*water content*), berat isi (*unit weight*), berat jenis (*specific gravity*), batas konsistensi tanah (*atterberg limit*) dan anilisis saringan (*sieve analysis*). Berikut uraian hasil pengujian sifat-sifat fisis yang dilakukan di laboratorium

a. Hasil Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

   Dari hasil pengujian kadar air pada masing-masing titik pengujian memperoleh nilai kadar air sebesar 15,429% sampai dengan 28,637%. Persentase kadar air ini lumayan besar untuk suatu jenis tanah, hal ini disebabkan oleh tanah yang di uji sifat fisis sudah teraliri air dari pengujian permeabilitas yang dilakukan pada kedalaman 2 meter. Hasil pengujian

kadar air pada masing-masing titik pengujian di perlihatkan dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kadar Air di Laboratorium.

Titik	Kedalaman (m)	Kadar Air (%)
BH-01	2,5-3,0	20,427
BH-02	2,5-3,0	15,429
BH-03	2,5-3,0	23,175
BH-04	3,0-3,5	28,637

b. Hasil Pengujian Berat Isi Tanah (*Unit Weight*)

Pengujian ini menjelaskan nilai berat isi tanah pada dua keadaan yaitu keadaan basah dengan keadaan kering. Nilai berat isi kering biasanya lebih kecil dibandingkan nilai berat isi basah tanah. Persentase berat isi basah pada material pembentuk tubuh bendungan berkisar antara 1,311 gr/cm^3 sampai dengan 1,722 gr/cm^3, sedangkan untuk nilai berat isi kering berkisar antara 1,136 gr/cm^3 – 1,374 gr/cm^3. Hasil pengujian berat isi tanah pada masing-masing titik diperlihatkan dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Isi Tanah.

Titik	Kedalaman (m)	γb (gr/cm^3)	γd (gr/cm^3)
BH-01	2,5-3,0	1,655	1,374
BH-02	2,5-3,0	1,311	1,136
BH-03	2,5-3,0	1,654	1,343
BH-04	3,0-3,5	1,722	1,338

c. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Hasil pengujian berat jenis tanah (*specific gravity*) yang diuji di laboratorium memperoleh nilai berat jenis berkisar antara 2,622 sampai dengan 2,661 dengan jenis tanah lanau tak organik. Nilai masing-masing titik pengujian berat jenis diperlihatkan dalam tabel 4.3 halamanan 34 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah di Laboratorium.

Titik	Kedalaman (m)	Nilai Berat Jenis	Jenis Tanah
BH-01	2,5-3,0	2,661	Lanau tak organik
BH-02	2,5-3,0	2,651	Lanau tak organik
BH-03	2,5-3,0	2,630	Lanau tak organik
BH-04	3,0-3,5	2,622	Lanau tak organik

d. Hasil Pengujian Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit)*

Pengujian ini hanya dapat dilakukan pada tanah kohesif seperti lempung dan lanau. Hasil pengujian batas atterberg dapat di lihat dalam pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Batas Konsitensi Tanah

Titik	Kedalaman (m)	Batas Cair (*LL*) (%)	Batas Plastis *(PL)* (%)	Indek Plastisitas *(PI)* (%)
BH-01	2,5-3,0	30,75	27,66	3,09
BH-02	2,5-3,0	23,21	21,63	1,58
BH-03	2,5-3,0	26,22	22,35	3,87
BH-04	3,0-3,5	33,79	23,70	10,09

Nilai indek plastisisitas diperoleh dari hasil selisih antara batas cair dengan batas plastis. Dilihat dari nilai indek plastisitas jenis tanah material pembentuk tubuh bendungan rata-rata adalah lanau dengan plastisitas rendah dan kohesif sebagian.

e. Hasil Pengujian Analisis Saringan (*Sieve-Analysis*)

Nilai analisis saringan digunakan untuk menentukan ukuran diameter butiran dalam suatu kolompok tanah yang digunakan sebagai material pembentuk tubuh bendungan. Nilai persentase ukuran butiran dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Nilai Persentase Ukuran Butiran dan Jenis Tanah

Diameter (mm)	Jenis Tanah	BH-01	BH-02	BH-03	BH-04
> 2,00	Kerikil (%)	2,16	3,66	2,16	3,30
2,00 – 0,074	Pasir (%)	65,70	58,82	60,72	37,18
0,074 – 0,002	Lanau (%)	26,093	23,109	26,12	45,52
< 0,002	Lempung (%)	6,05	14,41	11,00	14,00

Dari tabel 4.5 hasil analisis saringan di atas terlihat bahwa titik BH-01, BH-02 dan BH-03 jenis tanah yang memiliki persentase tertahan terbanyak yaitu pada jenis tanah pasir dan lanau, maka jenis tanah ini dapat dikatagorikan ke dalam jenis tanah pasir berlanau. Sedangkan pada titik BH-04 persentase jenis tanah lanau lebih besar dibandingkan persentase pasir, maka jenis tanah tersebut dikatagorikan ke dalam jenis tanah lanau berpasir.

Dari hasil pengujian sifat fisis yang diuraikan di atas, maka dibuatlah rekapitulasi hasil pengujian fisis tanah yang bertujuan untuk mempermudah dalam proses menganalisis jenis berserta karakteristik tanah pembentuk tubuh bendungan. Tabel rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis tanah diperlihatkan pada Tabel 4.6 dibawah ini. Hasil pengujian sifat fisis tanah selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.4.1- B. 4.16 halaman 59-74.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah

Kode sampel	Kedalaman (m)	Kadar air (%)	Berat isi		Berat jenis	Batas konsistensi		PI (%)	Persen lolos #200 (%)
			γb (gr/cm^3)	γd (gr/cm^3)		LL (%)	PL (%)		
BH-01	2,5-3,0	20,427	1,655	1,374	2,661	30,75	27,66	3,09	32,14
BH-02	2,5-3,0	15,429	1,311	1,136	2,651	23,21	21,63	1,58	37,52
BH-03	2,5-3,0	23,175	1,654	1,343	2,630	26,22	22,35	3,87	37,12
BH-04	3,0-3,5	28,637	1,722	1,338	2,622	33,79	23,70	10,09	59,52

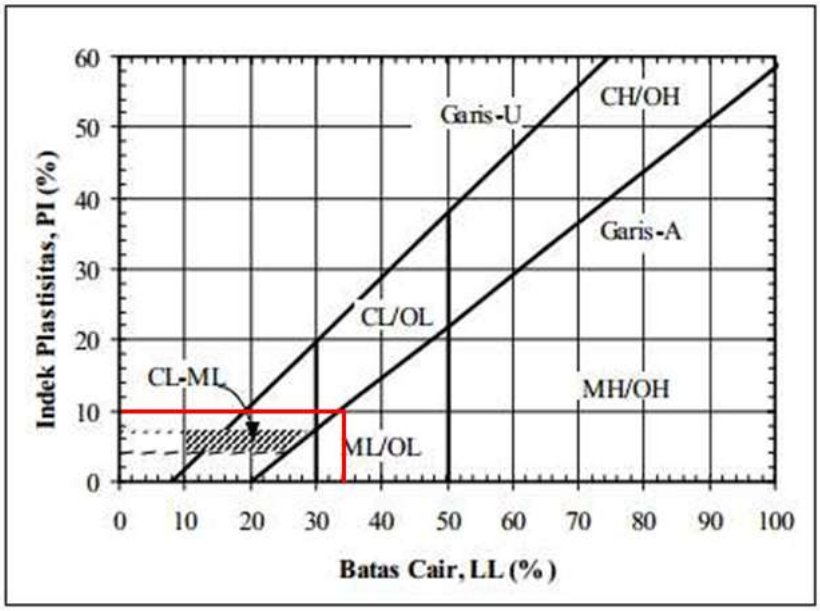
4.2 Hasil Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO dan USCS

Dari hasil pengujian sifat fisis tanah, maka tanah tersebut dapat ditentukan klasifikasi maupun karakteristik tanah pembentuk tubuh bendungan. Sistem klasifikasi tanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan sistem AASHTO dan sistem USCS. Sistem klasifikasi tanah ini didasari pada hasil rekapitulasi pengujian sifat fisis tanah yang dilakukan di laboratorium yang dilampirkan pada tabel 4.6 di atas.

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah sistem AASHTO tanah pada titik BH-01 tergolong kedalam jenis tanah kerikil dan pasir yang mengandung lanau atau lempung (A-2-4) dengan nilai lolos saringan 200 lebih kecil dari 35% yaitu sebesar 32,14%, nilai batas cair (LL) kurang dari 40% yaitu sebesar 30,75% dan nilai indek plastisistas (PI) lebih kecil dari 10% yaitu 3,09%. Pada titik BH-02 lolos saringan nomor 200 sebesar 37,52%, LL = 23,21%, PI = 1,58%, BH-03 nilai #200 = 37,12% LL = 26,22%, PI = 3,87% dan BH-04 #200 = 59,52% LL = 33,79, PI = 10,09%. Berdasarkan nilai tersebut, maka titik BH-02, BH03 dan BH-04 dikelompokkan kedalam jenis tanah berlanau (A-4), sehingga ke-tiga titik tersebut memiliki persentase lolos saringan 200 lebih besar dari 35%, nilai *liquid limit* (LL) kurang dari 40% dan nilai *plasticity index* (PI) maksimal 10%.

Berdasarkan sistem klasfikasi tanah menurut USCS, tanah dikelompokan kedalam dua kelompok yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Dilihat dari hasil rekapitulasi pengujian sifat-sifat fisis tanah yang tertera pada Tabel 4.1 halaman 30, bahwa nilai jenis tanah pada titik BH-01, BH-02 dan BH-03 tergolong kedalam jenis tanah berbutir kasar dengan persentase lolos saringan nomor 200 lebih kecil dari 50% yaitu pada BH-01 sebesar 32,14%, BH-02 sebesar 37,52% dan BH-03 sebesar 37,12%. Sedangkan pada titik BH-04 tanah tanah dikelompokkan kedalam jenis tanah berbutir halus dengan persentase lolos saringan nmor 200 lebih besar dari 50% yaitu sebesar 59,52%. Untuk memperoleh jenis tanah tanah yang lebih akurat, maka tanah tersebut ditinjau dari nilai batas cair (*liquid limit*) dan indek plastisitas (*plasticity index*).

Berdasarkan nilai indek plastisitas (*plasticity index*) pada titik BH-01 sebesar 3,09%, BH-02 nilai PI = 1,58% dan BH-03 nilai PI = 3,87%. Dari nilai indek plastisitas BH-01, BH-02 dan BH-03 tersebut, maka tanah tergolong ke dalam jenis pasir berlanau atau campuran pasir-lanau (SM). Pada titik BH 04 memperoleh nilai batas cair (LL) sebesar 33,79% dan nilai indek plastisitas (PI) sebesar 10,09%. Dari hasil tersebut menunjukkan nilai batas cair lebih kecil dari 50%, maka tanah jenis ini tergolong ke dalam jenis lempung dan lanau, sehingga jenis tanah seperti ini diperlukan analisa terhadap grafik hubungan nilai indek plastisitas dengan nilai batas cair yang diperlihatkan dalam gambar 4.1 halaman 37 berikut.



Gambar 4.1 : Grafik hubungan indek plastisitas dan batas cair

Dari grafik diatas terlihat, bahwa pada titik BH 04 tanah tergolong ke dalam jenis tanah ML atau OL. Untuk memperoleh simbol tunggal, maka dilakukan perbandiangan antara sistem USCS dengan sistem AASHTO. Dari hasil analisa klasifikasi tanah sistem AASHTO tanah tergolong ke dalam jenis tanah lanau (A-4), sehingga dapat disimpulkan bahwa klasifikasi tanah sistem USCS tergolong kedalam tanah lanau tak organik, pasir sangat halus atau pasir halus berlanau (ML).

Adapun hasil klasifikasi tanah pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Hasil klasifikasi tanah menurut sistem AASHTO dan USCS

Kode sampel	Kedalaman (m)	Klasifikasi Tanah Sistem	
		AASHTO	USCS
BH-01	2,5-3,0	(A-2-4) Keriki dan pasir yang mengandung lanau atau lempung	(SM) Pasir berlanau, campuran pasir lanau
BH-02	2,5-3,0	(A-4) Tanah berlanau	(SM) Pasir berlanau, campuran pasir lanau
BH-03	2,5-3,0	(A-4) Tanah berlanau	(SM) Pasir berlanau, campuran pasir lanau
BH-04	3,0-3,5	(A-4) Tanah berlanau	(ML) Lanau tak organik dan pasir sangat halus, pasir halus berlanau

Berdasarkan tabel 4.7 halaman 37 dari hasil klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO maupun USCS terlihat tanah pembentuk tubuh bendungan sianjo-anjo terdapat berbagai jenis tanah yaitu di mulai dari jenis tanah pasir berlanau maupun berlempung hingga kerikir. Dalam proses analisis jenis tanah yang digunakan hanyalah satu jenis tanah, untuk mengetahui jenis tanah, maka dilihat dari hasil pengujian sifat fisis lainnya sepeti nilai berat jenis, ukuran butiran dan nilai sifat fisis lainnya. Dari penilaian tersebut jenis tanah yang diperoleh adalah jenis tanah pasir berlanau, campuran pasir lanau (SM).

4.3 Hasil Pengujian Mekanis Tanah

Adapun pengujian sifat mekanis yang dilakukan di laboratorium meliputi pengujian kuat geser langsung (*direct shear*) dan pengujian permeabilitas tanah tekanan menurun (*falling head*). Berikut ini adalah uraian hasil dari masing-masing pengujian tersebut.

a. Percobaan kuat geser langsung (*direct shear*) di laboratorium dilakukan dengan dilaksanakan sesuai dengan standar SNI 3420-2016. Hasil dari kuat geser langsung (*direct shear)* dapat di lihat pada Tabel 4.8 di bawah ini. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B 4.17 – B 4.20 Halaman 75-78.

Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat geser langsung (*direct shear*)

Kode sampel	Kedalaman (m)	Sudut geser efektif (φ) (derajat)	Jenis tanah
BH-01	2,5-3,0	26,52^{o}	Pasir berlanau kodisi tidak padat
BH-02	2,5-3,0	30,97^{o}	Pasir berlanau kodisi padat
BH-03	2,5-3,0	32,33^{o}	Pasir berlanau kodisi padat
BH-04	3,0-3,5	28,78^{o}	Pasir berlanau kodisi tidak padat

Dari tabel di atas dapat dilihat nilai sudut geser tanah pada tubuh bendungan sangat besar yaitu berkisar antara 26,25^{o} sampai dengan 32,33^{o} dan tergolong kedalam jenis tanah pasir berlanau dalam kondisi tidak padat sampai dengan kondisi padat. Dalam konstruksi tubuh bendungan jenis

tanah seperti pasir sebaiknya dihindari karena dapat menyebabkan bahaya piping serta kelongsoran pada tubuh bendungan.

b. Percobaan permeabilitas tanah (*falling head*) di laboratorium dilaksanakan sesuai dengan standar SNI 03-6870-2002. Pengujian permeabilitas bertujuan untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas (k) pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan – Aceh Singkil. Nilai koefisien permeabilitas tanah (k) dapat dilihat pada Tabel 4.9 halaman 37. Perhitungan selengkapnya diperlihatkan pada lampiran B 4.21 – B 4.24 Halaman 79-82.

Tabel 4.9 Hasil pengujian permeabilitas tanah *falling-head*

Kode sampel	Kedalaman (m)	k (mm/s)	Jenis tanah
BH-01	2,5-3,0	$2{,}012 \times 10^{-2}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-02	2,5-3,0	$1{,}086 \times 10^{-2}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-03	2,5-3,0	$3{,}015 \times 10^{-3}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-04	3,0-3,5	$1{,}656 \times 10^{-3}$	Pasir halus, lanau longgar

Dari tabel uji permeabilitas di laboratorium di atas terlihat bahwa nilai permeabilitas pada tubuh bendungan termasuk kedalam jenis tanah pasir halus dan lanau longgar dengan tingkat permeabilitas yang rendah. Jenis tanah seperti ini merupakan jenis tanah yang mudah ditembus oleh air karena memiliki pori pori yang besar. Dalam kontruksi bendungan terutama pada tubuh bendungan jenis tanah seperti ini tidak dianjurkan atau persentasenya lebih kecil dari pada persentase tanah lempung karena jenis tanah seperti ini dapat menyebabkan berbagai macam permasalahan salah satunya adalah bahaya piping sehingga kondisi bendungan menjadi tidak aman.

4. 4 Hasil Pengujian Permeabilitas Lapangan

Nillai permeabilitas tanah di lapangan merupan data sekunder yang diperoleh dari hasil pengujian permeabilitas lapangan yang dilakukan oleh PT. Indra Karya. Data nilai permeabilitas lapangan dapat dilihat pada tada tabel 4.10 di

bawah ini dan hasil perhitungan pengujian permeabilitas lapangan yang lebih lengkap di perlihatkan pada lampiran B.4.25 – B.4.28 halaman 83-86.

Tabel 4.10 Hasil pengujian permeabilitas lapangan

Kode sampel	Kedalaman (m)	k (mm/s)	Jenis tanah
BH-01	2,00	$1{,}944 \times 10^{-2}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-02	2,00	$1{,}046 \times 10^{-2}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-03	2,00	$2{,}860 \times 10^{-3}$	Pasir halus, lanau longgar
BH-04	2,00	$1{,}578 \times 10^{-3}$	Pasir halus, lanau longgar

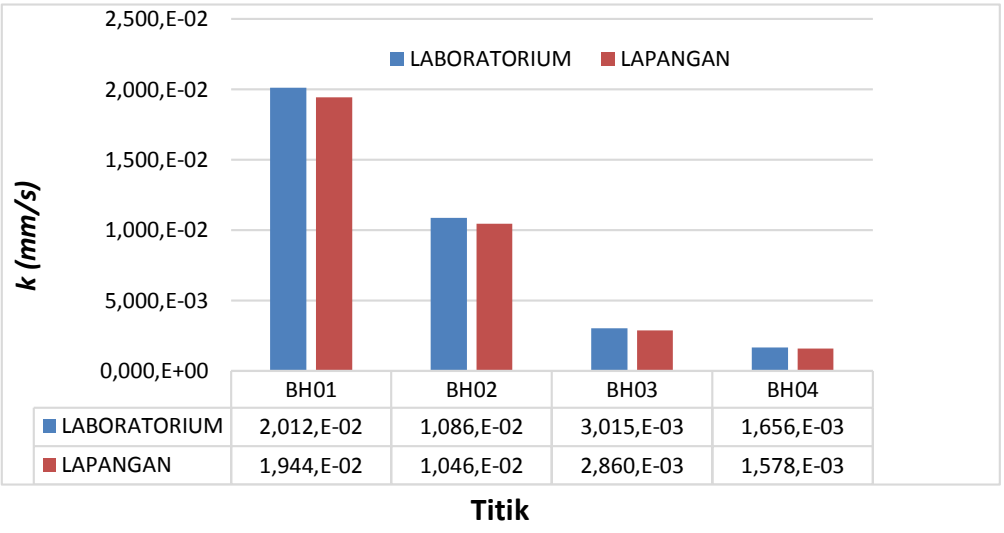
4.5 Perbandingan Nilai Permeabilitas Laboratorium dan Lapangan

Perbandingan nilai permeabilias lapangan dan laboratorium bertujan untuk mendapat persentasen selisih antara nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh dari hasil uji laboratorium dan lapangan, jika nilai permeabilitas lapangan mendekati nilai permeabilitas laboratorium, maka nilai permeabilitas lapangan padat digunakan dan sebaliknya. Untuk menghitung persentase selisih antara nilai koefisien permeabilitas tanah (k) di laboratorium dengan lapangan, maka digunakan persamaan pehitungan persentase selisih yaitu dengan cara nilai awal dikurangani nilai akhir dibagi nilai awal, kemudian dikalikan seratus untuk mendapatkan hasil dalam bentuk persen (%). Hasil dan selisih perbandingan antara nilai permeabilitas laboratorium dan lapangan diperlihatkan dalam tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Selisih perbandingan antara nilai permeabilitas laboratorium dan lapangan.

Kode sampel	k Laboratorium (mm/s)	k Lapangan (mm/s)	Persentase selisih perbandingan (%)
BH-01	$2{,}012 \times 10^{-2}$	$1{,}944 \times 10^{-2}$	3 %
BH-02	$1{,}086 \times 10^{-2}$	$1{,}046 \times 10^{-2}$	4 %
BH-03	$3{,}015 \times 10^{-3}$	$2{,}860 \times 10^{-3}$	5 %
BH-04	$1{,}656 \times 10^{-3}$	$1{,}578 \times 10^{-3}$	5 %

Dari Tabel 4.11 halaman 40 memperlihatkan selisih perbandingan antara nilai koefisien permeabilitas (k) yang diperoleh dari uji di lapangan dengan uji di laboratorium. Untuk mempermudah maka persentase selisih tersebut dibuat dalam bentuk grafik. Grafik 4.1 memperlihatkan selisih perbandingan antara nilai koefisien permeabilias (k) laboratorium dan lapangan.



Grafik 4.1 Selisih perbandingan antara nilai koefisien permeabilias (k) Laboratorium dan Lapangan.

Berdasarkan hasil perbandingan yang diperlihatkan pada tabel 4.11 halaman 40 dan grafik 4.1, bahwa selisih penbandingan antara koefisien permeabilitas (k) laboratorium dan lapangan mendekati. Persentase selisih antara nilai koefisien (k) laboratorium dan lapangan terkecil berada pada titik BH-01 yaitu sebesar 3% dan persentase selisih terbesar yaitu berada pada titik BH-03 dan BH 04 yaitu 5%. Maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan pengunaan nilai koefisien permeabilitas (k) lapangan dapat digunakan untuk proses analisa dan penangan yang cocok pada tubuh bendungan, karena tidak melebihi toleransi tingkat akurasi perhitungan selisih yaitu 5%.

4.6 Pembahasan

Berdasarkan klasifikasi tanah menurut AASHTO dan USCS dari hasil pengujian sifat - sifat fisis tanah pada tubuh bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan

Simpang Kanan, Kabupaten Aceh Singkil. Tanah pembentuk tubuh bendungan yang paling dominan termasuk kedalam jenis tanah pasir yang mengandung lanau atau menurut klasifikasi tanah AASHTO disimbolkan dengan (A-4) dan menurut klasifikasi tanah USCS disimbolkan (SM). Tanah seperti ini sangat tidak dianjurkan sebagai bahan dasar pembentuk tumbuh bendungan, karena dapat menyebabkan kegagalan pada bendungan tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian kuat geser tanah di laboratorium memperoleh nilai sudut geser berkisar antara 26,53^{o} sampai dengan 32,33^{o} dan tergolong kedalam jenis tanah pasir berlanau kondisi tidak padat sampai dengan kondisi padat. Ditinjau dari hasil uji permeabilitas yang dilakukan di laboratorium dan lapangan memperoleh nilai koefisien permeabilitas (k) berkisar antara 1,578 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 2,012 x 10^{-2} mm/s dan tergolong kedalam jenis tanah pasir halus dan lanau longgar.

Persentase selisih antara nilai (k) laboratorium dan lapangan berkisar antara 3% - 5% atau mendekati dan tidak melibihi batas akurasi data persentase selisih yaitu 5%. Dari hasil tersebut bahwa penggunaan hasil koefisien permeabilitas tanah di lapangan dapat digunakan, sehingga tidak membutuhkan waktu lama dengan menunggu hasil permeabilitas tanah yang diuji di laboratorium.

Dari hasil pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah pada tubuh bendungan diperoleh karakteristik material tanah pembentuk tubuh bendungan yaitu rata-rata pasir berlanau dengan tingkat permeabilitas dan sudut geser yang tinggi. Hal ini dapat menyebabkan berbagai macam permasalahan antara lain seperti piping dan mudah terjadinya rembesan sehingga membuat tubuh bendungan menjadi tidak aman untuk dioperasikan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian tentang Analisis Permeabilitas Tanah Yang Dilakukan Di Laboratorium Dan Lapangan Pada Tubuh Bendungan Sianjo-Anjo, Kecamatan Simpang Kanan - Aceh Singkil, maka dapat diberikan bebrapa kesimpulan dan saran.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan dan analisa data, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah munurut AASHTO dan USCS dari hasil pengujian sifat fisis tanah, jenis tanah paling dominan adalah tanah pasir berlanau atau campuran pasir lanau dengan nilai IP berkisar antara 1% -10 %.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat geser tanah di laboratorium memperoleh nilai sudut geser berkisar antara 26,53^{o} sampai dengan 32,33^{o} dan tergolong kedalam jenis tanah pasir berlanau kondisi tidak padat sampai dengan kondisi padat.
3. Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas di laboratorium dan di lapangan memperoleh nilai koefisien permeabilitas (k) berkisar antara 1,578 x 10^{-3} mm/s sampai dengan 2,012 x 10^{-2} mm/s dengan jenis tanah lanau longgar.
4. Persentase selisih antara nilai koefisien permeabilitas (k) lapangan dan laboratorium berkisar 3% sampai dengan 5%.
5. Dari hasil pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah, jenis tanah yang digunakan sebagai material pembentuk tubuh bendungan Sianjo-Anjo harus dipertimbangkan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Disarankan dari hasil sifat fiis dan nilai permeabilitas yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap aternatif penanganan yang cocok pada tubuh bendungan.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya disarankan dapat menghitung koofesien rembesan pada tubuh bendungan.
3. Ketika menganalisis tubuh bendungan data-data yang diperlukan harus lengkap dan akurat agar mendapatkan hasil yang presisi.

DAFTAR PUSTAKA

Awaludin, M., 2017, *Studi Permeabilitas Aspal Buton Sebagai Bahan Lapis Kedap,* Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Bowles, E. J., 1993, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah,* Erlangga, Jakarta.

Budi, G. S., 2011, *Pengujian Tanah di Laboratorium (Penjelasan dan Panduan),* Graha Ilmu, Surabaya.

Das, B. M., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik),* Erlangga, Jakarta.

Dharmayasa, 2018, *Analisis Rembesan di Bawah Tubuh Bendungan Urugan***,** Jurnal Paduraksa, Vol 7, No 1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Nasional, Bali.

Hardiyatmo, C. H., 2002, *Mekanika Tanah I,* Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Huda, Prabandiyani, Dkk, 2019, *Evaluasi Tekanan Air Pori dan Rembasan Pada Bendungan Panohan,* Jurnal Alamiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, Vol 4, No 2, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Kusuma, Mina, Dkk, 2016, *Tinjauan Sifat Fisis dan Mekanis Tanah (Studi Kasus Jalan Carenang Kabupaten Serang).* Junal Fondasi, Volume 5, No 2, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten.

Putri, Rangga, Dkk, 2017, *Analisa Permeabilitas Zona Inti dan Zona Filter Bendungan Logung***,** Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol 6, No 2, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.

Smith, M. J., 1992, *Seri Pedoman Gadwim Mekanika Tanah*, edisi ke empat, Erlangga, Jakarta

SNI, 3637-1994, *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji .*

SNI, 1964-2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah.*

SNI, 1965-2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium.*

SNI, 1966-2008, *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Platisitas Tanah.*

SNI, 3423-2008, *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah.*

SNI, 2436-2008, *Tata Cara Pencatatan dan Indetifikasi Hasil Pengeboran Inti*.

SNI, 03-6870-2002, *Cara Uji Kelulusan Air Untuk Tanah Berbutir Halus Dengan Tinggi Tekanan Menurun.*

SNI, 3420-2016, *Metode Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase*.

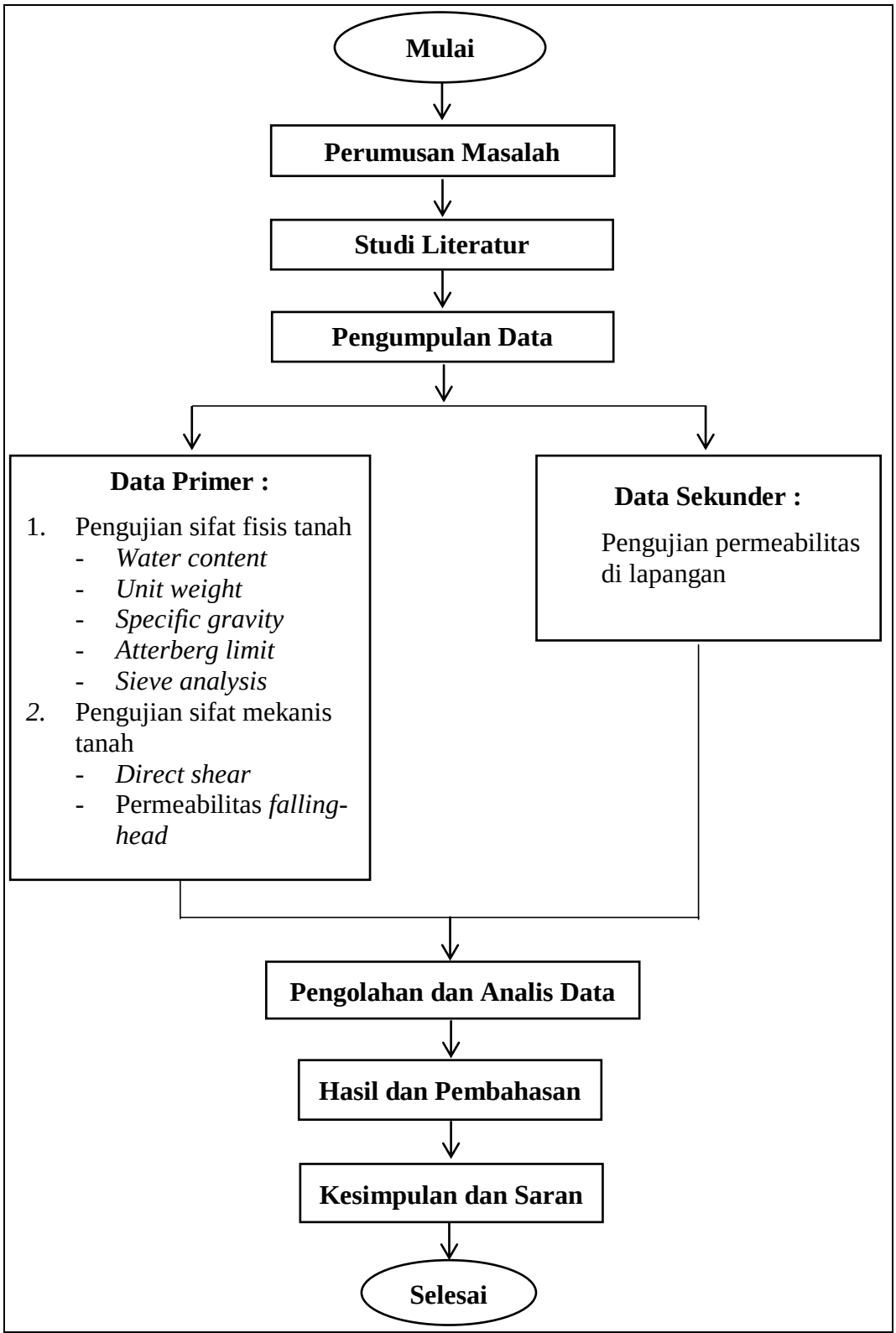
SNI, 2002, *RSNI Metode Analisis Stabilitas Lereng Statis Bendungan Tipe Urugan.*

Sudarmo, D.G dan Purnomo, S. J.E., 1993, *Mekanika Tanah 1*, Kanisius, Malang.

Tanzil, P. A., 1987, *Cara Sederhana Menentukan Permeabilitas di Lapangan*, Jurnal Puslitbang Jalan 2 (IV).

Wesley, L. D., 2011, *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.

LAMPIRAN A

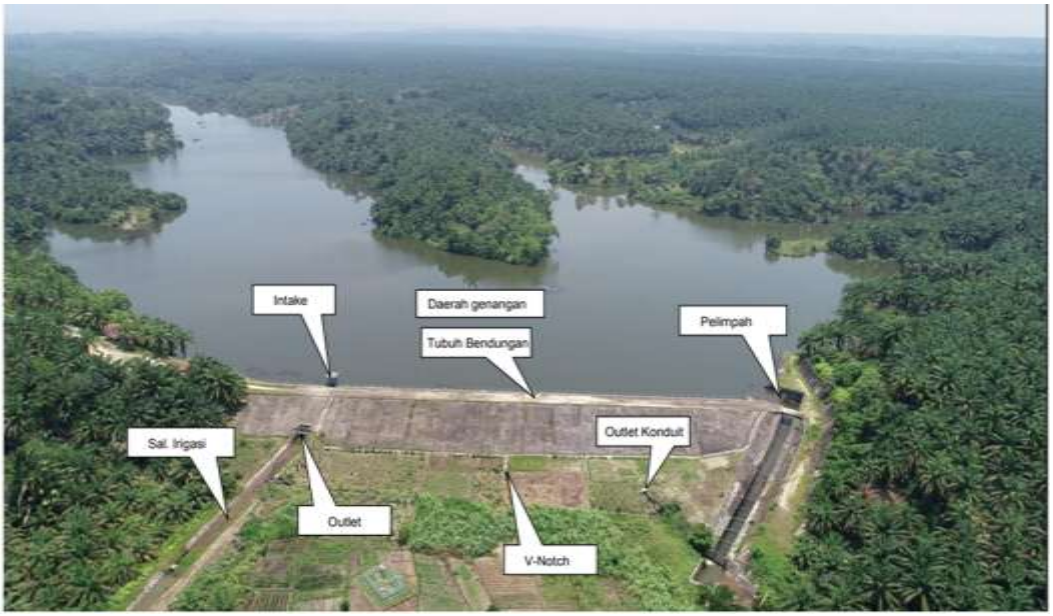


Gambar A.3.1 Bagan Alir Penelitian

Gambar A.3.2 Peta Provinsi Aceh (2021)

Gambar A.3.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Gambar A.3.4 : Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel Tanah
Sumber : Google Earth



Gambar A.3.5 : Bendungan Sianjo-Anjo, Aceh singkil
Sumber : Dokumentasi Lapangan

Gambar A.3.6 : Ovservasi Lapangan
Sumber : Dokumentasi Lapangan

Gambar A.3.7 : Survey Lokasi Bocoran Konduit Bendungan Sianjo-Anjo
Sumber : Dokumentasi Lapangan

Gambar A.3.8 : Pengujian Permeabilitas di lapangan (PT.Indra Karya)
Sumber : Dokumentasi Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Gambar A.3.9 : Pengujian *Unit Wight* dan pengambilan Kadar Air
Sumber : Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Gambar A.3.10 : mencatat hasil uji dan pengujian *Liquid Limit*
Sumber : Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Gambar A.3.11 : Pengujian *Direct Shear*
Sumber : Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Gambar A.3.12 : Proses Pembuatan Benda Uji Permeabilitas
Sumber : Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Gambar A.3.13 : Pemasangan Benda Uji Pada Alat Permeabilitas
Sumber : Laboratorium Geoteknik, Unsyiah

Lampiran B

Klasifikasi umum	Bahan-bahan Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos saringan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis saringan Persen lolos No. 10 No. 40 No. 200	 Maks. 50 Maks. 50 Maks. 50	 Maks. 50 Maks. 25	 Min. 51 Maks. 10	 Maks. 35	 Maks. 35	 Maks. 35	 Maks. 35
Karakteristik fraksi yang lolos saringan No. 40 Batas cair Indeks plastisitas	Maks. 6		NP	Maks. 40 Maks. 10	Min. 41 Maks. 10	Maks. 40 Min. 11	Min. 41 Min. 11
Indek kelompok	0		0	0		Maks. 4	
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkat umum sebagai tanah	Sangat baik sampai baik						

Klasifikasi umum	Bahan-bahan Lanau-lempung (lebih dari 35% lolos saringan No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok				A-7-5*. A-7-6**
Analisis saringan Persen lolos No. 10 No. 40 No. 200	 Min. 36	 Min. 36	 Min. 36	 Min. 36
Karakteristik fraksi yang lolos saringan No. 40 Batas cair Indeks plastisitas	 Maks. 40 Maks. 10	 Min. 41 Maks. 10	 Maks. 40 Min. 11	 Min. 41 Min. 11
Indek kelompok	Maks. 8	Maks. 12	Maks. 16	Maks. 20
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkat umum sebagai tanah	Sedang sampai buruk			

* untuk A-7-5. PI < LL – 30
** untuk A-7-6. PI > LL – 30

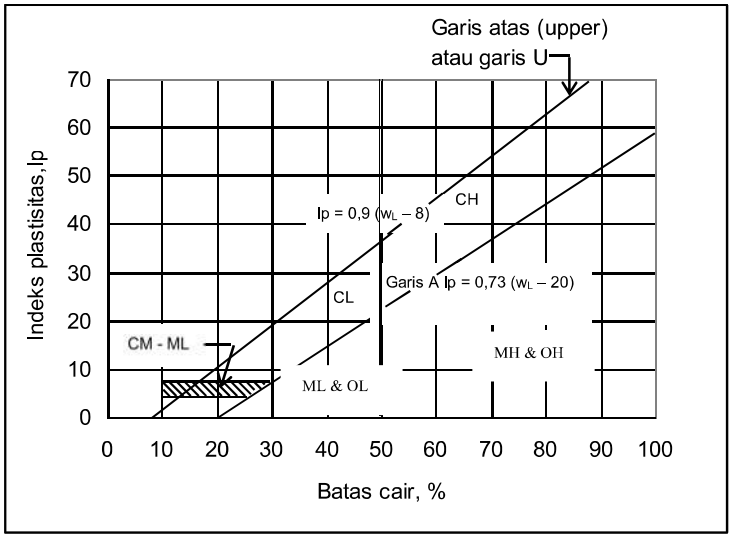
Tabel B.2.1 : Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO
Sumber : Bowles (1993)

DIVISI UTAMA			SIMBOL KELOMPOK	NAMA UMUM
TANAH BERBUTIR KASAR **Lebih dari 50% butiran tertahan saringan no.200**	**KERIKIL** Lebih dari 50% fraksi kasar tertahan saringan no.4	**KERIKIL BERSIH** (butiran halus tidak ada atau sedikit)	GW	Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir, sedikit atau tanpa butiran halus
			GP	Kerikil bergradasi buruk, campuran kerikil-pasir, sedikit atau tanpa butiran halus
		KERIKIL DENGAN UTIRAN HALUS (jumlah butiran halus cukup banyak)	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau, bergradasi buruk
			GC	Kerikil berlempung campuran kerikil-pasir-lempung bergradasi buruk
	PASIR Lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no.4	**PASIR BERSIH** (butiran halus tidak ada atau sedikit)	SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus
			SP	Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus
		PASIR DENGAN BUTIRAN HALUS (jumlah butiran halus cukup banyak)	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau bergradasi buruk
			SC	Pasir berlempung campuran pasir-lempung bergradasi buruk
TANAH BERBUTIR HALUS **50% atau lebih lolos saringan no.200**	**LANAU DAN LEMPUNG** Batas cair lebih kecil dari 50%		ML	Lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan plastisitas rendah
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus
			OL	Lanau organik dan lanau-lempung organik dengan plastisitas rendah
	LANAU DAN LEMPUNG Batas cair lebih besar dari 50%		MH	Lanau anorganik, tanah berpasir atau berlanau halus mengandung mika atau diatoma, lanau elastis
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi
TANAH SANGAT ORGANIK			Pt	Gambut (pcat), rawang (muck), gambur rawa (peat-bog), dan sebagainya

Tabel B.2.2 : Klasifikasi Tanah Sistem USCS (1/2)

Sumber : Bowles (1993)

Kriteria Klasifikasi Laboratorium			
Klasifikasi berdasarkan kurva ukuran butiran	Kurva Klasifikasi berbutir kasar tergantung pada persentase kerikil, pasir, dan perentase butiran halus. Kurang dari 5% GW,GP,SW,SP, Lebih dari 12% GM,GC,SM,SC 5% Sampai 12% Kasus di batas antara memerlukan	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Lebih besar dari 4	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \text{ x } D_{60}}$ diantara 1 dan 3
		Tidak memenuhi semua syarat gradasi untuk GW	
		Batas Atterberg di bawah garis "A", atau I_P kurang dari 4	Di atas garis "A" dengan IP antara 4 dan 7 merupakan kasus batas antara yang membutuhkan simbol ganda
		Batas Atterberg di atas garis "A", dengan I_P lebih besar dari 7	
		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Lebih besar dari 6	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \text{ x } D_{60}}$ diantara 1 dan 3
		Tidak memenuhi semua syarat gradasi untuk SW	
		Batas Atterberg di bawah garis "A", atau I_P kurang dari 4	Di atas garis "A" dengan I_P antara 4 dan 7 merupakan kasus batas antara yang membutuhkan simbol ganda
		Batas Atterberg di atas garis "A", dengan I_P lebih besar dari 7	



Tabel B.2.3 : Klasifikasi Tanah Sisten USCS (2/2)

Sumber : Bowles (1993)

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'7.18
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.93
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH01
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

WATER CONTENT

SNI : 1965 - 2008

SPECIMEN DATA			1	2	3
Container (cont) code			C010	C046	C059
Mass of container	(M_c)	gr	10,39	10,36	10,37
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	22,05	17,32	22,17
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	20,05	16,14	20,19
Wet Specimen	(M_w)	gr	11,66	6,96	11,8
Oven- dried	(W_s)	gr	9,66	5,78	9,82
Mass of water	(W_w)	gr	2	1,18	1,98
Water content	(w)	%	**20,704**	**20,415**	**20,163**
Average water conten	**(w_{AVR})**	**%**	**20,427**		

Pers: 2.1

$$w = \frac{ww}{ws} \text{ x } 100$$

UNIT WEIGHT

SNI : 3637 - 1994

SPECIMEN DATA			1	2	3
Diameter of Specimen	(D)	gr	6,57		
Height of specimen	(H)	gr	48,6		
Mass of ring	(Mr)	gr	2343		
Mass of ring + speciment	(Mrs)	gr	5068		
Mass of Specimen	(Ms)	gr	2725		
Volume of Specimen	(Vs)	cm^3	1646,78		
Wet of Unit Weight	(Υ_b)	**gr/cm^3**	**1,655**		
Dry Unit Weight	(Υ_d)	**gr/cm^3**	**1,374**		

Pers: 2.2, 2.3

$$\Upsilon b = \frac{Ws}{Vs}$$

$$\Upsilon d = \frac{\Upsilon b}{(1+w)}$$

SFECIFIC GRAVITY

SNI : 1964 - 2008

SPECIMEN DATA		1	2	3
Pycnometer (Pycn). Number		**P04**	**P06**	**P02**
Mass of Pync (clean and dry) (W0)	gr	60,19	47,05	50,23
Mass of Pync + Specimen (W0+W3)	gr	85,27	72,12	75,32
Mass of Pync + water at time. test T °C (W1)	gr	159,92	147,22	159,92
Unit mass of water at temp. Test T°C W1		0,9963	0,9963	0,9963
Correction of W1		159,60	146,926	159,6
Mass of pycn + Specimen + water (W2)	gr	175,36	162,58	175,21
Mass of Specimen (W3)	gr	25,08	25,07	25,09
Temperatur test (T1)	°C	28	28	28
Correction factor (K)		0,9980	0,9980	0,9980
Specific gravity (T1) (Gs T1) = W3/((W1+W3)-W2)		2,691	2,663	2,647
Specific gravity (Gs) = Gs T1 *K		2,686	2,657	2,641
Average Specific Gravity		**2,661**		

Pers: 2.4

$$Gs = \frac{\Upsilon s}{\Upsilon w}$$

	Checked by	**Date**	: 05-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	***Zulfan***

Tabel B.4.1 : Hasil Pengujian Kadar Air, Berat Isi, Berat Jenis Titik BH-01
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'7.18
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.93
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

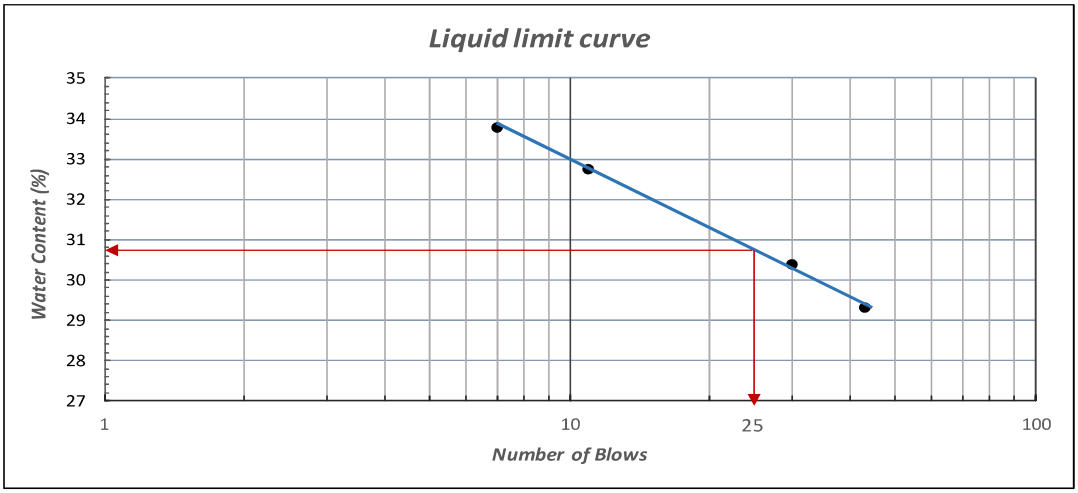
Sample Code : BH01
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

ATTERBERG LIMIT | **SNI** | **LL : 1967 - 2008** **PL : 1966 - 2008**

SPECIMEN DATA			*Liquid Limit*				*Plastic Limit*		
			1	2	3	4	1	2	3
Number of blows	(N)		7	11	30	43	NA		
Container (cont) code			C088	C119	C094	C124	C090	C103	C100
Mass of container	(M_c)	gr	4,54	4,49	4,51	4,55	4,52	4,52	4,52
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	11,23	10,12	11,67	11,65	7,75	7,74	7,81
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	9,54	8,73	10	10,04	7,06	7,03	7,1
Wet Specimen	(M_w)	gr	6,69	5,63	7,16	7,1	3,23	3,22	3,29
Oven- dried	(W_s)	gr	5	4,24	5,49	5,49	2,54	2,51	2,58
Mass of water	(W_w)	gr	1,69	1,39	1,67	1,61	0,69	0,71	0,71
Water content	**(w)**	**%**	**33,80**	**32,78**	**30,42**	**29,33**	**27,17**	**28,29**	**27,52**

Number of blows (N)	7	11	30	43
Water content in semi - log relationship (w) (%)	33,80	32,78	30,42	29,33

53,53



Liquid limit (LL)	**30,75**	***Plasticity index*** **(LL-PL) = (IP) =**	**3,09**	***Description = Silt***
Plastic limit (PL)	**27,66**			

	Checked by	**Date** :	05-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	***Zulfan***

Tabel B.4.2 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis titik BH-01
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N	2°25'7.18
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E	97°58'51.93
Tested By	**: Zulfan Efendi**			
Sample Code	: BH01			
Depth	: 2,5 -3,0 m			
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)			

SIEVE ANALYSIS — **SNI : 3423 - 2008**

SPECIMENT DATA		
Mass of specimen (W)	= 50	**gr**
Specific gravity (Gs)	= 2,66	
Dispersing agent:	Calgon (NaPO3)	
HIDROMETER		
Hidrometer type	= 152 H	
Maniscus correction (Fm)	= 0,5	
Zero correction (Fz)	= 0,5	
Correction factor for Gs (a)	= 0,997	

Sieve Size	**Dia-meter**	**Mass retained**	***Percen* Retained**	***Cumm.of* Percent Retained**	***Percent* passed**
	mm	gr	(%)	(%)	(%)
No.4	4,750	0,000	0	0	100
No.10	2,000	1,080	2,16	2,16	97,84
No.20	0,850	3,980	7,96	10,12	89,88
No.40	0,425	13,260	26,52	36,64	63,36
No.60	0,250	2,500	5	41,64	58,36
No.140	0,106	10,580	21,16	62,8	37,2
No.200	**0,075**	2,530	5,06	67,86	32,14
PAN	-	**0,330**	0,66	68,52	31,48
Mass after test		**34,260**	**68,52**		

Date	**Time (WIB)**	**Elepsed Time** T (min)	**Hidro-meter Reading** R_a	**Temp** T_c (°C)	**Temp. Corr.** C_t (°C)	**R Corr.** R_c	**Percent Finer** (%)	**R Aktual** R	**Eff. Depth** L (cm)	**L/T** (cm/min)	**Value Of K** K	**Dia-meter** (mm)
06-Agu-21	09.00	0,25	20,0	27	2	21,5	42,89	20,5	13	52,000	0,01254	0,09043
	09.00	0,5	15,0	27	2	16,5	32,91	15,5	13,8	27,600	0,01254	0,06588
	09.01	1	13,0	27	2	14,5	28,93	13,5	14,2	14,200	0,01254	0,04725
	09.02	2	12,0	27	2	13,5	26,93	12,5	14,3	7,150	0,01254	0,03353
	09.04	4	11,0	27	2	12,5	24,94	11,5	14,5	3,625	0,01254	0,02388
	09.08	8	10,0	27	2	11,5	22,94	10,5	14,7	1,838	0,01254	0,01700
	09.15	15	9,0	27	2	10,5	20,95	9,5	14,8	0,987	0,01254	0,01246
	09.30	30	6,0	28	2,5	8,0	15,96	6,5	15,3	0,510	0,01246	0,00890
	10.00	60	5,5	28	2,5	7,5	14,96	6,0	15,4	0,257	0,01246	0,00631
	11.00	120	4,0	28	2,5	6,0	11,97	4,5	15,6	0,130	0,01246	0,00449
	13.00	240	3,5	28	2,5	5,5	10,97	4,0	15,7	0,065	0,01246	0,00319
	17.00	480	3,0	28	2,5	5,0	9,97	3,5	15,8	0,033	0,01246	0,00226
07-Agu	09.00	1440	2,5	28	2,5	4,5	8,98	3,0	15,9	0,011	0,01246	0,00131
	09.00	2880	2,0	28	2,5	4,0	7,98	2,5	16,0	0,006	0,01246	0,00093

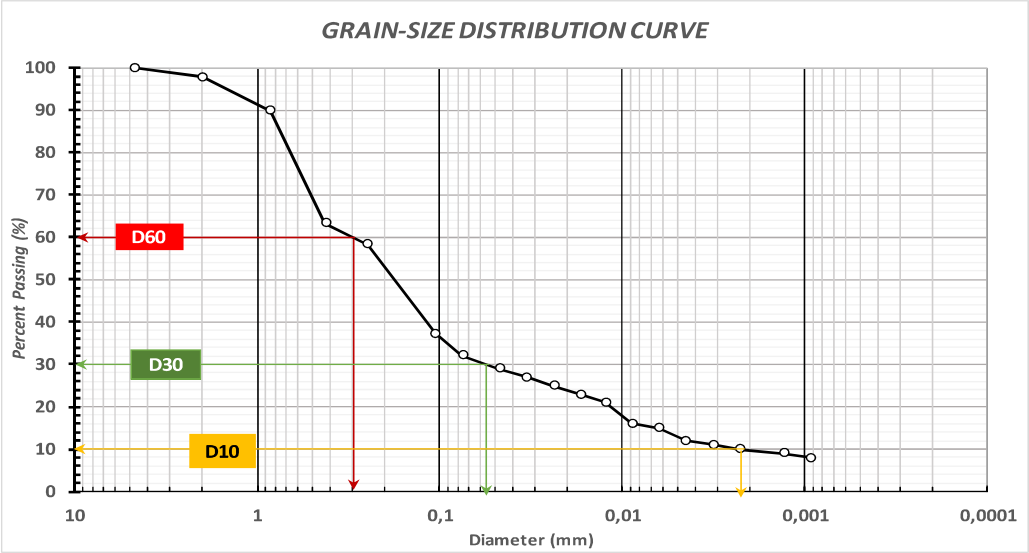
	Checked by	**Date** :	07-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	***Zulfan***

Tabel B.4.3 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-01 (1/1)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'7.18
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.93
Tested By	**: Zulfan Efendi**		
Sample Code	: BH01		
Depth	: 2,5 -3,0 m		
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)		

SIEVE ANALYSIS	**SNI : 3423 - 2008**



GRAVEL	SAND			SILT	CLAY
	COARSE	MEDIUM	FINE		
2	0,6	0,2	0,06	0,002	

Gravel	(> 2,00mm)			G	=	2,16	%
Coarse sand	(2,00 - 0,42 mm)	=	34,48 %	Sand (S)	=	65,70	%
Fine sand	(0,42 - 0,074 mm)	=	31,22 %				
Silt	(0,074 - 0,002 mm)	=		M	=	26,093	%
Clay	(< 0,002 mm)	=		C	=	6,05	%
Diameter of soil particles at which 10% of sample passes (D10)					=	**0,0023**	
Diameter of soil particles at which 30% of sample passes (D30)					=	**0,056**	
Diameter of soil particles at which 60% of sample passes (D60)					=	**0,3**	

Cu =	130,43
Cc =	4,5449

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$$

	Checked by	**Date** : 07-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.4 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-01 (1/2)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'6.30
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.54
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH02
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

WATER CONTENT

SNI : 1965 - 2008

SPECIMEN DATA			1	2	3
Container (cont) code			**C092**	**C046**	**C021**
Mass of container	(M_c)	gr	4,54	4,45	4,54
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	30,54	22,43	23,40
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	27,16	19,97	20,87
Wet Specimen	(M_w)	gr	26	17,98	18,86
Oven- dried	(W_s)	gr	22,62	15,52	16,33
Mass of water	(W_w)	gr	3,38	2,46	2,53
Water content	(w)	%	**14,943**	**15,851**	**15,493**
Average water conten	**(w_{AVR})**	**%**	**15,429**		

Pers: 2.1

$$w = \frac{Ww}{Ws} \text{ x } 100$$

UNIT WEIGHT

SNI : 3637 - 1994

SPECIMEN DATA			1	2	3
Diameter of Specimen	(D)	gr	6,89		
Height of specimen	(H)	gr	49,5		
Mass of ring	(Mr)	gr	2238		
Mass of ring + speciment	(Mrs)	gr	4656		
Mass of Specimen	(Ms)	gr	2418		
Volume of Specimen	(Vs)	cm^3	1844,65		
Wet of Unit Weight	**(Υ_b)**	**gr/cm^3**	**1,311**		
Dry Unit Weight	**(Υ_d)**	**gr/cm^3**	**1,136**		

Pers: 2.2, 2.3

$$\Upsilon b = \frac{Ws}{Vs}$$

$$\Upsilon d = \frac{\Upsilon b}{(1+w)}$$

SFECIFIC GRAVITY

SNI : 1964 - 2008

SPECIMEN DATA		1	2	3
Pycnometer (Pycn). Number		**P04**	**P02**	**P06**
Mass of Pync (clean and dry) (W0)	gr	60,19	46,41	47,05
Mass of Pync + Specimen (W0+W3)	gr	71,17	74,05	72,12
Mass of Pync + water at time. test T °C (W1)	gr	159,92	146,64	159,93
Unit mass of water at temp. Test T°C W1		0,9963	0,9963	0,9963
Correction of W1		159,60	146,347	159,61
Mass of pycn + Specimen + water (W2)	gr	166,47	163,49	175,27
Mass of Specimen (W3)	gr	10,98	27,64	25,07
Temperatur test (T1)	°C	28	28	28
Correction factor (K)		0,9980	0,9980	0,9980
Specific gravity (T1) (Gs T1) = W3/((W1+W3)-W2)		2,671	2,633	2,664
Specific gravity (Gs) = Gs T1 *K		2,666	2,628	2,659
Average Specific Gravity		**2,651**		

Pers: 2.4

$$Gs = \frac{\Upsilon s}{\Upsilon w}$$

	Checked by	**Date**	: 05-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	
		Zulfan	

Tabel B.4.5 : Hasil Pengujian Kadar Air, Berat Isi, Berat Jenis Titik BH-02
Sumber : Uji Laboratorium

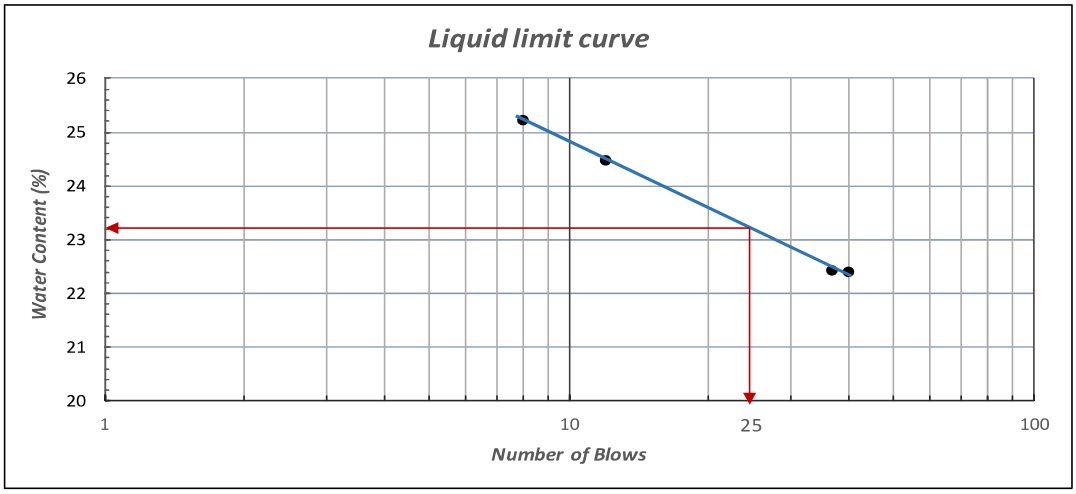
Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'6.30
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.54
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH02
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

ATTERBERG LIMIT — **SNI** — **LL : 1967 - 2008**, **PL : 1966 - 2008**

SPECIMEN DATA			*Liquid Limit*				*Plastic Limit*		
			1	2	3	4	1	2	3
Number of blows	(N)		8	12	37	40	NA		
Container (cont) code			C047	C050	C122	C08	C075	C063	C102
Mass of container	(M_c)	gr	4,48	4,47	4,55	4,5	4,53	4,54	4,52
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	9,99	11,23	10,44	12,09	7,33	6,87	6,98
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	8,88	9,9	9,36	10,7	6,83	6,46	6,54
Wet Specimen	(M_w)	gr	5,51	6,76	5,89	7,59	2,8	2,33	2,46
Oven- dried	(W_s)	gr	4,4	5,43	4,81	6,2	2,3	1,92	2,02
Mass of water	(W_w)	gr	1,11	1,33	1,08	1,39	0,5	0,41	0,44
Water content	**(w)**	**%**	**25,23**	**24,49**	**22,45**	**22,42**	**21,74**	**21,35**	**21,78**

Number of blows (N)	**8**	**12**	**37**	**40**
Water content in semi - log relationship (w) (%)	**25,23**	**24,49**	**22,45**	**22,42**



Liquid limit (LL)	**23,21**	***Plasticity index*** **(LL-PL) = (IP) =**	**1,58**	***Description = Silt***
Plastic limit (PL)	**21,63**			

	Checked by	**Date** : 08-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.6 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis titik BH-02
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N	2°25'6.30
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E	97°58'51.54
Tested By	**: Zulfan Efendi**			
Sample Code	: BH02			
Depth	: 2,5 -3,0 m			
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)			

SIEVE ANALYSIS — **SNI : 3423 - 2008**

SPECIMENT DATA		
Mass of specimen (W)	= 50	**gr**
Specific gravity (Gs)	= 2,65	
Dispersing agent:	Calgon (NaPO3)	
HIDROMETER		
Hidrometer type	= 152 H	
Maniscus correction (Fm)	= 0,5	
Zero correction (Fz)	= 0,5	
Correction factor for Gs (a)	= 1,000	

Sieve Size	Dia-meter	Mass retained	*Percen* Retained	*Cumm.of* Percent Retained	*Percent* passed
	mm	gr	(%)	(%)	(%)
No.4	4,750	0,000	0	0	100
No.10	2,000	1,830	3,66	3,66	96,34
No.20	0,850	3,100	6,2	9,86	90,14
No.40	0,425	11,090	22,18	32,04	67,96
No.60	0,250	2,400	4,8	36,84	63,16
No.140	0,106	10,170	20,34	57,18	42,82
No.200	**0,075**	2,650	5,3	62,48	37,52
PAN	-	**0,610**	1,22	63,7	36,3
Mass after test		**31,850**			

Date	Time (WIB)	Elepsed Time T (min)	Hidro-meter Reading R_a	Temp T_c (°C)	Temp. Corr. C_t (°C)	R Corr. R_c	Percent Finer (%)	R Aktual R	Eff. Depth L (cm)	L/T (cm/min)	Value Of K K	Dia-meter (mm)
06-Agu-21	09.00	0,25	17,0	27	2	18,5	36,99	17,5	13,5	54,000	0,01258	0,09244
	09.00	0,5	10,0	27	2	11,5	23,00	10,5	14,7	29,400	0,01258	0,06821
	09.01	1	9,5	27	2	11,0	22,00	10,0	14,75	14,750	0,01258	0,04831
	09.02	2	9,5	27	2	11,0	22,00	10,0	14,75	7,375	0,01258	0,03416
	09.04	4	8,0	27	2	9,5	19,00	8,5	15	3,750	0,01258	0,02436
	09.08	8	7,0	27	2	8,5	17,00	7,5	15,2	1,900	0,01258	0,01734
	09.15	15	4,0	28	2,5	6,0	12,00	4,5	15,6	1,040	0,01244	0,01269
	09.30	30	4,0	28	2,5	6,0	12,00	4,5	15,6	0,520	0,01244	0,00897
	10.00	60	3,0	28	2,5	5,0	10,00	3,5	15,8	0,263	0,01244	0,00638
	11.00	120	3,0	28	2,5	5,0	10,00	3,5	15,8	0,132	0,01244	0,00451
	13.00	240	2,5	28	2,5	4,5	9,00	3,0	15,9	0,066	0,01244	0,00320
	17.00	480	2,0	28	2,5	4,0	8,00	2,5	16	0,033	0,01244	0,00227
7-Agu	09.00	1440	1,5	28	2,5	3,5	7,00	2,0	16,05	0,011	0,01244	0,00131
	09.00	2880	1,0	28	2,5	3,0	6,00	1,5	16,1	0,006	0,01244	0,00093

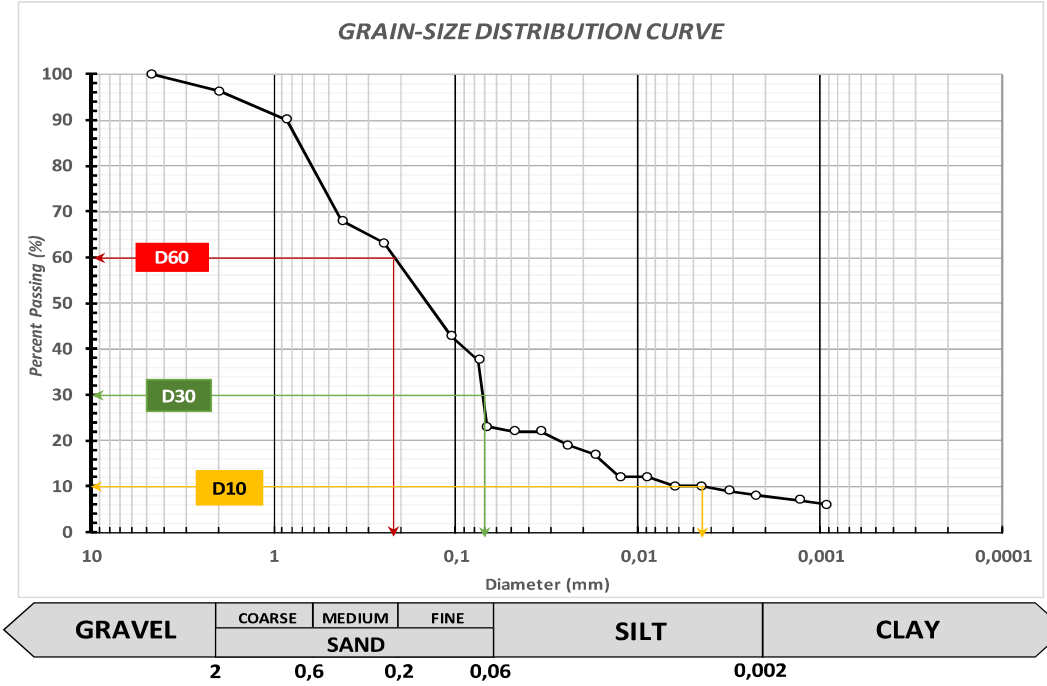
	Checked by	**Date** :	07-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***	

Tabel B.4.7 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-02 (1/1)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'6.30
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.54
Tested By	**: Zulfan Efendi**		
Sample Code	: BH02		
Depth	: 2,5 -3,0 m		
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)		

SIEVE ANALYSIS	**SNI : 3423 - 2008**



Gravel	(> 2,00mm)			G	=	3,66	%
Coarse sand	(2,00 - 0,42 mm)	=	28,38 %	Sand (S)	=	58,82	%
Fine sand	(0,42 - 0,074 mm)	=	30,44 %				
Silt	(0,074 - 0,002 mm)	=		M	=	23,109	%
Clay	(< 0,002 mm)	=		C	=	14,41	%
Diameter of soil particles at which 10% of sample passes (D10)					=	**0,0045**	
Diameter of soil particles at which 30% of sample passes (D30)					=	**0,07**	
Diameter of soil particles at which 60% of sample passes (D60)					=	**0,23**	

Cu =	50,998
Cc =	4,7238

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \; x \; D60}$$

	Checked by	**Date** : 07-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.8 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-02 (1/2)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'4.74
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH03
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

WATER CONTENT

SNI : 1965 - 2008

SPECIMEN DATA			1	2	3
Container (cont) code			**CO47**	**C122**	**C201**
Mass of container	(M_c)	gr	4,48	4,55	4,54
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	17,61	20,75	18,32
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	15,21	17,59	15,75
Wet Specimen	(M_w)	gr	13,13	16,2	13,78
Oven- dried	(W_s)	gr	10,73	13,04	11,21
Mass of water	(W_w)	gr	2,4	3,16	2,57
Water content	(w)	%	**22,367**	**24,233**	**22,926**
Average water conten	**(w_{AVR})**	**%**		**23,175**	

Pers: 2.1

$$w = \frac{Ww}{Ws} \text{ x } 100$$

UNIT WEIGHT

SNI : 3637 - 1994

SPECIMEN DATA			1	2	3
Diameter of Specimen	(D)	gr	6,62		
Height of specimen	(H)	gr	47		
Mass of ring	(Mr)	gr	2061		
Mass of ring + speciment	(Mrs)	gr	4735		
Mass of Specimen	(Ms)	gr	2674		
Volume of Specimen	(Vs)	cm^3	1616,9		
Wet of Unit Weight	(Υ_b)	**gr/cm^3**	**1,654**		
Dry Unit Weight	(Υ_d)	**gr/cm^3**		**1,343**	

Pers: 2.2, 2.3

$$\Upsilon b = \frac{Ws}{Vs}$$

$$\Upsilon d = \frac{\Upsilon b}{(1+w)}$$

SFECIFIC GRAVITY

SNI : 1964 - 2008

SPECIMEN DATA		1	2	3
Pycnometer (Pycn). Number		**P01**	**P02**	**P05**
Mass of Pync (clean and dry) (W0)	gr	49,72	46,41	47,05
Mass of Pync + Specimen (W0+W3)	gr	71,17	74,05	70,94
Mass of Pync + water at time. test T °C (W1)	gr	149,73	146,64	149,93
Unit mass of water at temp. Test T°C W1		0,9963	0,9963	0,9963
Correction of W1		149,431	146,347	149,63
Mass of pycn + Specimen + water (W2)	gr	162,77	163,48	164,44
Mass of Specimen (W3)	gr	21,45	27,64	23,89
Temperatur test (T1)	°C	28	28	28
Correction factor (K)		0,9980	0,9980	0,9980
Specific gravity (T1) (Gs T1) = W3/((W1+W3)-W2)		2,645	2,631	2,631
Specific gravity (Gs) = Gs T1 *K		2,639	2,625	2,626
Average Specific Gravity			**2,630**	

Pers: 2.4

$$Gs = \frac{\Upsilon s}{\Upsilon w}$$

	Checked by	**Date** : 07-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

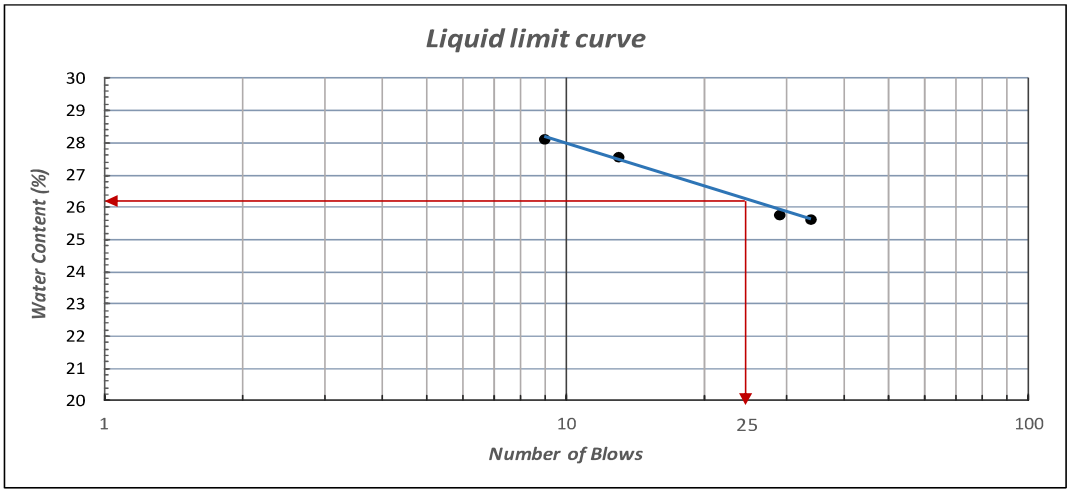
Tabel B.4.9 : Hasil Pengujian Kadar Air, Berat Isi, Berat Jenis Titik BH-03
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'4.74
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**		
Sample Code	: BH03		
Depth	: 2,5 -3,0 m		
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)		

ATTERBERG LIMIT	**SNI**	**LL : 1967 - 2008** **PL : 1966 - 2008**

SPECIMEN DATA			***Liquid Limit***				***Plastic Limit***		
			1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	3
Number of blows	(N)		**9**	**13**	**29**	**34**	**NA**		
Container (cont) code			**C032**	**C010**	**C201**	**C085**	**C083**	**C001**	**C121**
Mass of container	(M_c)	gr	4,48	4,47	4,55	4,5	4,55	4,54	4,52
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	9,99	11,41	10,5	12,29	10,35	11,49	9,34
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	8,78	9,91	9,28	10,7	9,29	10,22	8,46
Wet Specimen	(M_w)	gr	5,51	6,94	5,95	7,79	5,8	6,95	4,82
Oven- dried	(W_s)	gr	4,3	5,44	4,73	6,2	4,74	5,68	3,94
Mass of water	(W_w)	gr	1,21	1,5	1,22	1,59	1,06	1,27	0,88
Water content	**(w)**	**%**	**28,14**	**27,57**	**25,79**	**25,65**	**22,36**	**22,36**	**22,34**

Number of blows (N)	**9**	**13**	**29**	**34**
Water content in semi - log relationship (w) (%)	**28,14**	**27,57**	**25,79**	**25,65**



Liquid limit (LL)	**26,22**	***Plasticity index*** **(LL-PL) = (IP) =**	**3,87**	***Description = Silt***
Plastic limit (PL)	**22,35**			

	Checked by ***Jumelia Ardika***	**Date** : 09-Agu-21 Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.10 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis titik BH-03

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N	2°25'4.74
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E	97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**			
Sample Code	: BH03			
Depth	: 2,5 -3,0 m			
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)			

SIEVE ANALYSIS — **SNI : 3423 - 2008**

SPECIMENT DATA		
Mass of specimen (W)	= 50	**gr**
Specific gravity (Gs)	= 2,63	
Dispersing agent:	Calgon (NaPO3)	
HIDROMETER		
Hidrometer type	= 152 H	
Maniscus correction (Fm)	= 0,5	
Zero correction (Fz)	= 0,5	
Correction factor for Gs (a)	= 1,005	

Sieve Size	**Dia-meter**	**Mass retained**	***Percen* Retained**	***Cumm.of* Percent Retained**	***Percent* passed**
	mm	gr	(%)	(%)	(%)
No.4	4,750	0,000	0	0	100
No.10	2,000	1,080	2,16	2,16	97,84
No.20	0,850	2,420	4,84	7	93
No.40	0,425	10,080	20,16	27,16	72,84
No.60	0,250	2,530	5,06	32,22	67,78
No.140	0,106	12,730	25,46	57,68	42,32
No.200	**0,075**	2,600	5,2	62,88	37,12
PAN	-	**0,320**	0,64	63,52	36,48
Mass after test		**31,760**			

Date	**Time (WIB)**	**Elepsed Time T** (min)	**Hidro-meter Reading R_a**	**Temp T_c** (°C)	**Temp. Corr. C_t** (°C)	**R Corr. R_c**	**Percent Finer** (%)	**R Aktual R**	**Eff. Depth L** (cm)	**L/T** (cm/min)	**Value Of K K**	**Dia-meter** (mm)
09-Agu-21	09.00	0,25	25,0	27	2	26,5	53,24	25,5	12,2	48,800	0,01266	0,08844
	09.00	0,5	18,0	27	2	19,5	39,18	18,5	13,3	26,600	0,01266	0,06529
	09.01	1	16,0	27	2	17,5	35,16	16,5	13,7	13,700	0,01266	0,04686
	09.02	2	15,0	27	2	16,5	33,15	15,5	13,8	6,900	0,01266	0,03326
	09.04	4	13,0	27	2	14,5	29,13	13,5	14,2	3,550	0,01266	0,02385
	09.08	8	12,0	27	2	13,5	27,12	12,5	14,3	1,788	0,01266	0,01693
	09.15	15	11,0	27	2,5	13,0	26,12	11,5	14,5	0,967	0,01266	0,01245
	09.30	30	8,0	28	2,5	10,0	20,09	8,5	15	0,500	0,01252	0,00885
	10.00	60	7,0	28	2,5	9,0	18,08	7,5	15,2	0,253	0,01252	0,00630
	11.00	120	6,0	28	2,5	8,0	16,07	6,5	15,3	0,128	0,01252	0,00447
	13.00	240	5,0	28	2,5	7,0	14,06	5,5	15,5	0,065	0,01252	0,00318
	17.00	480	4,0	28	2,5	6,0	12,05	4,5	15,6	0,033	0,01252	0,00226
10-Agu	09.00	1440	3,0	28	2,5	5,0	10,05	3,5	15,8	0,011	0,01252	0,00131
	09.00	2880	2,0	28	2,5	4,0	8,04	2,5	16,0	0,006	0,01252	0,00093

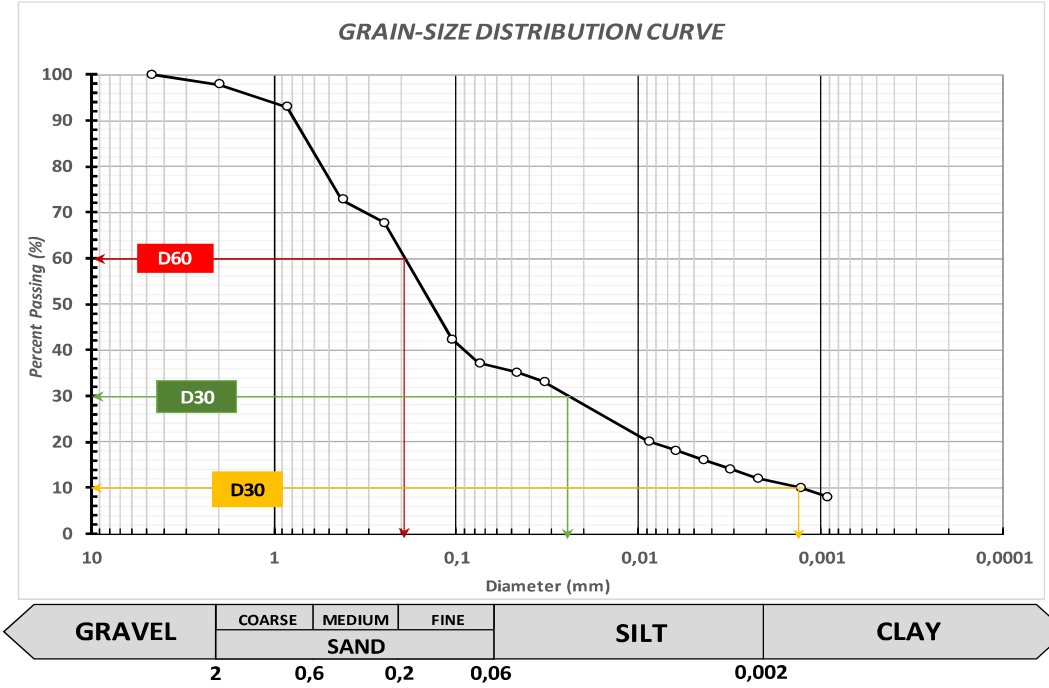
	Checked by	**Date**	: 10-Sep-21
	Jumelia Ardika	Tested by	
		Zulfan	

Tabel B.4.11 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-03 (1/1)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'4.74
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**		
Sample Code	: BH03		
Depth	: 2,5 -3,0 m		
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)		

SIEVE ANALYSIS	**SNI : 3423 - 2008**



Gravel	(> 2,00mm)			G	=	2,16 %	Cu = 135,71
Coarse sand	(2,00 - 0,42 mm)	=	25,00 %	Sand (S)	=	60,72 %	
Fine sand	(0,42 - 0,074 mm)	=	35,72 %				Cc = 2,3496
Silt	(0,074 - 0,002 mm)	=		M	=	26,12 %	$Cu = \frac{D60}{D10}$
Clay	(< 0,002 mm)	=		C	=	11,00 %	
Diameter of soil particles at which 10% of sample passes (D10)					=	**0,0014**	$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$
Diameter of soil particles at which 30% of sample passes (D30)					=	**0,025**	
Diameter of soil particles at which 60% of sample passes (D60)					=	**0,19**	

	Checked by	**Date** : 10-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.12 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-03 (1/2)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'3.20
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.58
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH04
Depth : 3,0-3,5 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

WATER CONTENT

SNI : 1965 - 2008

SPECIMEN DATA			1	2	3
Container (cont) code			**C088**	**C099**	**C003**
Mass of container	(M_c)	gr	4,54	4,51	4,52
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	26,69	24	22,17
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	21,83	19,6	18,24
Wet Specimen	(M_w)	gr	22,15	19,49	17,65
Oven- dried	(W_s)	gr	17,29	15,09	13,72
Mass of water	(W_w)	gr	4,86	4,4	3,93
Water content	(w)	%	**28,109**	**29,158**	**28,644**
Average water conten	**(w_{AVR})**	**%**		**28,637**	

Pers: 2.1

$$w = \frac{Ww}{Ws} \text{ x } 100$$

UNIT WEIGHT

SNI : 3637 - 1994

SPECIMEN DATA			1	2	3
Diameter of Specimen	(D)	gr	6,88		
Height of specimen	(H)	gr	43,5		
Mass of ring	(Mr)	gr	2178		
Mass of ring + speciment	(Mrs)	gr	4961		
Mass of Specimen	(Ms)	gr	2783		
Volume of Specimen	(Vs)	cm^3	1616,35		
Wet of Unit Weight	(Υ_b)	**gr/cm^3**	**1,722**		
Dry Unit Weight	(Υ_d)	**gr/cm^3**		**1,338**	

Pers: 2.2, 2.3

$$\Upsilon b = \frac{Ws}{Vs}$$

$$\Upsilon d = \frac{\Upsilon b}{(1+w)}$$

SFECIFIC GRAVITY

SNI : 1964 - 2008

SPECIMEN DATA		1	2	3
Pycnometer (Pycn). Number		**P01**	**P02**	**P08**
Mass of Pync (clean and dry) (W0)	gr	49,72	46,41	48,63
Mass of Pync + Specimen (W0+W3)	gr	74,98	71,44	74,2
Mass of Pync + water at time. test T °C (W1)	gr	149,73	146,64	149,18
Unit mass of water at temp. Test T°C W1		0,9963	0,9963	0,9963
Correction of W1		149,43	146,347	148,882
Mass of pycn + Specimen + water (W2)	gr	165,09	161,85	164,71
Mass of Specimen (W3)	gr	25,26	25,03	25,57
Temperatur test (T1)	°C	28	28	28
Correction factor (K)		0,9980	0,9980	0,9980
Specific gravity (T1) (Gs T1) = W3/((W1+W3)-W2)		2,631	2,627	2,625
Specific gravity (Gs) = Gs T1 *K		2,626	2,622	2,620
Average Specific Gravity			**2,622**	

Pers: 2.4

$$Gs = \frac{\Upsilon s}{\Upsilon w}$$

	Checked by	**Date** :	13-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	***Zulfan***

Tabel B.4.13 : Hasil Pengujian Kadar Air, Berat Isi, Berat Jenis Titik BH-04
Sumber : Uji Laboratorium

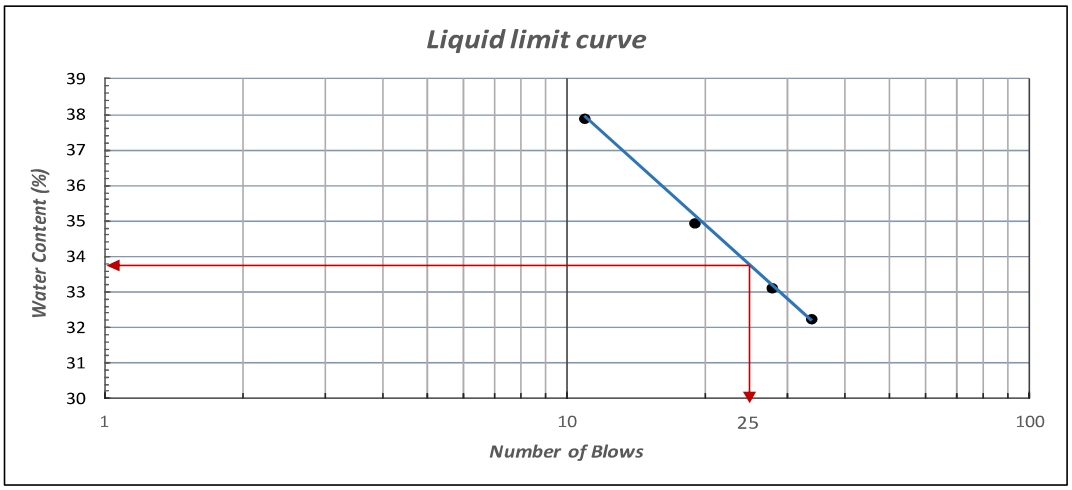
Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'3.20
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH04
Depth : 3,0-3,5 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

ATTERBERG LIMIT | **SNI** | **LL : 1967 - 2008** **PL : 1966 - 2008**

SPECIMEN DATA			*Liquid Limit*				*Plastic Limit*		
			1	2	3	4	1	2	3
Number of blows	(N)		11	19	28	34	NA		
Container (cont) code			C038	C040	C032	C031	C012	C103	C071
Mass of container	(M_c)	gr	10,54	10,35	10,34	10,48	10,35	10,38	10,41
Mass of cont + wet specimen	(M_{cw})	gr	19,13	17,53	16,77	14,62	13,81	14,12	14,23
Mass of cont + oven- dried Specimen	(M_{cd})	gr	16,77	15,67	15,17	13,61	13,13	13,42	13,5
Wet Specimen	(M_w)	gr	8,59	7,18	6,43	4,14	3,46	3,74	3,82
Oven- dried	(W_s)	gr	6,23	5,32	4,83	3,13	2,78	3,04	3,09
Mass of water	(W_w)	gr	2,36	1,86	1,6	1,01	0,68	0,7	0,73
Water content	**(w)**	**%**	**37,88**	**34,96**	**33,13**	**32,27**	**24,46**	**23,03**	**23,62**

Number of blows (N)	11	19	28	34
Water content in semi - log relationship (w) (%)	37,88	34,96	33,13	32,27



Liquid limit (LL)	**33,79**	***Plasticity index*** **(LL-PL) = (IP) =**	**10,09**	***Description = Clay & Silt***
Plastic limit (PL)	**23,70**			

	Checked by	**Date** : 14-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.14 : Hasil Pengujian Batas Cair dan Batas Plastis titik BH-04
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N	2°25'3.20
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E	97°58'51.58
Tested By	**: Zulfan Efendi**			
Sample Code	: BH04			
Depth	: 3,0-3,5 m			
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)			

SIEVE ANALYSIS — **SNI : 3423 - 2008**

SPECIMENT DATA		
Mass of specimen (W)	= 50	**gr**
Specific gravity (Gs)	= 2,62	
Dispersing agent:	Calgon (NaPO3)	
HIDROMETER		
Hidrometer type	= 152 H	
Maniscus correction (Fm)	= 0,5	
Zero correction (Fz)	= 0,5	
Correction factor for Gs (a)	= 1,006	

Sieve Size	Dia-meter	Mass retained	Percen Retained	Cumm.of Percent Retained	Percent passed
	mm	gr	(%)	(%)	(%)
No.4	4,750	0,000	0	0	100
No.10	2,000	1,650	3,3	3,3	96,7
No.20	0,850	2,310	4,62	7,92	92,08
No.40	0,425	7,540	15,08	23	77
No.60	0,250	1,220	2,44	25,44	74,56
No.140	0,106	5,920	11,84	37,28	62,72
No.200	**0,075**	1,600	3,2	40,48	59,52
PAN	-	**0,420**	0,84	41,32	58,68
Mass after test		**20,660**			

Date	Time (WIB)	Elepsed Time T (min)	Hidro-meter Reading R_a	Temp T_c (°C)	Temp. Corr. C_t (°C)	R Corr. R_c	Percent Finer (%)	R Aktual R	Eff. Depth L (cm)	L/T (cm/min)	Value Of K K	Dia-meter (mm)
12-Agu-21	09.00	0,25	21,0	27	2	22,5	45,29	21,5	12,9	51,600	0,01269	0,09116
	09.00	0,5	20,0	27	2	21,5	43,28	20,5	13,0	26,000	0,01269	0,06471
	09.01	1	18,0	27	2	19,5	39,25	18,5	13,3	13,300	0,01269	0,04628
	09.02	2	16,0	27	2	17,5	35,22	16,5	13,7	6,850	0,01269	0,03321
	09.04	4	15,0	27	2	16,5	33,21	15,5	13,8	3,450	0,01269	0,02357
	09.08	8	14,0	27	2	15,5	31,20	14,5	14,0	1,750	0,01269	0,01679
	09.15	15	12,0	27	2	13,5	27,17	12,5	14,3	0,953	0,01269	0,01239
	09.30	30	11,0	28	2,5	13,0	26,17	11,5	14,5	0,483	0,01256	0,00873
	10.00	60	10,0	28	2,5	12,0	24,15	10,5	14,7	0,245	0,01256	0,00622
	11.00	120	10,0	28	2,5	12,0	24,15	10,5	14,7	0,123	0,01256	0,00440
	13.00	240	7,0	28	2,5	9,0	18,12	7,5	15,2	0,063	0,01256	0,00316
	17.00	480	5,5	28	2,5	7,5	15,10	6,0	15,3	0,032	0,01256	0,00224
11-Agu	09.00	1440	5,0	28	2,5	7,0	14,09	5,5	15,5	0,011	0,01256	0,00130
	09.00	2880	3,0	28	2,5	5,0	10,06	3,5	15,8	0,005	0,01256	0,00093

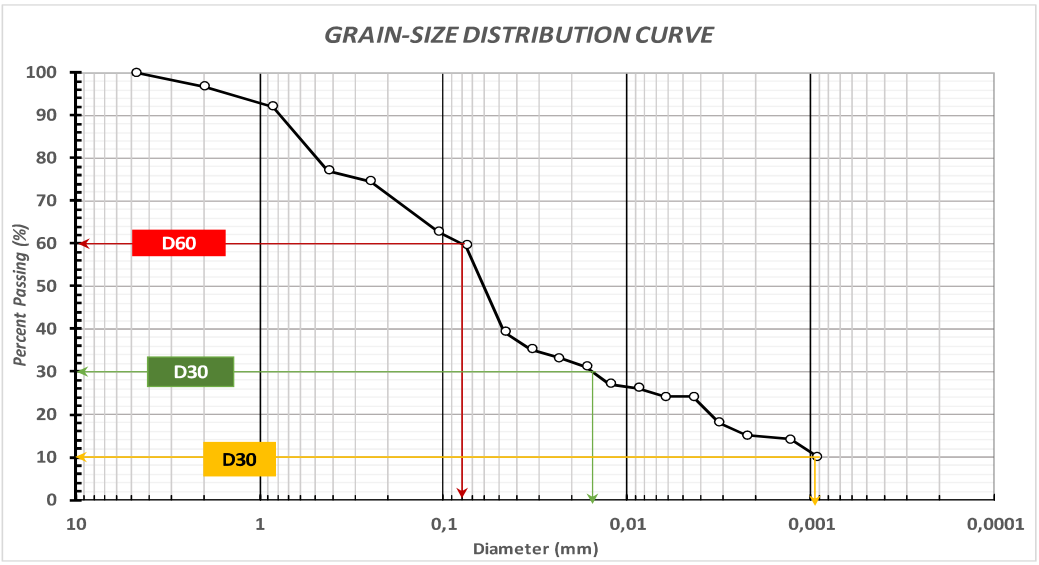
	Checked by	**Date** :	12-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by	
		Zulfan	

Tabel B.4.15 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-04 (1/1)

Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'3.20
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.58
Tested By	**: Zulfan Efendi**		
Sample Code	: BH04		
Depth	: 3,0-3,5 m		
Type of Sample	: Undisturbed (UDS)		

SIEVE ANALYSIS	**SNI : 3423 - 2008**



GRAVEL	SAND: COARSE	SAND: MEDIUM	SAND: FINE	SILT	CLAY
	2	0,6	0,2	0,06	0,002

Gravel	(> 2,00mm)			G	=	3,30 %	Cu = **84,211**
Coarse sand	(2,00 - 0,42 mm)	=	19,70 %	Sand (S)	=	37,18 %	
Fine sand	(0,42 - 0,074 mm)	=	17,48 %				Cc = **3,8026**
Silt	(0,074 - 0,002 mm)	=		M	=	45,52 %	$Cu = \frac{D60}{D10}$
Clay	(< 0,002 mm)	=		C	=	14,00 %	
Diameter of soil particles at which 10% of sample passes (D10)					=	0,00095	$Cc = \frac{D30^2}{D10 \; x \; D60}$
Diameter of soil particles at which 30% of sample passes (D30)					=	0,017	
Diameter of soil particles at which 60% of sample passes (D60)					=	0,08	

	Checked by	**Date** : 12-Agu-21
	Jumelia Ardika	Tested by ***Zulfan***

Tabel B.4.16 : Hasil Pengujian Analisa Saringan Titik BH-04 (1/2)

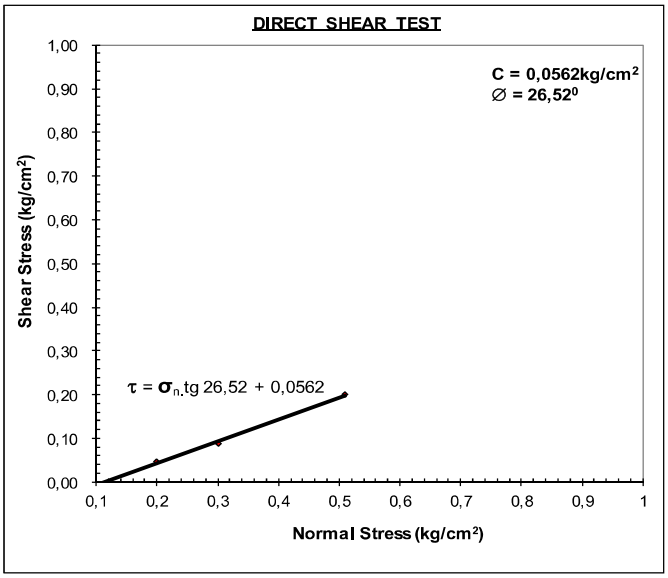
Sumber : Uji Laboratorium

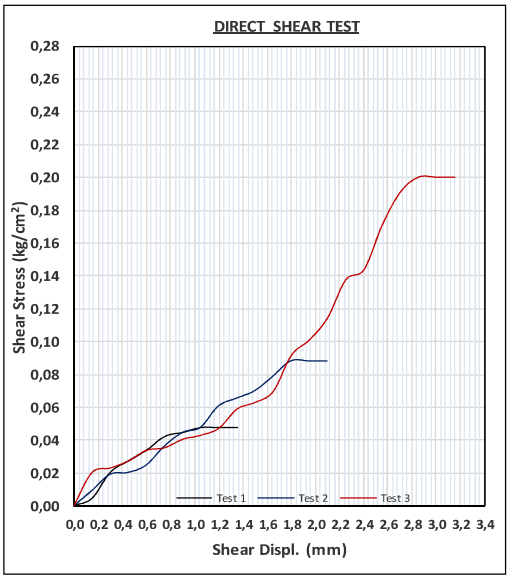
DIRECT SHEAR TEST

Project Title		Penelitian Tugas Akhir (TGA)
Location		Bendungan Sianjo-anjo
Sample Code		BH01
Depth		2,5-3,0 m
Rate	:	0,01 div/mm
Sample Diameter	:	6,30 cm
Area	:	31,16 cm^2
Calibration	:	0,7 kg/cm^2

Date Tested : 02/10/ 2021
Tested By : Zulfan

Time (Min)	Normal Load 0.206 kg/cm^2				Normal Load 0.304 kg/cm^2				Normal Load 0.515 kg/cm^2			
	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
0,15	15	0,15	0,20	0,00	15	0,15	0,41	0,01	15	0,15	0,90	0,02
30,00	30	0,30	0,90	0,02	30	0,30	0,85	0,02	30	0,30	1,02	0,02
1,00	45	0,45	1,21	0,03	45	0,45	0,90	0,02	45	0,45	1,21	0,03
1.30	60	0,60	1,50	0,03	60	0,60	1,10	0,02	60	0,60	1,50	0,03
2,00	75	0,75	1,87	0,04	75	0,75	1,61	0,04	75	0,75	1,57	0,04
2.30	90	0,90	1,98	0,04	90	0,90	1,98	0,04	90	0,90	1,80	0,04
3,00	105	1,05	2,11	0,05	105	1,05	2,12	0,05	105	1,05	1,91	0,04
3.30	120	1,20	2,11	0,05	120	1,20	2,70	0,06	120	1,20	2,10	0,05
4	135	1,35	2,11	0,05	135	1,35	2,91	0,07	135	1,35	2,62	0,06
4.30					150	1,50	3,11	0,07	150	1,50	2,80	0,06
5					165	1,65	3,50	0,08	165	1,65	3,10	0,07
6					180	1,80	3,92	0,09	180	1,80	4,08	0,09
7					195	1,95	3,92	0,09	195	1,95	4,50	0,10
8					210	2,10	3,92	0,09	210	2,10	5,10	0,11
9									225	2,25	6,13	0,14
10									240	2,40	6,40	0,14
11									255	2,55	7,60	0,17
12									270	2,70	8,50	0,19
13									285	2,85	8,91	0,20
14									300	3,00	8,91	0,20
15									315	3,15	8,91	0,20
16												





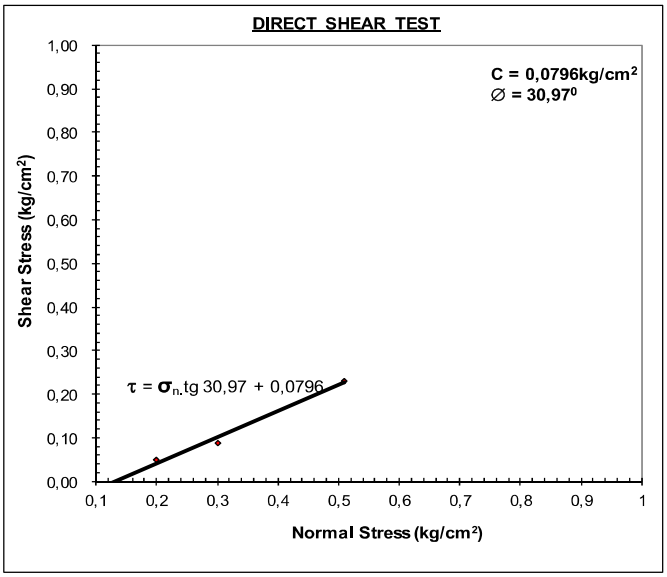
Tabel B.4.17 : Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-01
Sumber : Uji Laboratorium

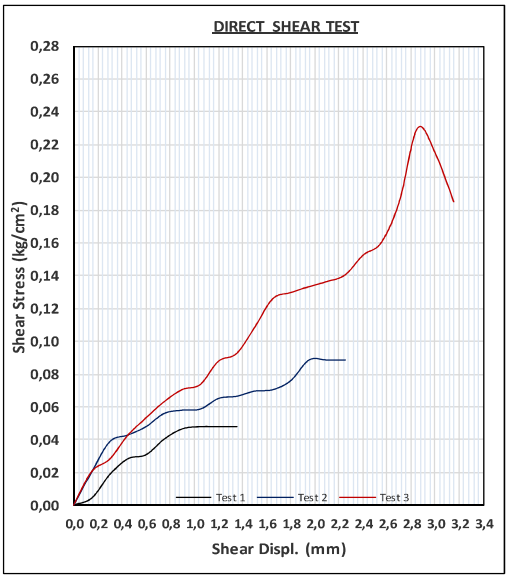
DIRECT SHEAR TEST

Project Title		Penelitian Tugas Akhir (TGA)
Location		Bendungan Sianjo-anjo
Sample Code		BH02
Depth		2,5-3,0 m
Rate	:	0,01 div/mm
Sample Diameter	:	6,30 cm
Area	:	31,16 cm^2
Calibration	:	0,7 kg/cm^2

Date Tested : 03/10/ 2021
Tested By : Zulfan

Time (Min)	Normal Load 0.206 kg/cm^2				Normal Load 0.304 kg/cm^2				Normal Load 0.515 kg/cm^2			
	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
0,15	15	0,15	0,19	0,00	15	0,15	0,90	0,02	15	0,15	0,91	0,02
30,00	30	0,30	0,84	0,02	30	0,30	1,73	0,04	30	0,30	1,25	0,03
1,00	45	0,45	1,27	0,03	45	0,45	1,91	0,04	45	0,45	1,90	0,04
1.30	60	0,60	1,38	0,03	60	0,60	2,14	0,05	60	0,60	2,37	0,05
2,00	75	0,75	1,81	0,04	75	0,75	2,50	0,06	75	0,75	2,81	0,06
2.30	90	0,90	2,09	0,05	90	0,90	2,59	0,06	90	0,90	3,14	0,07
3,00	105	1,05	2,15	0,05	105	1,05	2,62	0,06	105	1,05	3,28	0,07
3.30	120	1,20	2,15	0,05	120	1,20	2,91	0,07	120	1,20	3,91	0,09
4	135	1,35	2,15	0,05	135	1,35	2,97	0,07	135	1,35	4,12	0,09
4.30					150	1,50	3,11	0,07	150	1,50	4,83	0,11
5					165	1,65	3,15	0,07	165	1,65	5,61	0,13
6					180	1,80	3,40	0,08	180	1,80	5,78	0,13
7					195	1,95	3,96	0,09	195	1,95	5,94	0,13
8					210	2,10	3,96	0,09	210	2,10	6,08	0,14
9					225	2,25	3,96	0,09	225	2,25	6,26	0,14
10									240	2,40	6,80	0,15
11									255	2,55	7,14	0,16
12									270	2,70	8,26	0,19
13									285	2,85	10,25	0,23
14									300	3,00	9,55	0,21
15									315	3,15	8,25	0,19
16												





Tabel B.4.18 : Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-02

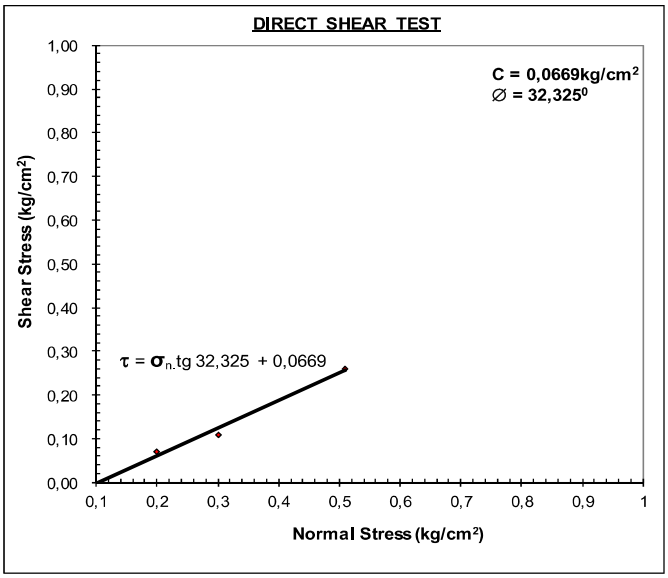
Sumber : Uji Laboratorium

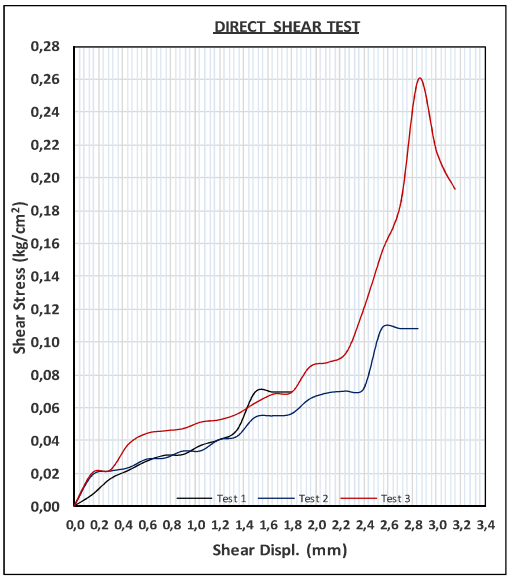
DIRECT SHEAR TEST

Project Title		Penelitian Tugas Akhir (TGA)
Location		Bendungan Sianjo-anjo
Sample Code		BH03
Depth		3,0-3,5 m
Rate	:	0,01 div/mm
Sample Diameter	:	6,30 cm
Area	:	31,16 cm^2
Calibration	:	0,7 kg/cm^2

Date Tested : 06/10/ 2021
Tested By : Zulfan

Time (Min)	Normal Load 0.206 kg/cm^2				Normal Load 0.304 kg/cm^2				Normal Load 0.515 kg/cm^2			
	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
0,15	15	0,15	0,31	0,01	15	0,15	0,84	0,02	15	0,15	0,90	0,02
30,00	30	0,30	0,74	0,02	30	0,30	0,95	0,02	30	0,30	0,98	0,02
1,00	45	0,45	0,97	0,02	45	0,45	1,04	0,02	45	0,45	1,68	0,04
1.30	60	0,60	1,22	0,03	60	0,60	1,27	0,03	60	0,60	1,97	0,04
2,00	75	0,75	1,38	0,03	75	0,75	1,30	0,03	75	0,75	2,04	0,05
2.30	90	0,90	1,40	0,03	90	0,90	1,49	0,03	90	0,90	2,10	0,05
3,00	105	1,05	1,65	0,04	105	1,05	1,50	0,03	105	1,05	2,28	0,05
3.30	120	1,20	1,80	0,04	120	1,20	1,80	0,04	120	1,20	2,34	0,05
4	135	1,35	2,07	0,05	135	1,35	1,89	0,04	135	1,35	2,50	0,06
4.30	150	1,50	3,10	0,07	150	1,50	2,41	0,05	150	1,50	2,80	0,06
5	165	1,65	3,10	0,07	165	1,65	2,45	0,06	165	1,65	3,04	0,07
6	180	1,80	3,10	0,07	180	1,80	2,50	0,06	180	1,80	3,09	0,07
7					195	1,95	2,90	0,07	195	1,95	3,78	0,08
8					210	2,10	3,07	0,07	210	2,10	3,90	0,09
9					225	2,25	3,12	0,07	225	2,25	4,16	0,09
10					240	2,40	3,18	0,07	240	2,40	5,40	0,12
11					255	2,55	4,82	0,11	255	2,55	6,93	0,16
12					270	2,70	4,82	0,11	270	2,70	8,21	0,18
13					285	2,85	4,82	0,11	285	2,85	11,60	0,26
14									300	3,00	9,60	0,22
15									315	3,15	8,60	0,19
16												





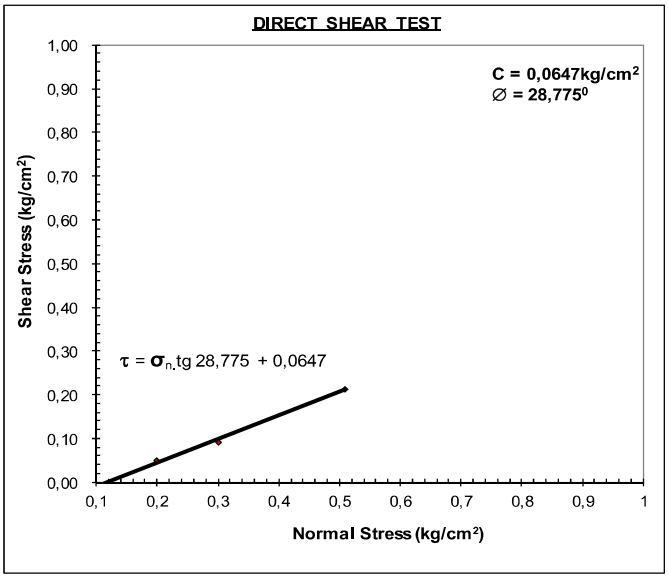
Tabel B.4.19 : Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-03
Sumber : Uji Laboratorium

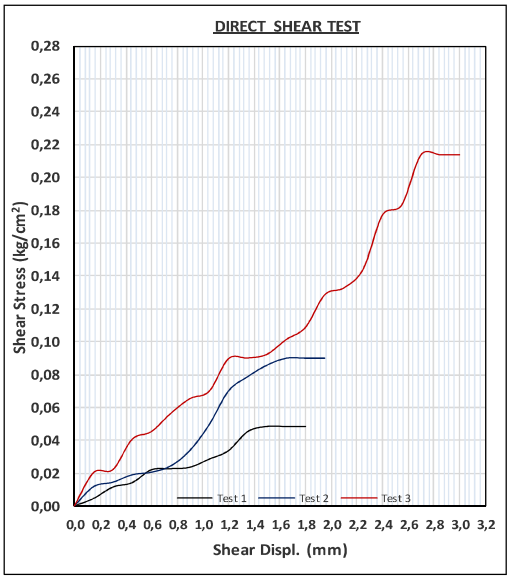
DIRECT SHEAR TEST

Project Title		Penelitian Tugas Akhir (TGA)
Location		Bendungan Sianjo-anjo
Sample Code		BH04
Depth		3,0-3,5 m
Rate	:	0,01 div/mm
Sample Diameter	:	6,30 cm
Area	:	31,16 cm^2
Calibration	:	0,7 kg/cm^2

Date Tested : 06/10/ 2021
Tested By : Zulfan

Time (Min)	Normal Load 0.206 kg/cm^2				Normal Load 0.304 kg/cm^2				Normal Load 0.515 kg/cm^2			
	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)	Horizontal Dial Reading	Horizontal Displacemen (0,01mm)	Load Dial Reading	Shear Stress (kg/cm^2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0
0,15	15	0,15	0,20	0,00	15	0,15	0,52	0,01	15	0,15	0,90	0,02
30,00	30	0,30	0,51	0,01	30	0,30	0,64	0,01	30	0,30	0,98	0,02
1,00	45	0,45	0,63	0,01	45	0,45	0,84	0,02	45	0,45	1,80	0,04
1.30	60	0,60	0,98	0,02	60	0,60	0,91	0,02	60	0,60	2,01	0,05
2,00	75	0,75	1,01	0,02	75	0,75	1,08	0,02	75	0,75	2,50	0,06
2.30	90	0,90	1,05	0,02	90	0,90	1,50	0,03	90	0,90	2,90	0,07
3,00	105	1,05	1,27	0,03	105	1,05	2,20	0,05	105	1,05	3,10	0,07
3.30	120	1,20	1,50	0,03	120	1,20	3,11	0,07	120	1,20	3,98	0,09
4	135	1,35	2,02	0,05	135	1,35	3,50	0,08	135	1,35	4,00	0,09
4.30	150	1,50	2,16	0,05	150	1,50	3,81	0,09	150	1,50	4,10	0,09
5	165	1,65	2,16	0,05	165	1,65	4,00	0,09	165	1,65	4,50	0,10
6	180	1,80	2,16	0,05	180	1,80	4,00	0,09	180	1,80	4,83	0,11
7					195	1,95	4,00	0,09	195	1,95	5,71	0,13
8									210	2,10	5,90	0,13
9									225	2,25	6,41	0,14
10									240	2,40	7,87	0,18
11									255	2,55	8,14	0,18
12									270	2,70	9,50	0,21
13									285	2,85	9,50	0,21
14									300	3,00	9,50	0,21
15												
16												





Tabel B.4.20 : Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung BH-04
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'7.18
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.93
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH01
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

PERMEABILITY - FALLING HEAD

SNI : 03-6870-2002

SPECIMENT DATA					
Diameter of standpipe	1,08 cm	Cross-sectional of standpipe	**(a)**	0,916	cm^2
Diameter of specimen	6,32 cm	Cross-sectional area of specimen	**(A)**	31,35	cm^2
Lenght of specimen	12,50 cm	Volume of specimen	**(V)**	391,9	cm^3

PERMEABILITY TEST		**UNIT**	**1**	**2**	**3**
Hight at to	h0	cm	89	89	89
Time	**h m s**		0 1 43	0 1 50	0 1 46
	t1	Sec	103,00	110,00	106,00
Hight	H	cm	45	43	44
Temperatur at T°C	T	°C	28	28	28
Permeability at T°C	Kt	cm/s	2,417,E-03	2,414,E-03	2,426,E-03
Permeability at 20°C	Kt/K_{20}		0,8318	0,8318	0,8318
Ratio of viscosity at T°C / Viscosity 20°C	K_{20}	cm/s	2,011,E-03	2,008,E-03	2,018,E-03
Average permeabity at 20°C	K_{20} Avr	cm/s	2,012,E-03		
Koefisien Permeability	k	mm/s	**2,012,E-02**		

Klasifikasi nilai koefisien permeabilitas tanah (k)

JENIS TANAH	k (mm/s)
Butiran kasar	$10 - 10^3$
Kerikil kasar, butiran kasar bercampur pasir sedang	$10^2 - 10$
Pasir halus, lanau longgar	$\mathbf{10^{-4} - 10^{-2}}$
lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

Pers: $k = 2{,}303\left(\frac{aL}{At}\right) log\left(\frac{h1}{h2}\right)$

	Checked by *Jumelia Ardika*	**Date** : 28-Sep-21
		Tested by *Zulfan*

Tabel B.4.21 : Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling-Head* BH-01
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'6.30
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.54
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH02
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

PERMEABILITY - FALLING HEAD

SNI : 03-6870-2002

SPECIMENT DATA						
Diameter of standpipe	1,08	cm	Cross-sectional of standpipe	**(a)**	0,916	cm^2
Diameter of specimen	6,32	cm	Cross-sectional area of specimen	**(A)**	31,35	cm^2
Lenght of specimen	12,30	cm	Volume of specimen	**(V)**	385,7	cm^3

PERMEABILITY TEST		**UNIT**	**1**	**2**	**3**
Hight at to	h0	cm	89	89	89
Time	**h m s**		0 3 2	0 3 14	0 3 7
	t1	Sec	182,00	194,00	187,00
Hight	H	cm	46	44	45
Temperatur at T°C	T	°C	28	28	28
Permeability at T°C	Kt	cm/s	1,303,E-03	1,304,E-03	1,310,E-03
Permeability at 20°C	Kt/K_{20}		0,8318	0,8318	0,8318
Ratio of viscosity at T°C / Viscosity 20°C	K_{20}	cm/s	1,084,E-03	1,085,E-03	1,090,E-03
Average permeabity at 20°C	K_{20} Avr	cm/s	1,086,E-03		
Koefisien Permeability	k	mm/s	**1,086,E-02**		

Klasifikasi nilai koefisien permeabilitas tanah (k)

JENIS TANAH	k (mm/s)
Butiran kasar	$10 - 10^3$
Kerikil kasar, butiran kasar bercampur pasir sedang	$10^2 - 10$
Pasir halus, lanau longgar	**$10^{-4} - 10^{-2}$**
lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

Pers: $k = 2{,}303\left(\frac{aL}{At}\right) log\left(\frac{h1}{h2}\right)$

	Checked by *Jumelia Ardika*	**Date** : 27-Sep-21
		Tested by *Zulfan*

Tabel B.4.22 : Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling-Head* BH-02
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'7.74
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.85
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH03
Depth : 2,5 -3,0 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

PERMEABILITY - FALLING HEAD | **SNI : 03-6870-2002**

SPECIMENT DATA					
Diameter of standpipe	1,08	cm	Cross-sectional of standpipe	**(a)**	0,916 cm^2
Diameter of specimen	6,32	cm	Cross-sectional area of specimen	**(A)**	31,35 cm^2
Lenght of specimen	12,50	cm	Volume of specimen	**(V)**	391,9 cm^3

PERMEABILITY TEST		UNIT	1	2	3
Hight at to	h0	cm	89	89	89
Time	h m s		0 5 17	0 5 16	0 4 46
	t1	Sec	317,00	316,00	286,00
Hight	H	cm	65	65	67
Temperatur at T°C	T	°C	28	28	28
Permeability at T°C	Kt	cm/s	3,619,E-04	3,631,E-04	3,625,E-04
Permeability at 20°C	Kt/K_{20}		0,8318	0,8318	0,8318
Ratio of viscosity at T°C / Viscosity 20°C	K_{20}	cm/s	3,010,E-04	3,020,E-04	3,015,E-04
Average permeabity at 20°C	K_{20} Avr	cm/s	**3,015,E-04**		
Koefisien Permeability	k	mm/s	**3,015,E-03**		

Klasifikasi nilai koefisien permeabilitas tanah (k)

JENIS TANAH	k (mm/s)
Butiran kasar	$10 - 10^3$
Kerikil kasar, butiran kasar bercampur pasir sedang	$10^2 - 10$
Pasir halus, lanau longgar	$\mathbf{10^{-4} - 10^{-2}}$
lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

Pers: $k = 2{,}303\left(\frac{aL}{At}\right) log\left(\frac{h1}{h2}\right)$

		Date : 28-Sep-21
	Checked by *Jumelia Ardika*	Tested by *Zulfan*

Tabel B.4.23 : Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling-Head* BH-03
Sumber : Uji Laboratorium

Project Title	**: Penelitian Tugas Akhir (TGA)**	**Coordinate**	N 2°25'3.20
Section	**: Bendungan Sianjo-anjo, Aceh Singkil**		E 97°58'51.58
Tested By	**: Zulfan Efendi**		

Sample Code : BH04
Depth : 3,0 - 3,5 m
Type of Sample : Undisturbed (UDS)

PERMEABILITY - FALLING HEAD

SNI : 03-6870-2002

SPECIMENT DATA

Diameter of standpipe	1,08	cm	Cross-sectional of standpipe	**(a)**	0,916	cm^2
Diameter of specimen	6,32	cm	Cross-sectional area of specimen	**(A)**	31,35	cm^2
Lenght of specimen	12,50	cm	Volume of specimen	**(V)**	391,9	cm^3

PERMEABILITY TEST		**UNIT**	**1**	**2**	**3**
Hight at to	h0	cm	89	89	89
Time	**h m s**		0 9 37	0 8 40	0 9 8
	t1	Sec	577,00	520,00	548,00
Hight	H	cm	65	67	66
Temperatur at T°C	T	°C	28	28	28
Permeability at T°C	Kt	cm/s	1,988,E-04	1,994,E-04	1,992,E-04
Permeability at 20°C	Kt/K_{20}		0,8318	0,8318	0,8318
Ratio of viscosity at T°C / Viscosity 20°C	K_{20}	cm/s	1,654,E-04	1,658,E-04	1,657,E-04
Average permeabity at 20°C	K_{20} Avr	cm/s	**1,656,E-04**		
Koefisien Permeability	k	mm/s	**1,656,E-03**		

Klasifikasi nilai koefisien permeabilitas tanah (k)

JENIS TANAH	k (mm/s)
Butiran kasar	$10 - 10^3$
Kerikil kasar, butiran kasar bercampur pasir sedang	$10^2 - 10$
Pasir halus, lanau longgar	$\mathbf{10^{-4} - 10^{-2}}$
lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

Pers: $k = 2{,}303\left(\frac{aL}{At}\right) log\left(\frac{h1}{h2}\right)$

	Checked by *Jumelia Ardika*	**Date** : 26-Sep-21
		Tested by *Zulfan*

Tabel B.4.24 : Hasil Pengujian Permeabilitas *Falling-Head* BH-04
Sumber : Uji Laboratorium

D-01B	**GEOTECHNICAL LABORATORY**	
D-Form	INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY JL. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111	

PERMEABILITY - FELLING HEAD — SNI 03-6870-2002 / ASTM D 2434

Project Title	:	Penyiapan Dan penetapan Izin Operasi Bendungan Keliling-Sianjo -Anjo, Lebok Dan Rajui.			
Location	:	Bendungan Sianjo-anjo	**Section**	Kec. Simpang Kanan, Kab. A.Singkil	**N** / **E**
Orders From	:	PT. INDRA KARYA			
Sample Code	:	**BH01**			
Description Sample	:				
Type of Sample	:	☐ undisturbed ☒ Disturbed ☐ Remolded			

SPECIMEN DATA

Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket	=		gr	Mass of soil specimen
Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket + Soil specimen	=		gr	**W** = gr

APPARATUS

Diameter of standpipe (d)	0,91	Cross-sectional of standpipe	(a)	=	**0,65**	cm^2
Diameter of Specimen (D)	5,27	Cross-sectional Area of soil specimen	(A)	=	**21,82**	cm^2
Lenght Of Soil Specimen(L)	10,05	Volume of soil Specimen	(v)	=	**219,3**	cm^3

SPECIMEN DATA

Mass of mold permeameter + Base + Gasket	=	gr
Mass of mold permeameter + Base + Gasket + Soil Specimen	=	gr
Mass of Soil	=	gr

MOISTURE CONTENT	UNIT	BEFORE TEST			AFTER TEST		
		1	2	3	1	2	3
container (can) No	gr						
Mass of container + wet Specimen	gr						
Mass of cont + oven -dried specimen	gr						
Mass of container	gr						
Moisture Content	gr						
Avarage Moisture Content	%						

PERMEABILTY		UNIT	1
Hight at to	h_0	cm	340,0
Time	(h | m | s)		0 | 2 | 19
	t_1	sec	139,00
Height	H	cm	115
Temperature at T◦C	T	^{0}c	28
Permeabilty at T◦C	K_T	cm/s	2,337,E-03
Permeabilty at 20◦C	K_T/K_{20}		0,8318
Ratio of viscosity at T◦C : viscosity at 20◦C	K_{20}	cm/s	1,9442,E-03
Avarage Permeabilty at 20◦C	**K_{20} Avr**	**cm/s**	**1,94422,E-03**

Unit Weight of soil (γ w)	=	gr/cm^3
Dry Unit Weight of soil (γd)	=	gr/cm^3
Specifik Gravity of soil (G_s)	=	
Void ratio of soil (e)	=	

Equation of permeabilty (Falling Head)

$$k_T = 2{,}303\frac{a.l}{A.t} \quad x \log\frac{h0}{h1}$$

Note :

Point	Boring Tubes	Depth : m	*Tested By:*		Reviewed By:		Date	Pages
		Elev : m	*Ksatria*		***YUS***		11-Jan-20	***1 of 2***

Tabel B.4.25 : Hasil Pengujian Permeabilias Tanah di Lapangan (BH-01)

Sumber : PT. Indra Karya (Arsip Lab Geoteknik 2020)

D-01B	**GEOTECHNICAL LABORATORY**	
D-Form	INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY JL. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111	

PERMEABILITY - FELLING HEAD — SNI 03-6870-2002 / ASTM D 2434

Project Title	:	Penyiapan Dan penetapan Izin Operasi Bendungan Keliling-Sianjo -Anjo, Lebok Dan Rajui.			
Location	:	Bendungan Sianjo-anjo	**Section**	Kec. Simpang Kanan, Kab. A.Singkil	**N**
Orders From	:	**PT. INDRA KARYA**			**E**
Sample Code	:	**BH02**			
Description Sample	:				
Type of Sample	:	☐ undisturbed ☒ Disturbed ☐ Remolded			

SPECIMEN DATA

Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket	=		gr	Mass of soil specimen
Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket + Soil specimen	=		gr	**W** = gr

APPARATUS

Diameter of standpipe (d)	0,91	Cross-sectional of standpipe	(a)	=	**0,65**	cm^2
Diameter of Specimen (D)	5,27	Cross-sectional Area of soil specimen	(A)	=	**21,82**	cm^2
Lenght Of Soil Specimen(L)	10,05	Volume of soil Specimen	(v)	=	**219,3**	cm^3

SPECIMEN DATA

Mass of mold permeameter + Base + Gasket	=	gr
Mass of mold permeameter + Base + Gasket + Soil Specimen	=	gr
Mass of Soil	=	gr

MOISTURE CONTENT	UNIT	BEFORE TEST			AFTER TEST		
		1	2	3	1	2	3
container (can) No	gr						
Mass of container + wet Specimen	gr						
Mass of cont + oven -dried specimen	gr						
Mass of container	gr						
Moisture Content	gr						
Avarage Moisture Content	%						

PERMEABILTY		UNIT	1	
Hight at t0	h_0	cm	340,0	
Time	(h | m | s)		0 | 1 | 21	
	t_1	sec	81,00	
Height	H	cm	242	
Temperature at T◦C	T	^{0}c	28	
Permeabilty at T◦C	K_T	cm/s	1,258,E-03	
Permeabilty at 20◦C	K_T/K_{20}		0,8318	
Ratio of viscosity at T◦C : viscosity at 20◦C	K_{20}	cm/s	1,0465,E-03	
Avarage Permeabilty at 20◦C	**K_{20} Avr**	**cm/s**	**1,04647,E-03**	

Unit Weight of soil (γ w)	=	gr/cm^3
Dry Unit Weight of soil (γd)	=	gr/cm^3
Specifik Gravity of soil (G_s)	=	
Void ratio of soil (e)	=	

Equation of permeabilty (Falling Head)

$$k_T = 2{,}303\frac{a.l}{A.t} \quad x \log\frac{h0}{h1}$$

Note :

Point	Boring Tubes	Depth : m	*Tested By:*		Reviewed By:		Date	Pages
		Elev : m	*Ksatria*		***YUS***		18-Jan-20	***1 of 2***

Tabel B.4.26 : Hasil Pengujian Permeabilias Tanah di Lapangan (BH-02)

Sumber : PT. Indra Karya (Arsip Lab Geoteknik 2020)

D-01B	**GEOTECHNICAL LABORATORY**	
D-Form	INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY JL. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111	

PERMEABILITY - FELLING HEAD

SNI 03-6870-2002
ASTM D 2434

Project Title	:	Penyiapan Dan penetapan Izin Operasi Bendungan Keliling-Sianjo -Anjo, Lebok Dan Rajui.			
Location	:	Bendungan Sianjo-anjo	**Section**	Kec. Simpang Kanan, Kab. A.Singkil	**N**
Orders From	:	PT. INDRA KARYA			**E**
Sample Code	:	**BH03**			
Description Sample	:				
Type of Sample	:	☐ undisturbed ☒ Disturbed ☐ Remolded			

SPECIMEN DATA

Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket	=		gr	Mass of soil specimen
Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket + Soil specimen	=		gr	**W** = gr

APPARATUS

Diameter of standpipe (d)	0,91	Cross-sectional of standpipe	(a)	=	**0,65**	cm^2
Diameter of Specimen (D)	5,27	Cross-sectional Area of soil specimen	(A)	=	**21,82**	cm^2
Lenght Of Soil Specimen(L)	10,05	Volume of soil Specimen	(v)	=	**219,3**	cm^3

SPECIMEN DATA

Mass of mold permeameter + Base + Gasket	=	gr
Mass of mold permeameter + Base + Gasket + Soil Specimen	=	gr
Mass of Soil	=	gr

MOISTURE CONTENT	UNIT	BEFORE TEST			AFTER TEST		
		1	2	3	1	2	3
container (can) No	gr						
Mass of container + wet Specimen	gr						
Mass of cont + oven -dried specimen	gr						
Mass of container	gr						
Moisture Content	gr						
Avarage Moisture Content	%						

PERMEABILTY		UNIT	1
Hight at to	ho	cm	340,0
Time	(h | m | s)		0 7 0
	t_1	sec	420,00
Height	H	cm	210
Temperature at T◦C	T	^{0}c	28
Permeabilty at T◦C	K_T	cm/s	3,438,E-04
Permeabilty at 20◦C	K_T/K_{20}		0,8318
Ratio of viscosity at T◦C : viscosity at 20◦C	K_{20}	cm/s	2,8601,E-04
Avarage Permeabilty at 20◦C	**K_{20} Avr**	**cm/s**	**2,86007,E-04**

Unit Weight of soil (γ w)	=	gr/cm^3
Dry Unit Weight of soil (γd)	=	gr/cm^3
Specifik Gravity of soil (G_s)	=	
Void ratio of soil (e)	=	

Equation of permeabilty (Falling Head)

$$k_T = 2{,}303\frac{a.l}{A.t} \quad x \log \frac{h0}{h1}$$

Note :

Point	Boring Tubes	Depth : m	*Tested By:*		Reviewed By:		Date	Pages
		Elev : m	*Ksatria*		***YUS***		25-Jan-20	***1 of 2***

Tabel B.4.27 : Hasil Pengujian Permeabilias Tanah di Lapangan (BH-03)

Sumber : PT. Indra Karya (Arsip Lab Geoteknik 2020)

D-01B	**GEOTECHNICAL LABORATORY**	
D-Form	INTEGRATED RESEARCH LABORATORY - SYIAH KUALA UNIVERSITY JL. Syech Abdul Rauf No. 2 - 3, Darussalam, Banda Aceh 23111	

PERMEABILITY - FELLING HEAD

SNI 03-6870-2002
ASTM D 2434

Project Title	:	Penyiapan Dan penetapan Izin Operasi Bendungan Keliling-Sianjo -Anjo, Lebok Dan Rajui.			
Location	:	Bendungan Sianjo-anjo	**Section**	Kec. Simpang Kanan, Kab. A.Singkil	**N**
Orders From	:	**PT. INDRA KARYA**			**E**
Sample Code	:	**BH04**			
Description Sample	:				
Type of Sample	:	☐ undisturbed ☒ Disturbed ☐ Remolded			

SPECIMEN DATA

Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket	=		gr	Mass of soil specimen	
Mass of Mold Permeameter + Base + Gasket + Soil specimen	=		gr	**W** =	gr

APPARATUS

Diameter of standpipe (d)	0,91	Cross-sectional of standpipe	(a)	=	**0,65**	cm^2
Diameter of Specimen (D)	5,27	Cross-sectional Area of soil specimen	(A)	=	**21,82**	cm^2
Lenght Of Soil Specimen(L)	10,05	Volume of soil Specimen	(v)	=	**219,3**	cm^3

SPECIMEN DATA

Mass of mold permeameter + Base + Gasket	=	gr
Mass of mold permeameter + Base + Gasket + Soil Specimen	=	gr
Mass of Soil	=	gr

MOISTURE CONTENT	UNIT	BEFORE TEST			AFTER TEST		
		1	2	3	1	2	3
container (can) No	gr						
Mass of container + wet Specimen	gr						
Mass of cont + oven -dried specimen	gr						
Mass of container	gr						
Moisture Content	gr						
Avarage Moisture Content	%						

PERMEABILTY		UNIT	1
Hight at to	h_0	cm	340,0
Time	(h | m | s)		0 | 11 | 42
	t_1	sec	702,00
Height	H	cm	218
Temperature at T◦C	T	^{0}c	28
Permeabilty at T◦C	K_T	cm/s	1,898,E-04
Permeabilty at 20◦C	K_T/K_{20}		0,8318
Ratio of viscosity at T◦C : viscosity at 20◦C	K_{20}	cm/s	1,5784,E-04
Avarage Permeabilty at 20◦C	**K_{20} Avr**	**cm/s**	**1,57838,E-04**

Unit Weight of soil (γ w)	=	gr/cm^3
Dry Unit Weight of soil (γd)	=	gr/cm^3
Specifik Gravity of soil (G_s)	=	
Void ratio of soil (e)	=	

Equation of permeabilty (Falling Head)

$$k_T = 2{,}303\frac{a.l}{A.t} \quad x \log \frac{h0}{h1}$$

Note :

Point	Boring Tubes	Depth : m	*Tested By:*		Reviewed By:		Date	Pages
		Elev : m	*Ksatria*		***YUS***		04-Feb-20	***1 of 2***

Tabel B.4.28 : Hasil Pengujian Permeabilias Tanah di Lapangan (BH-04)

Sumber : PT. Indra Karya (Arsip Lab Geoteknik 2020)

Lampiran C

1. Perhitungan permeabilitas *falling head* pada titik BH-01

Diketahui :

Data sampel pengujian pertama (Test 1)

Diameter pipa/ buret = 1,08 cm
Diameter benda uji = 6,32 cm
Tinggi benda uji = 12,5 cm
Tinggi air mula-mula (h0 or h1) = 89 cm
Tinggi air stlh pengujian (H or h2) = 45 cm
Waktu pengujian = 0:01:43 = 103 detik
Temperatur = 28 ^{o}C
Angka koreksi permeabilitas T 20^{o}C = 0,8318

- **Perhitungan data awal**

Luas area pipa /buret (a)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 1{,}08^2 = 0{,}916\ cm^2$$

Luas area benda uji (A)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 6{,}32^2 = 31{,}35\ cm^2$$

Volume benda uji

A x t = 31,35 *x* 12,5 = 391,9 cm^3

- **Perhitungan data permeabilitas**

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{aL}{At}\right) \log\left(\frac{h1}{h2}\right)$$

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{0{,}916\ x\ 12{,}5}{31{,}35\ x\ 103}\right) \log\left(\frac{89}{45}\right) = 2{,}417\ x\ 10^{-3}\ cm/detik$$

Untuk mendapakan nilai permeabilitas pada temperatur 20^{o}C, maka nilai tersebut dikalikan dengan angka koreksi nilai permeabilitas pada temperatur 20^{o}C yaitu 0,8318.

K = 2,417 x 10^{-3} *x* 0,8318 = 2,011 x 10^{-3}

Pengujian ini dilakukan 3(tiga) kali dalam 1 benda uji untuk memperoleh nilai rata dan keakuratan data pengujian.

Hasil Test 1 = 2,011 x 10^{-3} cm/detik

Test 2 = 2,008 x 10^{-3} cm/detik

Test 3 = 2,018 x 10^{-3} cm/detik

Nilai koefisien permeabilitas rata-rata sebesar 2,012 x 10^{-3} cm/detik. Karena nilai permeabilitas yang diminta dalam satuan mm/detik, maka nilai tersebut dikalikan 10 dan diperoleh koefisien permeabilitas sebesar 2,012 x 10^{-2} mm/detik

2. Perhitungan permeabilitas *falling head* pada titik BH-02

Diketahui :

Data sampel pengujian pertama (Test 1)

Diameter pipa/ buret = 1,08 cm

Diameter benda uji = 6,32 cm

Tinggi benda uji = 12,3 cm

Tinggi air mula-mula (h0 or h1) = 89 cm

Tinggi air stlh pengujian (H or h2) = 46 cm

Waktu pengujian = 0:03:2 = 182 detik

Temperatur = 28 ^{o}C

Angka koreksi permeabilitas T 20^{o}C = 0,8318

- **Perhitungan data awal**

Luas area pipa /buret (a)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 1{,}08^2 = 0{,}916\ \text{cm}^2$$

Luas area benda uji (A)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 6{,}32^2 = 31{,}35\ \text{cm}^2$$

Volume benda uji

A x t = 31,35 *x* 12,3 = 385,7 cm^3

- **Perhitungan data permeabilitas**

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{aL}{At}\right) \log\left(\frac{h1}{h2}\right)$$

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{0{,}916\ x\ 12{,}3}{31{,}35\ x\ 182}\right) \log\left(\frac{89}{46}\right) = 1{,}332\ x\ 10^{-3}\ \text{cm/detik}$$

Untuk mendapakan nilai permeabilitas pada temperatur 20ºC, maka nilai tersebut dikalikan dengan angka koreksi nilai permeabilitas pada temperatur 20ºC yaitu 0,8318.

$K = 1{,}303 \times 10^{-3}\ x\ 0{,}8318 = 1{,}084 \times 10^{-3}$

Pengujian ini dilakukan 3(tiga) kali dalam 1 benda uji untuk memperoleh nilai rata dan keakuratan data pengujian.

Hasil Test 1 = $1{,}084 \times 10^{-3}$ cm/detik

Test 2 = $1{,}085 \times 10^{-3}$ cm/detik

Test 3 = $1{,}090 \times 10^{-3}$ cm/detik

Nilai koefisien permeabilitas rata-rata sebesar $1{,}086 \times 10^{-3}$ cm/detik. Karena nilai permeabilitas yang diminta dalam satuan mm/detik, maka nilai tersebut dikalikan 10 dan diperoleh koefisien permeabilitas sebesar $1{,}086 \times 10^{-2}$ mm/detik.

3. Perhitungan permeabilitas *falling head* pada titik BH-03

Diketahui :

Data sampel pengujian pertama (Test 1)

Diameter pipa/ buret = 1,08 cm
Diameter benda uji = 6,32 cm
Tinggi benda uji = 12,5 cm
Tinggi air mula-mula (h0 or h1) = 89 cm
Tinggi air stlh pengujian (H or h2) = 65 cm
Waktu pengujian = 0:05:17 = 317 detik
Temperatur = 28 ºC
Angka koreksi permeabilitas T 20ºC = 0,8318

- **Perhitungan data awal**

Luas area pipa /buret (a)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 1{,}08^2 = 0{,}916\ \text{cm}^2$$

Luas area benda uji (A)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 6{,}32^2 = 31{,}35\ \text{cm}^2$$

Volume benda uji

A x t = 31,35 *x* 12,5 = 391,9 cm^3

- **Perhitungan data permeabilitas**

$$k = 2{,}303\ (\frac{aL}{At})\log(\frac{h1}{h2})$$

$$k = 2{,}303\ (\frac{0{,}916\ x\ 12{,}5}{31{,}35\ x\ 317})\log(\frac{89}{65}) = 3{,}619\ x\ 10^{-4}\ \text{cm/detik}$$

Untuk mendapakan nilai permeabilitas pada temperatur 20ºC, maka nilai tersebut dikalikan dengan angka koreksi nilai permeabilitas pada temperatur 20ºC yaitu 0,8318.

K = 3,619 x 10^{-4} *x* 0,8318 = 3,010 x 10^{-4}

Pengujian ini dilakukan 3(tiga) kali dalam 1 benda uji untuk memperoleh nilai rata dan keakuratan data pengujian.

Hasil Test 1 = 3,010 x 10^{-4} cm/detik
Test 2 = 3,020 x 10^{-4} cm/detik
Test 3 = 3,015 x 10^{-4} cm/detik

Nilai koefisien permeabilitas rata-rata sebesar 3,015 x 10^{-4} cm/detik. Karena nilai permeabilitas yang diminta dalam satuan mm/detik, maka nilai tersebut dikalikan 10 dan diperoleh koefisien permeabilitas sebesar 3,015 x 10^{-3} mm/detik.

4. Perhitungan permeabilitas *falling head* pada titik BH-04

Diketahui :

Data sampel pengujian pertama (Test 1)

Diameter pipa/ buret = 1,08 cm
Diameter benda uji = 6,32 cm
Tinggi benda uji = 12,5 cm
Tinggi air mula-mula (h0 or h1) = 89 cm
Tinggi air stlh pengujian (H or h2) = 65 cm
Waktu pengujian = 0:09:37 = 577 detik
Temperatur = 28 ^{o}C
Angka koreksi permeabilitas T 20^{o}C = 0,8318

- **Perhitungan data awal**

Luas area pipa /buret (a)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 1{,}08^2 = 0{,}916\ cm^2$$

Luas area benda uji (A)

$$\frac{1}{4}.\pi.d^2 = \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 6{,}32^2 = 31{,}35\ cm^2$$

Volume benda uji

A x t = 31,35 *x* 12,5 = 391,9 cm^3

- **Perhitungan data permeabilitas**

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{aL}{At}\right) \log\left(\frac{h1}{h2}\right)$$

$$k = 2{,}303\ \left(\frac{0{,}916\ x\ 12{,}5}{31{,}35\ x\ 577}\right) \log\left(\frac{89}{65}\right) = 1{,}988\ x\ 10^{-4}\ cm/detik$$

Untuk mendapakan nilai permeabilitas pada temperatur 20^{o}C, maka nilai tersebut dikalikan dengan angka koreksi nilai permeabilitas pada temperatur 20^{o}C yaitu 0,8318.

K = 1,988 x 10^{-4} *x* 0,8318 = 1,654 x 10^{-4}

Pengujian ini dilakukan 3(tiga) kali dalam 1 benda uji untuk memperoleh nilai rata dan keakuratan data pengujian.

Hasil Test 1 = 1,654 x 10^{-4} cm/detik
Test 2 = 1,658 x 10^{-4} cm/detik
Test 3 = 1,657 x 10^{-4} cm/detik

Nilai koefisien permeabilitas rata-rata sebesar 1,656 x 10^{-4} cm/detik. Karena nilai permeabilitas yang diminta dalam satuan mm/detik, maka nilai tersebut dikalikan 10 dan diperoleh koefisien permeabilitas sebesar 1,656 x 10^{-3} mm/detik.

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan sidang tugas akhir (Tahun Ajaran 2021/2022).

Hari / Tanggal	: Sabtu / 26 Februari 2022
Tempat	: Ruang Rapat Akademik (Fakultas Teknik) Universitas Muhammadiyah Aceh
Nama Mahasiswa	: Zulfan Efendi
NIM	: 1903120030
Program Studi	: Teknik Sipil
Judul Laporan	: Analisis Permeabilitas Tanah Berdasarkan Hasil Pengujian Laboratorium dan Lapangan Pada Tubuh Bendungan (Studi Kasus: Bendungan Sianjo-Anjo Kabupaten Aceh Singkil).

Dengan Hasil Sidang Tugas Akhir :

1. Sidang cukup satu kali
2. Sidang cukup satu kali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai :

1. Dosen Pembimbing
   Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng TTD : .....
2. Dosen Penguji I
   Yus Yudhyantoro, ST, MT TTD : .....
3. Dosen Penguji II
   Ir. Wahyuni, MT, IPM TTD : .....

Mengetahui
Pimpinan Seminar

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIDN : 0120047901

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji I : Yus Yudhyantoro, ST, MT.

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Perbaiki judul pada *cover* tugas akhir, dipersingkat lagi jangan terlalu panjang	Sudah diperbaiki sesuai arahan pada *cover* tugas akhir dengan mengikuti buku panduan penulisan tugas akhir.
2.	Pebaiki dan tambakan metode pengujian geser langsung *(direct shear)* pada pengujian kuat geser	Sudah ditambahkan metode pengujian geser langsung (*direct shear*) pada pengujian kuat geser di abstrak dan Bab IV halaman 38
3.	Pada Bab II, perbaiki penomoran pada beberapa persamaan yang digunakan	Telah diperbaiki sesuai dengan arahan, dapat dilihat pada Bab II halaman 16
4.	Pada Bab II, cek kembali angka pada tabel 2.9, tabel mana yang dijadikan referensi dalam klasifi- kasi jenis tanah berdasarkan nilai permeabilitas ?	Telah diperbaiki sesuai dengan arahan dan dapat dilihat pada halaman 15. Tabel yang digunakan adalah tabel 2.8 yang bersumber Hardiyatmo (2002)
5.	Pada Bab II, dalam penjelasan karakteristik tanah pasir dan lanau. Hubungkan reperensi yang digunakan perdasarkan tabel mana ?	Telah diperbaiki sesuai dengan arahan dan diperlihatkan pada halaman 19. Karakteristik didasari tabel 2.7 halaman 13 dan 2.8 halaman 14.
6.	Pada Bab III, tambahkan tabel variasi benda uji	Telah diperbaiki sesuai dengan arahan, dapat dilihat pada halaman 23.
7.	Pada Bab IV, bagaimana cara menghitung persentase selisih dan ubah grafik garis kedalam bentuk bar (batang)	Telah diperbaiki sesuai arahan dan dapat dilihat pada Bab IV halaman 40-41.
8.	Pada Bab V, Perbaiki dan persingkatkan kembali kesimpulan	Telah di perbaiki sesuai arahan dan dapat dilihat pada halaman 43

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Mengetahui,
Dosen Penguji I

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0120047901

Yus Yudhyantoro, ST, MT.
NIP. 197202032000121001

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Penguji II : Ir. Wahyuni, MT, IPM.

No.	Pertanyaan	Jawaban
1.	Perbaiki judul pada *cover* tugas akhir, dipersingkat lagi jangan terlalu panjang	Sudah diperbaiki sesuai arahan pada *cover* tugas akhir dengan mengikuti buku panduan penulisan tugas akhir.
2.	Perbaiki Bab I, ikuti pedoman penulisan tugas akhir terkaid jumah halaman	Telah diperbaiki sesuai arahan pada Bab I, Pendahuluan
3.	Perbaiki kata kunci pada abstrak	Sedah diperbaiki sesuai arahan pada abstrak
4.	Pada Bab I, pada hasil penelitian, berapa besar persentase selisih yang diizinkan dalam menghitung selisih, cek kembali hasil perhitungan.?	Telah diperbaiki sesuai arahan dn dapat dilihat pada Bab 1 halaman 3 dan Bab 4 halaman 40. Persentase selisih yang di izinkan yaitu 0% sampai 5%.
5.	Perbaiki foto pengujian laboratorium pada lampiran gambar	Telah diperbaiki sesuai arahan dan dapat dilihat pada bab 1 halaman 53-55.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Ir. Maimunah, ST, M.Eng, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 0120047901

Mengetahui,
Dosen Penguji II

Ir. Wahyuni, MT, IPM
NIDN. 0106116802