



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No.25/SKRIPSI/S.TR-TKG/2022

SKRIPSI

STABILISASI CLAYSHALE MENGGUNAKAN CACO3 CAIR



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh :

Hanisa Lutfiyani

NIM 1901421034

Pembimbing :

Putera Agung Maha Agung, S.T, M.T, Ph.D.

NIP: 196606021990031002

Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si

NIP: 11042019073019920917

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK KONSTRUKSI GEDUNG

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2022



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Skripsi Berjudul :

**STABILISASI CLAYSHALE MENGGUNAKAN CACO3 CAIR
(Studi Kasus : Clayshale Hambalang)**

yang disusun oleh **Hanisa Lutfiyani (NIM 1801421034)** telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam **sidang skripsi**

Pembimbing,

Putera Agung Maha Agung, S.T, M.T, Ph.D.
NIP: 196304021989031003

Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si
NIP: 11042019073019920917



HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi Berjudul :

STABILISASI CLAYSHALE MENGGUNAKAN CACO3 CAIR

yang disusun oleh **Hanisa Lutfiyani (NIM 1801421034)** telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi 2** di depan Tim Penguji pada hari Senin tanggal 25 Juli 2022

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Eng. Sony Pramusandi, S.T., M.Eng. NIP: 197509151998021001	
Anggota	Imam Hariadi Sasongko, S.T., M.M., M.B.A. NIP: 195804221984031003	
	A'isyah Salimah, S.T., M.T. NIP: 199002072015042006	

Mengetahui, Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

Dyah Nurwidyaningrum, S.T., MM. M Ars
NIP 197407061999032001

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hanisa Lutfiyani
NIM : 1801421034
Prodi : D-IV Teknik Konstruksi Gedung
Email : Hanisalutfiyani@gmail.com
Judul Naskah : Stabilisasi Clayshale Menggunakan Caco3 Cair
(Studi Kasus : Clayshale Hambalang)

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2021/2022 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkandalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 22 Juli 2022

Yang menyatakan,

(Hanisa Lutfiyani)



STABILISASI CLAYSHALE MENGGUNAKAN CaCO_3 CAIR

Hanisa Lutfiyani, Putera Agung Maha Agung, Muhammad Fathur Rouf Hasan.

Program Studi Teknik Konstruksi Gedung, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

hanisa.lutfiyani.ts18@mhs.w.pnj.ac.id,

ABSTRAK

Clayshale adalah salah satu material geologi kompleks, bermasalah, dan paling sedikit dipelajari yang sering kali menjadi penyebab berbagai masalah stabilitas dan daya dukung pada struktur rekayasa geoteknis karena kecenderungannya sendiri untuk melapuk dalam waktu relative singkat. Hal ini menyebabkan clayshale sering kali tidak dipakai saat proses konstruksi, maka dari itu perlunya diadakan upaya stabilisasi pada clayshale. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi kadar kalsium karbonat cair terhadap parameter geser clayshale. Untuk mendapatkan nilai pengaruh tersebut dilakukan pengujian sifat fisis dan pengujian sifat mekanis terhadap sampel remoulded clayshale asli maupun clayshale dengan variasi tambahan 1M dan 2M CaCO_3 cair. Berdasarkan pengujian laboratorium, sampel clayshale asli memiliki nilai LL 37.9%, PL 14.6%, IP 23.3%, Gs 2.617, OMC 13.67%, γ_{dry} 1.762 gr/cm³. Penambahan kadar CaCO_3 telah teruji dapat meningkatkan nilai Gs dan menurunkan index plastisitas clayshale tersebut. Setelah dilakukan pengujian Triaxial UU, sample clayshale dalam kondisi remoulded memiliki nilai c sebesar 0,171 kg/cm² dan ϕ sebesar 8.33°. Sedangkan pada sampel clayshale dengan substitusi 2M CaCO_3 sebanyak 80% nilai OMC yang telah diperam selama 3 hari menghasilkan peningkatan nilai c dan ϕ paling optimum masing masing sebesar 0.289 kg/cm² dan 11.13°. hal ini menunjukkan bahwa penambahan CaCO_3 cair dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi clayshale karena mampu meningkatkan nilai parameter geser dan memperbaiki sifat clayshale.

Kata kunci: clayshale, kalsium karbonat cair, stabilisasi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Risiko Proyek Berkaitan Dengan Waktu dan Biaya Pembangunan Menara Pegadaian“ dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan bagi mahasiswa program Sarjana Terapan Jurusan Teknik Sipil Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Gedung. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Seluruh keluarga terutama Ayah dan Mama yang selalu memberikan doa dan dukungan penuh sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
2. Bapak Putera Agung Maha Agung, S.T, M.T, Ph.D., selaku pembimbing 1 dalam penyusunan proposal yang telah memberikan semangat dan saran yang membangun sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Muhammad Fathur Rouf Hasan, S.Si., M.Si., selaku pembimbing 2 dalam penyusunan proposal yang telah memberikan semangat dan saran yang membangun sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Dyah Nurwidyaningrum S.T., M.M., M.Arc., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil sekaligus dosen mata kuliah Metodologi Penelitian.
5. Bapak Mudiono Kasmuri, S.T, M.Eng, Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Konstruksi Gedung.
6. Maru, dan Naru yang menjadi penghibur dikala jenuh.
7. Teman-teman satu bimbingan, serta teman kelas 4TKG2 yang sudah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari kekurangan. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak dalam penulisan Tugas Akhir ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan kita semua.

Hanisa Lutfiyani



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Pembatasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Clayshale</i>	6
2.2 Kalsium karbonat	7
2.3 Parameter Geser Tanah	8
2.4 Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standart</i>)	9
2.5. Pengujian Triaxial.....	11
2.6. Penelitian Sebelumnya.....	13
2.7. Hipotesis.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Gambaran Umum Penelitian	15
3.1.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	15
3.2 Rancangan Penelitian	16
3.2.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	17

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3	Metode Pengumpulan Data.....	20
3.4	Pelaksanaan Pengujian	21
3.4.1	Pengujian Clayshale Asli.....	21
3.4.2	Pengujian Clayshale dengan bahan tambah CaCO ₃ Cair	21
3.5	Prosedur Pengujian	22
3.5.1	Pengujian Kadar Air.....	23
3.5.2	Pengujian Berat Isi dan Berat Jenis.....	23
3.5.2.1	Pengujian Berat Isi	24
3.5.2.2	Pengujian Berat Jenis	24
3.5.3	Analisa Ukuran Butir (Grain Size Distribution).....	25
3.5.4	Pengujian <i>Atterberg Limits</i>	29
3.5.5	Pengujian Standard Proctor	31
3.5.6	Pengujian Triaksial UU	33
3.6	Luaran	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Data Hasil Pengujian.....	36
4.1.1	Hasil Pengujian Clayshale Asli	36
4.1.1.1	Kadar Air.....	36
4.1.1.2	Berat Jenis	37
4.1.1.3	Analisa Ukuran Butir.....	38
4.1.1.4	<i>Atterberg Limits</i>	39
4.1.1.5	Proktor standar	39
4.1.1.6	Triaxial UU.....	40
4.1.2	Hasil Pengujian Clayshale Dengan Penambahan 1M dan 2M CaCO ₃ Cair.....	41
4.1.2.1	Berat Jenis	41
4.1.2.2	<i>Atterberg Limits</i>	42
4.1.2.3	Proktor Standar.....	43
4.1.2.4	Triaxial UU.....	43
4.1.2.4.1	Penambahan 1M CaCO ₃ Cair.....	44
4.2	Analisis Data dan Pembahasan	53
4.2.1	Hasil Pengujian Clayshale Asli	53
4.2.1.1	Kadar air	53
4.2.1.2	Berat jenis.....	54
4.2.1.3	Analisa Ukuran Butir.....	54



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1.4	Atterberg Limits	55
4.2.1.5	Proktor Standar	56
4.2.1.6	Triaxial UU.....	57
4.2.2	Pengujian Index Properties <i>Clayshale</i> Dengan Tambahan CaCO ₃ Cair	59
4.2.2.1	Berat Jenis	59
4.2.2.2	<i>Atterberg Limits</i>	61
4.2.2.3	Proktor Standar	64
4.2.2.4	Pengujian Triaxial UU.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA.....		Error! Bookmark not defined.70
LAMPIRAN		
Error! Bookmark not defined.		72

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Besaran Sudut Geser Dalam Tanah (Sumber: Bowles JE, 1989)	9
Tabel 3. 1 Rencana Sampel Pengujian Clayshale Asli	21
Tabel 3. 2 Rencana Sampel Pengujian Clayshale dengan 1M CaCO ₃ Cair	22
Tabel 3. 3 Rencana Sampel Pengujian Clayshale dengan 2M CaCO ₃ Cair	22
Tabel 3. 4 Ukuran Butiran Maksimum	23
Tabel 3. 5 Berat Jenis Macam Tanah (Hardiyatmo, 2012)	23
Tabel 3. 6 Kalibrasi Hidrometer	27
Tabel 3. 7 Faktor Koreksi Temperatur	28
Tabel 3. 8 Koreksi Berat Jenis Berdasarkan Temperatur	28
Tabel 3. 9 Faktor Koreksi Untuk Berat Jenis	29
Tabel 4.1 Hasil pengujian Kadar Air	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berat Jenis clayshale asli	37
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Hydrometer	38
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sieve Analisis	38
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Atterberg Limits Clayshale Asli	39
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Proctor Standar Clayshale Asli	39
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale Asli	40
Tabel 4.8 Nilai Properties Benda Uji Triaxial	41
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Berat Jenis Sampel Dengan Bahan Tambah	41
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Clayshale Dengan Variasi Tambahan CaCO ₃ Cair	42
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Clayshale Dengan Variasi Tambahan CaCO ₃ Cair	43
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 1M CaCO ₃ - 40%	44
Tabel 4.13 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 1M CaCO ₃ - 40%	44
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 1M CaCO ₃ - 60%	45
Tabel 4.15 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 1M CaCO ₃ - 60%	45
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 1M CaCO ₃ - 80%	46
Tabel 4.17 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 1M CaCO ₃ - 80%	47
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 1M CaCO ₃ - 100%	47
Tabel 4.19 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 1M CaCO ₃ - 100%	48

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 2M CaCO_3 - 40%	48
Tabel 4.21 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 2M CaCO_3 - 40%	49
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 2M CaCO_3 - 60%	50
Tabel 4.23 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 2M CaCO_3 - 60%	50
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 2M CaCO_3 - 80%	51
Tabel 4.25 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 2M CaCO_3 - 80%	51
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Triaxial UU Clayshale penambahan 2M CaCO_3 -100%	52
Tabel 4.27 Nilai Properties Benda Uji Triaxial penambahan 2M CaCO_3 - 100%	53
Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Atterberg Limits	55
Tabel 4.29 Hasil Pengujian Proktor Standar	56
Tabel 4.30 Hasil Analisis Data Pengujian Triaxial UU Clayshale Asli	57
Tabel 4.31 Hasil Pengujian Berat Jenis Sampel Dengan Bahan Tambah	60
Tabel 4.32 Hasil Pengujian Berat Jenis Sampel Dengan Bahan Tambah	61
Tabel 4.33 Hasil Pengujian Berat Jenis Sampel Dengan Bahan Tambah	65

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampilan umum mudrocks mode body slaking di bawah kondisi eksposur (Sadisun et al; 2010).	6
Gambar 2.4 Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air (Mahardika & Pratama, 2020)	11
Gambar 2.3 Skema Alat Uji Triaxial (Bataee dkk.,2017)	13
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Rancangan Penelitian	18
Gambar 4.1 Grafik Grain Size Analysis Clayshale Asli	54
Gambar 4. 2 Grafik Atterberg Limits	55
Gambar 4. 3 SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)	55
Gambar 4. 4 SUB GROUP AASHTO	56
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar air dengan ω dry dan ZAVC	57
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Deviator Stress Vs Regangan Hasil Pengujian Triaksial UU Pada Sampel Clayshale Asli	59
Gambar 4.7 Diagram Mohr-Colomb Sampel Clayshale Asli	59
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Berat Jenis Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	61
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Atterberg Limits Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	62
Gambar 4.10 CLASIFICATION U.S.C.S dengan Variasi CaCO ₃ Cair	62
Gambar 4. 11 SUB GROUP AASHTO Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	62
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Berat Isi Kering Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	64
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Nilai Kohesi Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	65
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Nilai Sudut Geser Dalam Dengan Variasi CaCO ₃ Cair	66

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Clayshale adalah suatu material hasil pelapukan *claystone* yang secara alami, bersifat keras, kaku, dan sulit digali tanpa bantuan alat gali. *Claystone* yang semula berebentuk batuan akan berdegradasi hingga menyerupai tanah berbutir halus yang tidak lagi menjadi material fungsional dalam konstruksi (Rahayu, 2019). Perubahan ini menyebabkan menurunnya kuat geser *clayshale* yang disebabkan oleh proses pelapukan *clayshale*. Proses pelapukan ini berkembang pada kedalaman dan intensitas beragam serta dikendalikan oleh beberapa faktor kompleks, baik dari internal batuan maupun eksternal seperti kondisi iklim, topografi/morfologi, air tanah, dan aktivitas organisme (I. . Sadisun et al., 2000).

Kekuatan geser tanah digambarkan sebagai fungsi tegangan normal pada permukaan gelincir, kohesi, dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi adalah dua sifat fisik penting tanah yang menentukan sudut pecah, kuat geser, faktor keamanan serta kondisi stabilitas material lereng (Sujit, 2015). Kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) tanah adalah parameter tanah yang diperlukan untuk mengevaluasi stabilitas dan deformasi struktur geoteknik. Oleh karena perubahan sifat fisis yang berpengaruh pada stabilitas *clayshale*, seringkali muncul beberapa masalah dalam rekayasa geoteknik, seperti pemilihan material timbunan, daya dukung pondasi dangkal dan dalam, stabilitas lereng alami dan buatan, pemipaan dan penurunan tanah (Putera et al., 2017).

Salah satu peristiwa permasalahan yang disebabkan oleh perubahan sifat fisis *clayshale* adalah runtuhnya Proyek Pusat Pendidikan, Pelatihan, dan Sarana Olahraga Nasional (P3SON) Hambalang, Bogor. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya penelitian tentang perubahan rasio disintegritas *clayshale* Hambalang yang mencapai nilai 0.9162 (nilai 1 untuk seluruhnya tersegmentasi) setelah direndam dan dikeringkan selama 80 hari (Sains et al., 2017). Hal ini menjadi masalah karena Desa Hambalang, Sentul City, saat ini sedang mengalami pengembangan dan melaksanakan banyak pembangunan seperti sarana bisnis, tempat wisata maupun perumahan. Perkembangan pembanugnan ini mengakibatkan banyak lahan alam

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang meminumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang harus dikupas, namun letaknya diketahui berada pada Formasi Jatiluhur yang didominasi oleh *clayshale* (Oktaviani et al., 2018) membuat lahan di area tersebut membutuhkan perlakuan dan perencanaan khusus untuk menstabilkan *clayshale* agar tidak menimbulkan masalah pada proses konstruksi selanjutnya.

Beberapa metode telah dikembangkan oleh para ahli untuk meningkatkan kekuatan tanah bermasalah yang digunakan untuk keperluan konstruksi dengan menggunakan metode stabilisasi berbasis bahan kimia, stabilisasi mekanis. Contoh metode yang digunakan adalah dengan cara memanfaatkan bahan kimia sebagai bahan stabilisasi seperti penambahan semen, kapur aktif, abu terbang yang telah digunakan sebagai perkuatan tanah (Faray & Rahayu, 2020; Prawesthi & Santosa, 2017)

Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan dalam upaya meningkatkan kekuatan tanah adalah Kalsium karbonat (CaCO_3 Cair). Kalsium karbonat (CaCO_3 Cair) adalah bahan pengisi yang paling banyak digunakan dalam formulasi polimer. Sebagai pengisi, Kalsium karbonat memungkinkan pengurangan biaya dan peningkatan sifat mekanik. Kalsium karbonat secara alami ditemukan di batuan sedimen (kapur, batu kapur), kelereng dan mineral (dolomit) (Al Omari et al., 2016). Berdasarkan penelitian tentang karakteristik *clayshale* di Semarang-Bawen, diketahui bahwa sekitar 30% struktur komposisi *clayshale* terdiri dari Kalsium karbonat (Alatas et al., 2015).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan pada tanah lempung lunak (Saleh & Harwadi, 2017) menunjukkan bahwa semakin banyak bahan stabilisasi abu sekam padi dan CaCO_3 Cair yang diberikan akan meningkatkan sifat mekanis tanah uji. Lalu pada penelitian stabilisasi tanah lempung dengan penambahan CaCO_3 Cair (Widiatmono, 2007) menghasilkan kesimpulan bawa dengan penambahan Kalsium karbonat pada presentase 1-5% mengakibatkan kenaikan nilai $q_{ultimate}$ tanah, dan menurunkan nilai angka potensi tekanan mengembang tanah tersebut.

Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa CaCO_3 Cair memiliki potensi sebagai bahan stabilisasi *clayshale*. Selain itu, Senyawa ini dipilih karena beberapa faktor yaitu, mudah didapat dengan harga yang terjangkau, aman bagi lingkungan, bahkan mampu mengurangi jejak karbon di alam dan efek gas rumah kaca (HPI Environmental Brochure, 2013). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi apakah Kalsium karbonat berpengaruh dalam



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

meningkatkan parameter geser (nilai kohesi dan sudut geser dalam) *clayshale* serta mengetahui sifat Kalsium karbonat dalam menstabilkan *clayshale*.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam upaya menstabilisasi tanah terdapat beberapa paramter yang harus ditinjau dan dipenuhi, namun dalam penelitian ini hanya akan dilakukan kajian mengenai sudut geser dalam dan nilai kohesi sampel yang akan diteliti. Berdasarkan uraian sebelumnya maka beberapa permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah:

1. Adakah penambahan nilai kohesi dan besar sudut geser dalam pada *clayshale* bila ditambah CaCO_3 Cair?
2. Bagaimana pengaruh penambahan CaCO_3 Cair pada nilai kohesi dan besar sudut geser dalam *clayshale*?
3. Bagaimana sifat CaCO_3 Cair dalam menstabilkan *Clayshale*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini yaitu:

1. Membuktikan penambahan CaCO_3 Cair pada *clayshale* dapat memperbaiki Parameter geser tanah.
2. Menganalisis perbedaan stabilitas *clayshale* bila *clayshale* ditambah dengan CaCO_3 Cair dan tidak ditambah.
3. Mengetahui sifat CaCO_3 Cair dalam mensabilkan *clayshale*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk berbagai pihak, yaitu :

1. Manfaat bagi penulis

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan menulis dan wawasan penulis mengenai stabilisasi tanah, serta untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

2. Manfaat bagi perusahaan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penulis dapat memberikan referensi kepada kontraktor mengenai adanya cara menstabilkan *clayshale* agar dapat dimanfaatkan pada proses konstruksi dan aksi mitigasi yang tepat untuk menghindari kerugian pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

3. Manfaat bagi masyarakat kampus

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pengayaan dalam pengajaran untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai material tanah *clayshale*.

1.5 Pembatasan Masalah

Agar penulisan penelitian ini lebih terarah dan sistematis, maka pembahasan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada parameter geser clayshale yaitu nilai kohesi dan sudut geser dalam clayshale terhadap penambahan CaCO₃ Cair.
2. Penelitian ini berfokus pada clayshale yang berada di Jl. Raya Hambalang, Hambalang, Kec. Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat.
3. Standar metode yang digunakan dalam pengujian sampel clayshale asli maupun campuran (CaCO₃ Cair) secara umum menggunakan edisi terbaru ASTM volume 4.08.
4. Penelitian meliputi pengujian laboratorium untuk menentukan karakteristik tanah dan proporsi variasi campuran stabilisasi. Macam pengujian berupa Index Properties, Standard Proctor dan Triaxial UU.
5. Pembuatan benda uji dilakukan pada tanah asli dan campuran tanah asli dengan tambahan CaCO₃ Cair dalam kondisi OMC dilakukan pada waktu peram 3 hari serta dalam keadaan tidak direndam.
6. Semua sampel diuji dalam bentuk remoulded setelah ditumbuk hingga lolos saringan No.4.
7. Material stabilisasi yang digunakan adalah bubuk CaCO₃ Cair dengan ukuran mesh 1200 dengan variasi kadar 1M dan 2M.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi dibagi menjadi 3 bagian, bagian awal, isi, dan bagian akhir.

1. Bagian Awal



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bagian awal skripsi meliputi : judul, pernyataan keaslian, halaman persetujuan, halaman pengesahan, motto dan persembahan, abstrak, 6 kata pengantar, daftar isi, daftar table, daftar gambar, dan daftar lampiran.

2. Bagian Isi

Dalam bagian isi skripsi disajikan dalam lima bab dan beberapa sub bab pada setiap bab, terdiri dari:

A. BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini tertuang mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan skripsi.

B. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mengemukakan tentang landasan teori yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian.

C. BAB III : METODE PENELITIAN

Dalam bab ini berisi tentang pendekatan penelitian, lokasi dan objek penelitian, fokus penelitian, prosedur (langkah-langkah) uji.

D. BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil analisis data penelitian, prosedur (langkah-langkah) uji.

E. BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian dan saran yang akan diberikan berdasarkan penelitian.

3. Bagian Akhir

Bagian akhir ini berisikan daftar pustaka dan lampiran yang mendukung hasil penelitian.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan dan hasil pengujian dari penelitian terdahulu:

1. Berdasarkan pengujian triaxial, sample CS0 dalam kondisi remoulded memiliki nilai c sebesar $0,171 \text{ kg/cm}^2$ dan ϕ sebesar 8° . Sedangkan pada sampel CS2C substitusi 2M CaCO_3 sebanyak 80% nilai OMC menghasilkan kenaikan nilai c dan ϕ masing masing sebesar 0.289 kg/cm^2 dan 11.13° .
2. Secara umum, hasil pengujian Triaxial UU yang dilakukan pada sampel clayshale dengan variasi penambahan CaCO_3 cair mengalami kenaikan nilai kohesi dan sudut geser dalam clayshale, hal ini membuktikan penambahan kalsium karbonat cair mampu meningkatkan nilai parameter geser dalam clayshale. CaCO_3 yang mengisi pori dan bersementasi inilah yang dapat mencegah air dari luar dapat masuk dan membuat clayshale terhindar dari siklus basah kering penyebab pelapukan.
3. Berdasarkan pengujian index properties, Sample clayshale asli dari desa hambalang memiliki kadar air sebesar 1.938%, berat jenis sebesar 2.6132, LL 37.894%, PL 14.564%, dan IP 23.33%. Sample clayshale asli dari desa hambalang, Sentul dapat diklasifikasikan pada kelas CL berdasarkan USCS dan berada pada sub kategori A-6 berdasarkan AASHTO. Setelah variasi penambahan CaCO_3 diberikan terhadap sampel, terjadi kenaikan nilai G_s pada setiap penambahan kadar 1M dan 2M CaCO_3 Cair masing masing sebesar 2.6159 dan 2.6169 serta penurunan index plastisitas masing masing sebesar 37.49% dan 36.86% serta 22.88%, 21.24%, namun masih berada pada kelas USCS dan subgrade AASHTO yang sama. Dapat diamati dari kenaikan nilai G_s setiap variasi penambahan kadar CaCO_3 cair, bahwa CaCO_3 dapat meningkatkan parameter geser dalam clayshale dengan menjadi filler pori, karena CaCO_3 memiliki nilai G_s yang lebih tinggi, sebesar 2.70 (Roussel et al., 2005) dan butiran yang sangat halus sebesar $\pm 12.5 \text{ micron}$ sehingga

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memungkinkan partikel CaCO_3 masuk kedalam pori clayshale dan tersementasi didalam pori clayshale.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah kami menyelesaikan penyelesaiannya pelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan uji SEM-XRD untuk mengetahui apakah sampel yang diuji merupakan clayshale
2. Perlu dilakukan pengujian pada variasi durasi pemeraman sampel yang ditambah dengan CaCO_3 cair.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai akurasi dan faktor penentu keberhasilan uji untuk sampel remoulded dibandingkan dengan sampel undisturbed.
4. Perlu ditambahkan titik pengambilan sampel agar dapat lebih mewakili jenis tanah pada daerah tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Al Omari, M. M. H., Rashid, I. S., Qinna, N. A., Jaber, A. M., & Badwan, A. A. (2016). Calcium Carbonate. *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology*, 41, 31–132. <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2015.11.003>
- Alatas, I. M., Kamaruddin, S. A., Nazir, R., Irsyam, M., & Himawan, A. (2015). Shear strength degradation of Semarang Bawen clay shale due to weathering process. *Jurnal Teknologi*, 77(11), 109–118. <https://doi.org/10.11113/jt.v77.6429>
- Ali, M., Abdullah, M. S., & Saad, S. A. (2015). Effect of Calcium Carbonate Replacement on Workability and Mechanical Strength of Portland Cement Concrete. *Advanced Materials Research*, 1115(June 2020), 137–141. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.1115.137>
- Bataee, M., Hamdi, Z., Irawan, S., Ashena, R., & Ghassemi, M. F. (2017). Effect of saturation alteration on wellbore stability during WAG Injection. *Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2017, July 2020*. <https://doi.org/10.2118/187826-ms>
- Faiz, A. M., & Priyono, S. (2021). Perbedaan Kemampuan Tanah Dalam Menahan Air Pada Berbagai Kelerengan Lahan Kopi Di Daerah Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 481–491. <https://doi.org/10.21776/ub.jtstl.2021.008.2.19>
- Faray, & Rahayu, W. (2020). Durability and strength improvement of clayshale using various stabilized materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012028>
- Haris, V. T., Lubis, F., & Winayati, W. (2018). Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 123–130. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i2.1143>
- Lukić, D. (2018). FRICTION ANGLE OF SOIL AND ROCK. *Zbornik Radova Građevinskog Fakulteta*, 34(April), 349–357. <https://doi.org/10.14415/konferencijagfs2018.034>
- Mahardika, A. G., & Pratama, M. F. (2020). Pengujian pemadatan tanah metode standard proctor dengan alat uji pemadat standard. *Teknologi STT Mandala*, 15(2), 64–68.
- Miguel Martín-Martínez, J. (2002). *Rubber base adhesives*. 573–675. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51140-9.50013-5>
- Oktaviani, R., P Raharjo, P., & A Sadisun, I. (2018). Kajian Ketahanan Batuan Clay Shale Formasi Jatiluhur di Sentul City Jawa Barat. *Promine*, 6(1), 26–32. <https://doi.org/10.33019/promine.v6i1.715>
- Paassen, L. van. (2009). *Ground Improvement by Microbially Induced Carbonate Precipitation*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Prawesthi, W. A., & Santosa, L. P. (2017). *Stabilization of the Shear Strength of Clay Soil with Limestone Powder*. C, 549–556.
- Putera, A. M. ., Yuwono, Sutikno, & Mursid. (2017). Landslide and Collapse Potential of Clayshale Layers through Observation by using XRD; SEM; and Petrography. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 7(2), 107–115.
- Rahayu, W. (2019). Stabilization of clay shale using propylene glycol and laterite on california bearing ratio. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 620(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/620/1/012042>
- Sadisun, I. ., Shimada, H., & Matsui, K. (2000). Characterization of Weathered Claystone and Their Engineering Significance. *Indonesia Scientific Meeting 2000, July 2014*, 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2447.1685>
- Sadisun, I. A., Bandonu, B., Shimada, H., Ichinose, M., & Matsui, K. (2010). Physical Disintegration Characterization of Mudrocks Subjected to Slaking Exposure and Immersion Tests. *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(4), 219–225. <https://doi.org/10.17014/ijog.v5i4.105>
- Sains, I., Istn, N., Kahfi, J. M., & Jagakarsa, I. I. (2017). Pengaruh Proses Pelapukan Clay Shale terhadap Perubahan Parameter Rasio Disintegritas (DR). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 24(1), 77–82. <https://doi.org/10.5614/jts.2017.24.1.9>
- Saleh, A. R., & Harwadi, F. (2017). STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN ABU SEKAM PADI (RHA) DAN KAPUR (CaCO₃) DI KAMPUNG SATU KOTA TARAKAN. *Jurnal Teknik UBT*, 1(16424), 17–27.
- Sujit, M. (2015). Assessing Cohesion, Friction Angle and Slope Instability in the Shivkhola Watershed of Darjiling Himalaya. *International Research Journal of Earth Sciences*, 3(8), 1–10. www.isca.me
- Wei, Y., Wu, X., Xia, J., Miller, G. A., Cai, C., Guo, Z., & Arash, H. (2019). The effect of water content on the shear strength characteristics of granitic soils in South China. *Soil and Tillage Research*, 187(November 2018), 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.11.013>
- Syafurudin, R. (2007). Hubungan Teoritis Antara Berat Isi Kering dan Kadar Air. 8(2), 142–150.
- Muhammad, G., & Marri, A. (2018). Difficulties in the Sample Preparation and Testing of Modified Soils. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(14), 1–22. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i14/121543>