

ANALISIS PENAMBAHAN BAWA "MELAYAN"
PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP PARAMETER
KUALITAS TANAH



INSTRUMEN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi syarat tugas akhir pada Jurusan Teknik
Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

TELUS EMY PURWATI

03081001102

Dosen Pembimbing:

Dr. Indra Chusaini San, M.S.

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2010

620.191.09

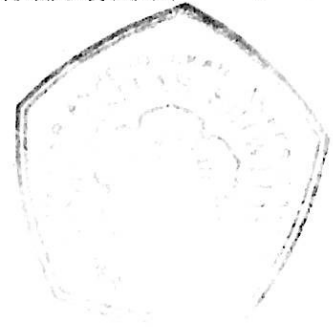
Tul

p

2013

C.131144

**PENGARUH PENAMBAHAN BATU "MENYAN"
PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP PARAMETER
KUAT GESER TANAH**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh:

TULUS UMY PURWATI

03081001102

Dosen Pembimbing :

Ir. Indra Chusaini San, M.S.

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2013

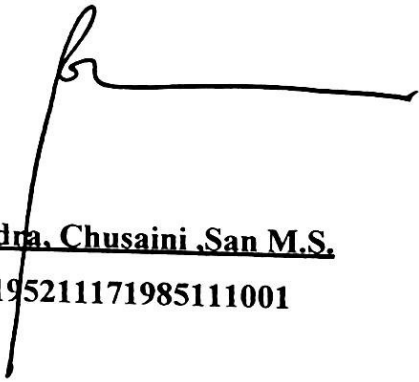


UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TANDA PERSETUJUAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : TULUS UMY PURWATI
NIM : 03081001102
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL LAPORAN : PENGARUH PENAMBAHAN BATU "MENYAN"
PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP
PARAMETER KUAT GESER TANAH

Indralaya, April 2012
Dosen Pembimbing,


Ir. Indra, Chusaini, San M.S.
NIP. 195211171985111001



UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TANDA PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : TULUS UMY PURWATI
NIM : 03081001102
JURUSAN : TEKNIK SIPIL
JUDUL LAPORAN : PENGARUH PENAMBAHAN BATU "MENYAN"
PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP
PARAMETER KUAT GESER TANAH

Indralaya, April 2012
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. H. Yakni Idris, M.Sc., MSCE

NIP. 195812111987031002

ABSTRAK

Tanah lempung mudah mengalami perubahan volume akibat pengaruh kadar air dan memiliki kuat geser tanah yang kecil. Namun hal tersebut dapat diperbaiki yaitu dengan melakukan stabilisasi, salah satunya adalah stabilisasi kimiawi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah lempung berpasir setelah dicampurkan dengan Batu "Menyan". yang diambil dari Desa Waisalak Kecamatan Jayapura Kabupaten OKU Timur Provinsi Sumatera Selatan.

Penelitian ini menggunakan uji Triaxial UU dengan variasi pencampuran serbuk Batu "Menyan" yaitu sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dengan masa perawatan 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Batu "Menyan" terlebih dahulu dihaluskan hingga lolos saringan no.40 kemudian dijemur, sedangkan tanah lolos saringan no.4.

Dari uji sifat fisis tanah dapat diketahui kadar air (w) optimum = 12,7%, berat jenis tanah (G_s) = 2,67, serta berat volume kering (γ_k) = 1,9 gr/cm³. Kemudian dilakuakn pengujian Triaxial UU (Unconsolidated Undrained) dan dapat diketahui bahwa peningkatan parameter kuat geser yang paling maksimum terjadi pada masa perawatan 21 hari dengan variasi campuran 20% untuk nilai kohesi = 1.98 kg/cm² dan 25% untuk nilai sudut geser = 29.36°. Nilai kuat geser tanah asli yaitu sebesar 5.0007 kg/cm² kemudian mengalami peningkatan yang paling maksimum pada variasi campuran 20% dengan masa perawatan 21 hari yaitu sebesar 9.0051 kg/cm² atau naik 80.08%.

Kata kunci : stabilisasi, batu "menyan", lempung berpasir, kuat geser,

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan hanya bagi Allah SWT, Pemelihara seluruh alam raya, yang atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Batu “Menyan” Pada Tanah Lempung Terhadap Parameter Kaut Geser Tanah”**. Tugas akhir ini dikerjakan demi memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Srwijaya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini bukanlah tujuan akhir dari belajar karena belajar adalah sesuatu yang tidak terbatas.

Penulis juga menyadari akan keterbatasan waktu pelaksanaan dan kemampuan pengetahuan. Oleh karena itu, laporan ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala usaha dan bantuan yang telah diberikan hingga selesainya laporan ini kepada :

1. Allah SWT atas nikmat, karunia dan rahmat yang tiada henti.
2. Keluargaku yang terkasih, khususnya Bapak, Ibu, dek Yogo dan yang telah mendoakan, memberikan semangat serta memberikan dukungan moril dan materiil (Maaf atas permintaan yang selalu mendadak dan semua keteledoran yang saya lakukan) .
3. Bapak Ir. H. Yakni Idris, MSc. MSCE. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Indra Chusaini San, M.S. selaku dosen pembimbing tugas akhir sekaligus pembimbing akademik yang telah membimbing saya selama kuliah yaitu 4 tahun 8 bulan, meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis dari awal hingga terselesaikannya laporan ini dengan memberikan petunjuk, ilmu, nasehat, saran yang sangat bermanfaat serta semangat yang diberikan (“jangan mudah menyerah” ^^).
5. Terimakasih banyak, thank you so much untuk my Agusta (alias bun bun) atas semua bantuan, pengertian, kesabaran, dan semangat serta dukungan tentunya. Terimakasih sudah rela menampung semua unek-unek kepenatan, bad mood, dan curhat yang ujung-ujungnya marah dengan sabar dan pengertian luar biasa. Dan terimakasih sudah nganterin kemana-mana, serta jalan-jalan disaat yang sangat tepat. Terimakasih sudah menjadi pendengar yang sangat bijaksana (ilysm .. ^^)

6. Terimakasih yang sebesar-besarnya pada yuk may (Maywuha Fitriana) dan keluarga atas kesediaannya untuk direpotkan pada saat yang sangat tidak memungkinkan, atas tumpangan gratisnya, jalan-jalan di Martapura nya, main-main sama ikan di kolam (hahaha, ^^). Terimakasih juga pada ibu Rosuna (mamanya yuk may) yang sangat membantu dalam pencarian Batu "*Menyan*". Juga untuk dek Aji dan bicak Yanti saya ucapkan terimakasih banyak. (Maaf belum bias membalas dengan apapun.. ^^)
7. Sahabat dan teman yang telah membantu dan memberikan semangat. Venti, bebeb Dian, Maywuha, Nata, Fetra, fanisa, juga buat Edo dan Ijan (hampir menjadi teman satu tim, tapi gak jadi, maaf ya.. ^^)
8. Teman-teman di Teknik Sipil (utama angkatan 08) yang telah banyak membantu dan memberi dukungan sepenuhnya kepada penulis. Partner "ngelab" dan bimbingan TA (Riska dan Rahma). Trimakasih banyak buat dek Edar yang telah banyak membantu "ngelab" dan penyelsaiain, juga buat adek-adek tingkat; tika, khoirun, dessy, puji, arfan, beni yang telah banyak membantu selama kuliah bareng.
9. Yuk Tini, Kak Aang, Kak Jun, dan mba delly yang sangat membantu.
10. Semua yang berpengaruh dan memberi warna cerah pada hidup saya, mengajari saya tentang hidup yang sederhana dan penuh dengan kasih.

Dalam tulisan ini, penulis yakin masih ada banyak kekurangan dan kelemahan yang penulis tidak ketahui dan tidak disadari. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan dan kesempurnaan di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat bagi kita semua, terima kasih

\

Indralaya, April 2012

Penulis

“Hai orang-orang yang beriman, apabila dikatakan kepadamu:”berlapang-lapanglah kamu dalam majelis”, maka lapangkanlah. Niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan:”berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

(QS. Al-Mujadalah, 58:11)

“...and to every action there is always an equal and oposite or contrary, reaction...”

(Isaac Newton,1643-1727)

“Jangan Mudah Menyerah”

(Indra Chusaini)

Dipersembahkan Untuk :

- **Ibu, Bapak, Dek Yogo, Keluargaku**
- **Sahabat-sahabatku, mereka yang kusayangi dan mereka yang hidup bersamaku, berdampingan, memberi dan mengajarkan kasih”**
 - **Almamaterku**

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
 Halaman Persetujuan ii
 Halaman Pengesahan iii
 Abstrak v
 Kata Pengantar vi
 Daftar Isi vii
 Daftar Tabel xi
 Daftar Gambar xii
 Daftar Lampiran xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
 1.2 Rumusan Permasalahan 2
 1.3 Tujuan Penelitian 2
 1.4 Ruang Lingkup Penelitian 3
 1.5 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Tanah 4
 2.2 Klasifikasi Tanah 5
 2.2.1 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pemakaian 6
 2.2.2 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur 6
 2.2.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan American Association of State
 Highway and Transportation Officials (AASHTO) 8
 2.2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *UNIFIED SYSTEM* 10
 2.3 Tanah Lempung 14
 2.4 Stabilisasi Tanah 16
 2.4.1 Stabilisasi Mekanik (*Mechanic stabilization*) 17
 2.4.2 Stabilisasi Kimia (*Chemist Stabilization*) 17
 2.5 Batu "Menyan" 18

2.6	Identifikasi Klasifikasi Tanah	18
2.6.1	Pengujian Analisa Saringan	19
2.6.2	Pengujian Batas Konsistensi Tanah Atterberg Limit	19
2.6.3	Pengujian Berat Spesi.....	20
2.7	Pemadatan Tanah Standar	21
2.7.2	Penentuan Kadar Air Optimum.....	23
2.8	Kuat Geser Tanah.....	24
2.8.1	Parameter Kuat Geser Tanah c dan Φ	24
2.9	Pengujian Triaxial	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Umum.....	33
3.2	Studi Literatur	33
3.3	Pekerjaan Lapangan	33
3.4	Pengujian laboratorium	34
3.4.1	Pengujian Berat Jenis Tanah	35
3.4.2	Pengujian Analisa Saringan	35
3.4.3	Pengujian Atterberg Limit.....	35
3.4.4	Pengujian Pemadatan Tanah Asli.....	35
3.5	Pembuatan Benda Uji.....	36
3.6	Triaxial UU (<i>Undconsolidated Undrained</i>).....	39
3.7	Analisa Data	39
3.8	Kesimpulan.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengujian Sifat Fisis Tanah (<i>Soil Properties</i>)	40
4.1.1	Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	40
4.1.2	Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah.....	40
4.1.3	Hasil Pengujian Batas-batas Atterberg (<i>Atterberg Limit</i>)	41
4.2	Sistem Klasifikasi Tanah.....	42
4.2.1	Sistem Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Butiran.....	42
4.2.2	Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem ASSHTO	43
4.2.3	Sistem Klasifikasi Berdasarkan Sistem Unified.....	44
4.3	Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar.....	47

4.4	Hasil Pengujian Triaxial UU (<i>Unconsolidated Undrained</i>).....	48
4.4.1	Nilai Kohesi Tanah (c).....	48
4.4.2	Nilai Sudur Geser Tanah.....	50
4.4.3	Nilai Kuat Geser Tanah.....	51
4.5	Persentase Perubahan Nilai Kohesi, Sudut Geser dan Kuat Geser	53
4.5.1	Persentase Perubahan Nilai Kohesi.....	53
4.5.1	Persentase Perubahan Nilai Kohesi.....	54
4.5.3	Persentase Perubahan Nilai Kuat Geser	55
4.6	Pembahasan.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
II.1 Diagram fase tanah.....	4
II.2 <i>Chart</i> segitiga <i>Lower Missipi Valley</i>	7
II.3 Grafik plastisitas klasifikasi tanah system AASHTO	9
II.4 Grafik pemadatan standar.....	24
II.5 Geseran dari tanah.....	25
II.6 Tegangan dan regangan.....	26
II.7 Tegangan karakteristik tanah.....	26
II.8 Penampang Lingkaran Mohr.....	27
II.9 Kondisi tegangan yang mewakili.....	27
II.10 Alat tes Triaxial yang konvensional.....	28
III.1 Diagram alir penelitian.....	34
III.2 Mold tampak samping.....	38
III.3 Mold tampak atas.....	38
IV.1 <i>Chart</i> segitiga <i>Lower Missipi Valley</i>	42
IV.2 Grafik klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO.....	44
IV.3 Klasifikasi tanah sistem unified.....	46
IV.4 Kurva pemadatan tanah standar.....	47
IV.5 Grafik nilai kohesi terhadap penambahan serbuk batu “ <i>menyan</i> ”.....	49
IV.6 Grafik nilai sudut geser terhadap penambahan serbuk batu “ <i>menyan</i> ”.....	51
IV.7 Grafik nilai kuat geser terhadap penambahan serbuk batu “ <i>menyan</i> ”.....	53
IV.8 Grafik persentase perubahan nilai kohesi.....	54
IV.9 Grafik persentase perubahan nilai sudut geser.....	55
IV.10 Grafik persentase perubahan nilai kuat geser.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
II.1	Klasifikasi tekstur tanah menurut beberapa sistem..... 7
II.2	Sistem klasifikasi tanah AASTHO..... 9
II.3	Sistem klasifikasi tanah UNIFIED..... 12
II.4	Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Classification</i> 13
II.5	Nilai indeks plastisitas dan macam tanah..... 20
II.6	Klasifikasi tanah ekspansif berdasarkan indeks plastis dan penyusutan tanah..... 20
II.7	Hubungan indeks plastisitas dengan potensi pengembangan..... 20
II.8	Berat spesifik mineral lempung..... 22
III.1	Jumlah sampel pengujian..... 36
III.2	Spesifikasi benda uji..... 37
IV.1	Hasil analisa butiran tanah..... 40
IV.2	Hasil pengujian berat jenis..... 41
IV.3	Hasil pengujian batas-batas atterberg (<i>atterberg limit</i>)..... 41
IV.4	Klasifikasi tanah system AASHTO..... 43
IV.5	Sistem klasifikasi tanah unified..... 45
IV.6	Sifat fisis dan klasifikasi tanah..... 47
IV.7	Nilai kohesi (c) dengan variasi campuran batu " <i>menyan</i> " 48
IV.8	Nilai sudut geser dengan variasi campuran batu " <i>menyan</i> " 50
IV.9	Nilai kohesi kuat geser tanah..... 52
IV.10	Persentase perubahan nilai kohesi (c) tanah..... 54
IV.11	Persentase perubahan nilai sudut geser tanah..... 55
IV.12	Persentase perubahan nilai kuat geser tanah..... 56

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah asli
- Lampiran B : Hasil pengujian Triaxial UU untuk tanah asli dan campuran
- Lampiran C : Foto-foto dokumentasi
- Lampiran D : Surat-surat pelaksanaan penelitian tugas akhir

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu faktor yang terpenting bagi kehidupan manusia. Begitu juga dalam setiap pekerjaan teknik sipil tidak lepas dari aspek yang paling penting yaitu tanah yang merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Sejumlah masalah dengan bangunan teknik sipil yang sering dijumpai dilapangan adalah akibat dari sifat-sifat teknis tanah yang buruk, yang ditandai dengan kadar air dan plastisitas yang tidak rendah, kompreibilitas yang besar, nilai kuat geser tanah yang rendah, serta daya dukung yang kurang memadai. Tanah yang mudah mengalami kembang susut atau perubahan volume akibat pengaruh kadar air dan lain-lain memiliki kuat geser tanah yang kecil (Sudjianto, 2006). Tanah tersebut dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya.

Oleh karena itu, tanah yang akan digunakan untuk konstruksi harus melalui proses pengendalian mutu yaitu dengan pengujian laboratorium. Jika hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki sifat-sifat fisik yang buruk dan tidak memenuhi persyaratan teknis maka tanah tersebut perlu stabilisasi baik secara mekanis maupun kimiawi. Seperti Agus Tugas Sudjianto dalam jurnal ilmiahnya Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl) dengan hasil optimal pada kadar campuran 50 % NaCl dan juga Risman dalam jurnal ilmiahnya Kajian Kuat Geser Dan CBR Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Abu Terbang dan Kapur dengan hasil sudut geser dalam mengalami peningkatan dengan masa perendaman 3 hari dan perlakuan yang bervariasi.

Penelitian tentang tanah sudah banyak dilakukan, akan tetapi penelitian terbuka luas terutama usaha perbaikan sifat kembang susut dengan bahan tambah (*additive*) atau stabilisasi secara kimiawi. Dalam penelitian ini dilakukan usaha stabilisasi kimiawi dengan penambahan batu *menyan* yang sering digunakan oleh warga Kecamatan Jayapura untuk pelapis badan jalan dan diduga mengandung kapur dan marmer oleh Kepala Dinas Pertambangan dan Energi OKUT Ridwan Abubakar (Sumatera Ekspres 13 November 2012), batu ini akan digunakan sebagai *stabilizing agent* untuk mengurangi tekanan pengembangan tanah tanah dan akan dilakukan uji

Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) untuk mengetahui pengaruh batu *menyan* terhadap stabilisasi tanah serta kesulitan atau kelemahan menggunakan *additive* batu *menyan*.

1.2 Rumusan Permasalahan

Tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang sedang namun dapat distabilisasi dengan zat *additive*. Batu *menyan* yang terdapat di perbukitan kecamatan Jayapura-OKUT biasa digunakan oleh warga sekitar untuk pelapis tanah pada jalan karena batu *menyan* dapat merekatkan struktur tanah hingga kepadatan maksimal.

Bagaimana pengaruh penambahan Batu *menyan* dalam proses stabilisasi tanah lempung ditinjau dari segi kekuatan tanah (*soil strength*) dengan nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi sebagai parameternya sehingga layak dijadikan bahan stabilisasi dengan menggunakan uji Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*).

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan batu *menyan* pada satbilisasi tanah lempung terhadap parameter kuat geser tanah diantaranya yaitu nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi melalui uji Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) dengan persentase serbuk batu *menyan* yang bervariasi. Selain itu penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisa kelayakan batu *menyan* jika digunakan pada proyek dengan kondisi tanah lempung dilihat dari segi efektifitas dan ekonomisnya.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

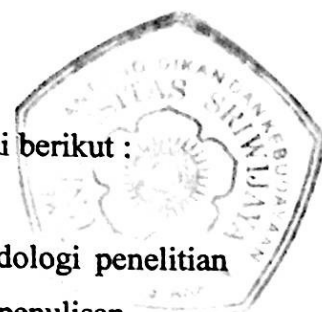
Penelitian ini menggunakan penelitian laboratorium untuk melihat perubahan kondisi tanah bila dicampur serbuk batu *menyan* dengan variasi batu *menyan* 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 % melalui uji Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) di laboratorium.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Bab I Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan teknik analisis, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.



2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan kajian literatur yang menjelaskan mengenai teori, temuan, dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk melaksanakan penelitian ini.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini terdiri dari lokasi dan objek penelitian, teknik pengumpulan data serta diagram alir penelitian, teknik pengambilan sampel dan teknik analisis data, Pembahasan mengenai alat dan material yang digunakan dalam pekerjaan, teknik pelaksanaan pekerjaan, dan kendala – kendala yang dihadapi di lapangan.

4. Bab IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisikan informasi tentang penjabaran analisa data dan penjabaran hasil dari analisa yang telah dilakukan.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*. Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta
- Christady Hardiyatmo, Hary. 2010. *Mekanika Tanah 1* Edisi Kelima. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Djarwanti, Noegroho. *Pengaruh Penambahan ACBFS (AIR-COOLED BLAST FURNANCE SLAG) Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung*, Universitas Sebelas Maret
- Sumatera Ekspres. 2012. **Batu Menyan, Rekatkan Tanah**. 13 November 2012
- Tua Marpaung, Marhara. 2011. *Kuat Geser Tanah Dari Tanah Yang Dicampur Dengan Serbuk Kulit Kerang Dengan Uji Triaxial CU Dan Aplikasinya Pada Pondasi Dangkal*. Tugas Akhir. Teknik Sipil FT Universitas Sumatera Utara
- Tugas E, Agus. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl)*. Universitas Widyagama Malang
- Universitas Sriwijaya. 2010. *Petunjuk Pratikum Mekanika Tanah*
- Universitas Sriwijaya. 2011. *Teknik Perbaikan Tanah*
- Wiqoyah, Quni., *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan Dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.