



JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING



Volume 6, Nomor 3.

September 2016

ANALISIS STRUKTUR RANGKA CARA KEKAKUAN: Sebagai Alat Bantu Alternative Dalam Perhitungan Strktur *Fransiska Verrent*
Johny Theodorus Harahap, M.D.J Sumajouw, S.E Wallah

ANALISIS CAMPURAN KAPUR-FLY ASH-ABU SEKAM PADI TERHADAP LEMPUNG EKSPANSIV
Denny Boy Pinasang, O.B.A Sompie, Freddy Jansen

PENGARUH KEHALUSAN SEMEN TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN MORTAR
Ventje Berty Slat, M.D.J Sumajouw, S.E. Wallah

BERAT MINIMUM STRUKTUR
Yonathan Pandegirot, Rudy Tenda, S.E Wallah

TANAH RESIDU DI TPA RATAHAN
Vicky A. Assa, O.B.A Sompie, E.Lintong

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN PENYEDIAAN FASILITAS PENYEBERANGAN BAGI PEJALAN KAKI *Studi Kasus Jalan Piere Tendean di Kota Manado*
Herman Tumengkol, Joice E. Waani, F. Janseni

PENGARUH KADAR AIR DAN SUPERPLASTICISER PADA KEKUATAN DAN KELECAKAN BETON GEOPOLIMER MEMADAT SENDIRI BERBASIS ABU TERBANG
Stevanny Gumalang, S.E Wallah, M.D.J Sumajouw

PENGARUH KONDISI PERAWATAN PADA KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO BETON MEMADAT SENDIRI DENGAN VOLUME ABU TERBANG TINGGI
Chichilya S.P. Sondakh, H. Manalip, S.E Wallah

ANALISA KONSOLIDASI DAN FAKTOR KEAMANAN BENDUNG SANGKUB (Studi Kasus) di Desa Pangkusa-Kecamatan Sangkub abupaten Bolaang Mongondow Utara
Ronsunbre Aser, O.B.A Sompie, S.E Wallah



PENGELOLA JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING

Pemimpin Redaksi

Prof. Dr. Ir. Fabian J. Manoppo, M.Agr

Redaktur

Dr. Ir. Joice .E. Waani, M.Si

Penyunting/ Editor

Dr. Eng. Ir. Mielke R.I.A.J Mondoringin, MT

Desain Grafis dan Fotografer

Servie O. Dapas, ST, MT

Sekretariat

Susan L. Kadow, SE

Djoni O. Momuat, S.Sos

Juanita Panambunan, SE

Pembuat Artikel/Redaktur Pelaksana

Prof. Ir.M.D.J. Sumajouw., M.Eng, PhD

Prof.Dr.Ir. Oktovian B. Sompie, M.Eng

Dr. Eng. Ir. Mielke R.I.A.J Mondoringin, MT

Dr. Ir. A.K.T. Dundu, M.Agr

Dr.Ir. Freddy Jansen, M.Eng

Mitra Bestari

Prof. Dr. Ir. Rudy Tenda, DEA (UNSRAT)

Prof. Ir. M. D. J. Sumajouw, M.Eng, Ph.D (UNSRAT)

Prof. Dr. Ir. Widiadnyana Merati (ITB)

Prof. Dr. Ir. A. Soehardjono, MD, MS (UNIBRAW)

Prof. Dr. Ir. Sri Prabandiyani Retno Wardani, MS (UNDIP)

Prof. Ir. Nur Yuwono, Ph.D, Dip.HE (UGM)

Ir. Reini D. Wirahadikusumah, MSCE, Ph.D (ITB)

Ir. F.X. Toha, MSCE, MSEM, Ph.D (ITB)

Penerbit

Program Studi S2 Teknik Sipil

Pascasarjana Universitas Sam Ratulangi Manado

Alamat : Jl. Kampus Unsrat, Bahu, Manado 95115

Telp.: (0431)822441, 827240, 827993

Fax.: (0431)821212

e-mail.: media_eng@yahoo.co.id

EDITORIAL

Penerbitan di edisi bulan September 2016 ini, terdapat 9 (sembilan) artikel yang dipublikasikan. Seluruhnya merupakan artikel hasil penelitian di Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado. Semakin banyaknya pemerhati yang ingin memberikan kontribusi, semakin menunjukkan kepercayaan para peneliti dan pemerhati bidang teknik sipil terhadap kiprah Jurnal Ilmiah Media Engineering ini sebagai sarana yang tepat untuk tukar-menukar ilmu dan informasi keteknikan, khususnya bidang teknik sipil. Kami sangat berterima kasih dan menghargai partisipasi masyarakat pembaca dalam bentuk kritik dan saran yang membangun demi kemajuan Jurnal Ilmiah Media Engineering.

Pada penerbitan JIME Volume 6, Nomor 3 ini, satu artikel tentang bidang material/struktur yang membahas tentang alat bantu alternatif dalam perhitungan analisa struktur. Dalam artikel kedua membahas mengenai stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan kombinasi antara kapur-fly ash dan kapur –abu sekam padi. Artikel berikutnya membahas tentang pengaruh kehalusan semen pada peningkatan nilai kuat tekan mortar dengan metode modifikasi kehalusan. Masalah berat minimum struktur di bahas pada artikel berikutnya. Kemudian artikel-artikel bidang geoteknik mebicarakan tentang tegangan prakonsolidasi dari tanah residu. Artikel bidang transportasi mebahas tentang karakteristik dan perilaku pejalan kaki dengan dan tanpa fasilitas penyeberangan. Selanjutnya dua artikel akan membahas tentang pengaruh kadar air dan superpasticiser pada kekuatan dan kelecakan beton geopolimer memadat sendiri berbasis abu terbang serta kondisi perawatan terhadap kekuatan dan struktur mikro beton memadat sendiri dengan volume abu terbang tinggi. Satu artikel terakhir membahas tentang analisis konsolidasi dan Faktor Keamanan bendung.

Kiranya semuanya dapat menambah khasanah ilmu dan pengetahuan untuk kemajuan kita bersama.

Dewan Redaksi



JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING



Volume 6, Nomor 3.

September 2016

DAFTAR ISI

ANALISIS STRUKTUR RANGKA CARA KEKAKUAN: Sebagai Alat Bantu Alternatif Dalam Perhitungan Struktur <i>Johny Theodorus Harahap , M.D.J Sumajouw, S.E. Wallah</i>	529-534
ANALISIS CAMPURAN KAPUR-FLY ASH DAN KAPUR-ABU SEKAM PADI TERHADAP LEMPUNG EKSPANSIF <i>Denny Boy Pinasang , O.B.A Sompie, Freddy Jansen</i>	535-546
PENGARUH KEHALUSAN SEMEN TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN MORTAR <i>Ventje Berty Slot, M.D. J. Sumajouw, S. Wallah</i>	547-553
BERAT MINIMUM STRUKTUR <i>Yonathan Pandegiot , Rudy Tenda, S. Wallah</i>	554-559
KARAKTERISTIK PEMAMPATAN TANAH RESIDU DI TPA RATAHAN <i>Vicky A. Assa, O. B. A. Sompie, E Lintong</i>	560-566
ANALISIS KARAKTERISTIK DAN PENYEDIAAN FASILITAS PENYEBERANGAN BAGI PEJALAN KAKI Studi Kasus Jalan Piere Tendeau di Kota Manado. <i>Herman Tumengkot , Joice E. Waani, F. Jansen</i>	567-573
PENGARUH KADAR AIR DAN SUPERPLASTICIZER PADA KEKUATAN DAN KELECAKAN BETON GEOPOLIMER MEMADAT SENDIRI BERBASIS ABU TERBANG <i>Stevanny Gumalang , S.E. Wallah, M.D.J Sumajouw</i>	574-582
PENGARUH KONDISI PERAWATAN PADA KEKUATAN DAN STRUKTUR MIKRO BETON MEMADAT SENDIRI DENGAN VOLUME ABU TERBANG TINGGI <i>Chichilya S. P. Sondakh, H. Manalip, S.E. Wallah</i>	583-590
ANALISA KONSOLIDASI DAN FAKTOR KEAMANAN BENDUNG SANGKUB (Studi Kasus) di Desa Pangkusa-Kecamatan Sangkub Kabupaten Bolaang Mongondow Utara <i>Ronsumbre Aser, O.B.A Sompie, S.E. Wallah</i>	590-602

ANALISIS CAMPURAN KAPUR-FLY ASH DAN KAPUR-ABU SEKAM PADI TERHADAP LEMPUNG EKSPANSIF

Denny Boy Pinasang¹⁾, O.B.A Sompie, Freddy Jansen²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

²⁾ Staf Pengajar Program studi Teknik Sipil Pasca Sarjana Unsrat

Abstract

Frequently, expansive clay soil raise problem to the buildings lies on it. Concerning to this, there are many ways had be tried to resolve this expansive soil, where one of it is by stabilization using coal by product (fly ash) , rice husk and lime to repair the soil.

The aims of this research is to stabilize the expansive clay soil by using the blending combination of lime (2.5%, 5%, 7.5%, 10%) , fly ash (5%, 10%, 15%, 20%), and rice husk (5%, 10%, 15%, 20%) which were mixed with soil samples from Buyandi Village, East Bolaangmongondow Regency.

In order to know its mechanical and physical properties it had be tested the combination mix of soil, lime and fly ash and the combination mix of lime and rice husk namely Atterberg Limit test, Gradation test, Spesific Gravity, Compressive test, Direct Shear test, Standard Compaction test, and Laboratory Soaked test.

Test results showed that the addition of lime and fly ash and the addition of lime and rice husk could repaired the physical and mechanical properties of soil namely: reduction of Plasticity Index , and the increasing of Internal Friction (ϕ) as well as the CBR values.

Keywords: expansive clay, stabilization, fly ash, rice husk ash

Abstrak

Tanah lempung ekspansi, sering menimbulkan masalah pada bangunan-bangunan yang ada diatasnya. Berkaitan dengan hal ini, banyak cara yang sudah dilakukan untuk menanggulangi tanah yang sifat tersebut, antara lain dengan menggunakan sisa pembakaran batu bara (fly ash), abu sekam padi (rice husk ash) dan kapur. Salah satu alternatif yang digunakan untuk memperbaiki kualitas tanah ialah dengan stabilisasi.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan stabilisasi tanah lempung expansive menggunakan kapur, abu terbang (fly ash) dan abu sekam padi (rice husk ash), dengan persentase kapur 2.5%, 5%, 7.5%, 10% dicampur dengan persentase abu terbang (fly ash) 5%, 10%, 15%, 20% dan abu sekam padi (rice husk ash) 5%, 10%, 15%, 20%. Tanah diambil dari Desa Buyandi Kabupaten Bolaangmongondow Timur.

Untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis, dilakukan uji terhadap campuran tanah kapur dengan abu terbang (fly ash) dan campuran kapur dengan abu sekam padi (rice husk ash) yang berupa uji batas atterberg, uji gradasi, uji berat jenis, uji kuat tekan bebas, uji geser langsung dan uji pemadatan standar dan CBR laboratorium dengan perendaman 4 hari.

Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan tanah kapur dengan abu terbang (fly ash) dan campuran tanah kapur dengan abu sekam padi (rice husk ash) dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah, yaitu turunya indeks plastisitas, meningkatnya nilai sudut geser dalam tanah (ϕ) serta meningkatnya nilai CBR.

Kata kunci: Lempung ekspansif, stabilisasi, kapur, abu terbang, abu sekam padi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam membangun suatu jalan, tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting karena tanah dasar akan mendukung seluruh beban lalu lintas/beban konstruksi dari atasnya. Jika tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah, maka bangunan yang ada sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi tanah. Salah satu penyebabnya adalah kembang susut yang tinggi dan kurang baik daya dukungnya. Tanah dengan nilai kembang susut yang tinggi, air sangat berpengaruh sekali terhadap perilaku fisis dan mekanis tanah (Das, 1994). Secara fisis mencampur tanah lempung dengan bahan bergradasi (pasir) dan secara mekanis dengan memberi perkuatan bahan sintetis yang terbuat dari bahan polimerisasi minyak bumi (Suryolelono, 1996), sedangkan secara kimiawi dengan menambahkan bahan semen, kapur (Ingles dan Metcalf, 1972; Rolling dkk, 1996) dan abu terbang (Das, 1994). Pada campuran kimia dengan H_3PO_4 pada struktur sub grade memberi pengaruh yang signifikan (Sompie OBA, 1996).

Dalam kondisi kritis sekarang pemanfaatan bahan seperti semen, bahan sintetis yang digunakan untuk memperbaiki karakteristik tanah lempung merupakan bahan yang cukup mahal, maka diusahakan menggunakan bahan limbah yang ada disekitar kita. Limbah yang sering dijumpai adalah abu sekam padi dan abu terbang yang banyak dihasilkan oleh industri. Abu terbang di Inggris dikenal sebagai *pulverised fuel ash* dan secara internasional dikenal dengan *fly ash* yang merupakan limbah hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Produksi abu terbang di Indonesia berkisar antara 400.000-500.000 ton/tahun (Priyatna dalam Tri Utomo, 1996). Abu terbang akan terus bertambah hingga mencapai jumlah yang sangat besar dan akan merupakan problem lingkungan yang perlu penanganan serius. Bahan ini mempunyai sifat sebagai pozolan dengan ciri kandungan silica dan alumina tinggi (Marian, 1996). Apabila bahan pozolan dicampur dengan kapur bebas dan air akan terjadi reaksi serta membentuk ikatan (*cementation*). (Das, 1994; Marian, 1996). Oleh karena itu *t* dapat digunakan sebagai bahan stabilis lempung sehingga kemampuan daya tanah meningkat.

Bahan lain yang dapat dipakai pada proses stabilisasi adalah abu sekam padi. Penggunaan

abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung dimungkinkan karena material ini banyak mengandung unsur silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3), sehingga dikategorikan sebagai pozolan. Menurut penelitian Muntohar dan Hantoro (2002), penambahan kapur dan abu sekam padi pada tanah lempung ternyata dapat mengurangi kemampuan mengembangnya tanah lempung ekspansif.

Perumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang masalah, maka masalah yang akan dibahas dalam penelitian yaitu berapa besar kekuatan tanah terhadap pengaruh pencampuran kapur-abu terbang batu bara dan kapur -abu sekam padi pada tanah lempung ekspansif.

Pembatasan Masalah

Agar permasalahan yang ada terfokus, maka dalam penelitian ini permasalahan dibatasi sehingga dapat mempertajam penelitian. Pembatasan masalah meliputi:

1. Rencana pencarian tanah lempung ekspansif di kabupaten Bolaang-mongondow Timur dengan kondisi tanah terganggu dan tidak terganggu diambil pada kedalaman ± 1 meter.
2. Lokasi pengambilan Abu terbang (*fly ash*) batu bara dari PLTU Amurang, Minahasa Selatan.
3. Lokasi pengambilan kapur di desa Lobong kabupaten Bolaangmongondow, Sulawesi Utara.
4. Sifat-sifat kimia dari bahan stabilisasi tidak diperiksa.
5. Identifikasi lempung ekspansif berdasarkan pada indeks plastisitas tanah.
6. Pengaruh dampak lingkungan tidak diperiksa.
7. Pemadatan dilakukan secara manual dengan menggunakan proctor standard.
8. Pemanfaatan kapur-abu terbang dan kapur-abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi ditinjau terhadap nilai CBR yang terjadi pada lempung ekspansif.
9. Pengujian dilakukan dengan pengujian CBR laboratorium rendaman.
10. Pemanfaatan kapur-abu terbang dan kapur-abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi ditinjau terhadap nilai kuat tekan bebas yang terjadi pada lempung ekspansif.

11. Pemanfaatan kapur-abu terbang dan kapur-abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi ditinjau terhadap kekuatan geser tanah yang terjadi pada lempung ekspansif.
12. Penambahan abu terbang (*fly ash*) batu bara dan abu sekam padi yaitu 5%,10%,15%,20% sedangkan penambahan kapur 2,5%,5%,7,5%, dan 10%.

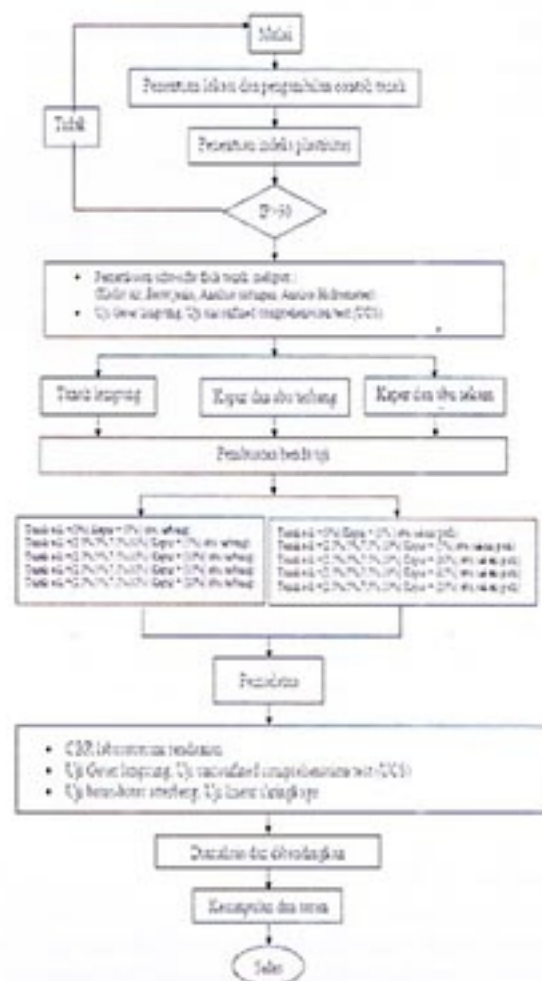
Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dan manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kekuatan tanah
2. yang distabilisasi dengan pencampuran kapur-abu terbang (*fly ash*) batu bara dan kapur -abu sekam padi pada tanah lempung ekspansif.
3. Berapakah prosentasi yang efektif dan efisien pada penambahan kapur-abu terbang batu bara dibandingkan dengan kapur-abu sekam padi terhadap kekuatan tanah pada tanah lempung ekspansif.
3. Penggunaan limbah abu terbang dan abu sekam padi akan meningkatkan nilai ekonomi limbah tersebut sehingga akan menjadi penghasilan tambahan bagi daerah penghasil limbah tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang dilakukan dilaboratorium. Prosedur penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian awal untuk menentukan apakah tanah lempung yang akan diteliti benar-benar merupakan tanah lempung ekspansif atau merupakan lempung biasa. Pengujian awal meliputi: pengujian analisis saringan dan pengujian indeks properties. Setelah diketahui bahwa tanah adalah tanah lempung ekspansif, maka dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah kapur - abu terbang batu bara dan kapur-abu sekam padi yang kemudian diuji sifat-sifat mekaniknya. Pengujian lanjutan meliputi: pengujian kepadatan, CBR laboratorium, kuat tekan bebas dan uji geser langsung.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang besar. Apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan sebaliknya apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Beberapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah montmorillonite, kaolinite, dan illite. Dari hasil penelitian sebelumnya

memberikan konfirmasi bahwa masalah terbesar terjadi pada tanah ekspansif dengan kandungan montmorillonite tinggi seperti terlihat pada tabel 1. berikut ini :

Tabel 1. Hubungan Mineral Tanah dengan Aktifitas

Mineral	Aktifitas
Kaolinite	0.33-0.46
Illite	0.9
Montmorillonite (Ca)	1.5
Montmorillonite (Na)	7.2

Sumber : Chen.FH."Foundation on Expansive Soil"

Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Salah satu cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif yaitu cara tidak langsung (*single index method*).

- **Atterberg Limit**

Besaran indeks plastis dapat digunakan sebagai indikasi awal swelling pada tanah lempung. Potensi mengembang didefinisikan sebagai persentase mengembang contoh tanah lempung yang telah dipadatkan pada kadar air optimum metode AASHTO, setelah direndam dengan 1psi. Potensi mengembang tanah ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas seperti terlihat dalam Tabel 2.4. berikut :

Tabel 2. Hubungan potensial mengembang dengan indeks plastisitas

Potensi mengembang	Indeks plastisitas
rendah	0-15
Sedang	10-35
Tinggi	20-55
Sangat Tinggi	>35

Sumber: Chen,1975

- **Linear Shrinkage**

Acuan mengenai hubungan derajat mengembang tanah lempung dengan nilai persentase susut linier dan persentase batas susut Atterberg, seperti yang tercantum dalam Tabel 2.5 berikut :

Tabel 3. Klasifikasi potensi mengembang didasarkan pada batas Atterberg limit

Batas susut Atterberg (%)	Susut linear (%)	Derajat mengembang
<10	>8	Kritis
10-12	5-8	Sedang
>12	0-8	Tidak kritis

Sumber: Chen,1975

- **Cara Skempton (1953)**

Skempton mengidentifikasi tanah ekspansif dengan aktivitas, yaitu perbandingan antara harga Plasticity Index (PI) dengan prosentase fraksi lempung (CF), dengan persamaan :

$$\text{Activity(A)} = \frac{PI}{CF-10} \quad (1)$$

Ket.

PI = Indeks Plastisitas

CF=Persentase lempung lolos saringan 0.002 mm

Tabel 4. Korelasi Nilai activity dengan Potensi Pengembangan

Nilai Aktivty	Tingkat keaktifan	Potensi pengembangan
<0.75	Tidak aktif	Rendah
0.75<Ac<1.25	Normal	Sedang
>1.25	Aktif	Tinggi

Stabilisasi tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik dan dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun diatasnya.

Pada umumnya, yang disebut dengan lapisan tanah yang lunak adalah lempung atau lanau yang mempunyai harga pengujian *Standart Penetration Test* (N) lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar

air alamiah yang sangat tinggi. Bila suatu konstruksi dibangun diatas tanah ekspansif maka kerusakan-kerusakan yang dapat terjadi antara lain retakan (*cracking*) pada perkerasan jalan dan jembatan, terangkatnya struktur plat, kerusakan jaringan pipa, jembulan tanah (*soilheaving*), longsor, dan sebagainya. Usaha stabilisasi yang biasa pada tanah berbutir halus dapat dilakukan dengan memberi bahan tambah kimia sehingga terjadi suatu reaksi yang dapat meningkatkan daya dukungnya. Bahan-bahan yang biasa dipergunakan antara lain semen, abu batu bara (*fly ash*), kapur dan campuran antara abu batu bara dan kapur (Bowles, 1989). Penelitian-penelitian mengenai stabilisasi tanah telah banyak dilakukan, antara lain penelitian Rosyidi dan Suciana (2000) pada tanah lempung ekspansif. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa dengan penambahan kapur dan abu sekam padi (*Rice Husk Ash/RIA*) akan meningkatkan nilai CBR dan menurunkan indeks plastisitas, dengan prosentase kapur yang ditambahkan berkisar antara 5-10%.

Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah pada prinsipnya adalah usaha untuk memperkecil jarak antara butiran tanah (*solid*) dengan jalan mengurangi volume udara yang ada dalam pori tanah tersebut. Hal ini dilakukan dengan menggunakan beban statis atau dinamis pada tanah. Prosedur pemadatan yang digunakan adalah *Uji Proctor Standar* (*Standard Proctor Compaction Test 1933, ASTM D-98-58T*). Dalam setiap pekerjaan pemadatan yang di kerjakan, di hitung :

1. Kadar air tanah (ω)

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Dimana : W_w = Berat Air

W_s = Berat butiran tanah

2. Berat isi basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W \text{ (gram)}}{V \text{ (cm}^3\text{)}} \quad (3)$$

Dimana :

λ_b = kerapatan tanah (gram/cm³)

W = berat tanah (gram)

V = volume silinder (cm³)

3. Berat Volume kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + \omega} \quad (4)$$

Proctor telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan volume kering tanah padat. Tingkat kepadatan tanah dinyatakan oleh berat volume kering maksimum dan kadar air optimum. Garis angka pori nol (*Zero Air Void*) digambarkan selalu berada diatas kurva pemadatan. Garis kadar air nol (*ZAV*) menunjukkan kerapatan kering pada saat jenuh (*saturation*) 100% ($S=100$). Data dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \lambda_w}{1 + w \cdot G_s} \quad (5)$$

Dimana,

γ_{ZAV} = Berat volume pada kondisi ZAV

G_s = Berat jenis tanah

Kapur

Kapur memiliki sifat sebagai bahan ikat antara lain: sifat plastis baik (tidak getas), mudah dan cepat mengeras, *workability* baik dan mempunyai daya ikat baik untuk batu dan bata (Tjokrodinuljo, 1992). Bahan dasar kapur adalah batu kapur atau *dolomit*, yang mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO_3). Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida (Ca(OH)_2), kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO_3).

Stabilisasi tanah dengan kapur telah banyak digunakan pada proyek-proyek jalan di banyak negara. Untuk hasil optimum kapur yang digunakan biasanya antara 3% sampai dengan 7%. Thomson (1968) menemukan bahwa dengan kadar kapur antara 5% sampai dengan 7% akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar dari pada kadar kapur 3%.

Abu Sekam Padi- *Pozzolan*

Selama proses pembakaran sekam padi menjadi abu, zat-zat organik akan hilang dan meninggalkan sisa yang kaya akan silika. Selain itu, perlakuan panas pada silika dalam sekam padi menghasilkan perubahan struktural yang berpengaruh pada dua hal yaitu tingkat aktivitas *pozzolan* dan kehalusan butir abunya. Secara umum faktor suhu, waktu dan lingkungan pembakaran harus di pertimbangkan dalam proses pembakaran sekam padi untuk menghasilkan abu yang mempunyai tingkat reaktivitas maksimal. Silika merupakan unsur pokok abu sekam padi (*Rice Husk Ash/RIA*)

yang menguntungkan, karena pada kondisi yang sesuai dapat bereaksi dengan kapur bebas membentuk gel yang bersifat sebagai bahan ikat.

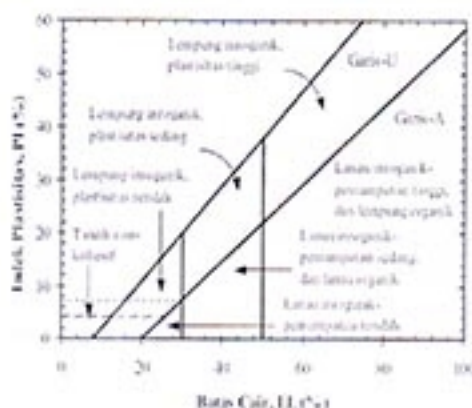
Stabilisasi tanah dengan *fly ash*

Fly ash dapat juga dipergunakan sebagai *stabilizing agents* karena apabila dicampur dengan tanah akan terjadi reaksi *pozzolonic*. Pada tanah lunak kapur yang akan dicampur *fly ash* dengan perbandingan 1 banding 2 terbukti dapat meningkatkan daya dukung tanah (Woods et.al., 1960).

HASIL DAN ANALISIS Karateristik Tanah Lempung

Tabel 5. Hasil Uji Indeks Tanah

No	Parameter Tanah	Satuan	Hasil
1	Berat isi (γ)	gr/cm ³	1.68
2	Kadar air (w)	%	51.62
3	Berat Jenis tanah (Gs)		2.62
4	Liquid Limit (LL)	%	72.03
5	Plastic Limit (PL)	%	30.82
6	Plasticity Index (PI)	%	44.08
7	Linear Shrinkage (LS)	%	19.44
9	Lewat saringan No.#200	%	96.43
10	Fraksi Lempung (C)	%	34.00
11	CBR Lapangan data DCP	%	5.13
12	Activity	%	1.3
13	USCS classification		CH/OH

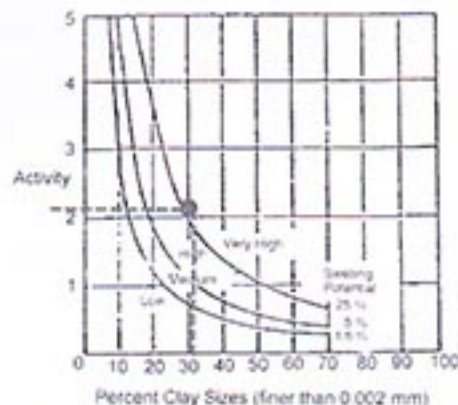


Gambar 2. Grafik Plastisitas Casagrande untuk menentukan klasifikasi tanah desa Buyandi.

Dari data karakteristik tanah desa Buyandi kabupaten Bolaangmongondow Timur diketahui bahwa nilai PI sebesar 44.08 % dan LL rata-rata sebesar 72.03 %. Berdasarkan Gambar 2. diketahui bahwa hasil *ploting* nilai PI dan LL terletak diatas "A Line" sehingga menurut klasifikasi USCS, klasifikasi tanah termasuk pada kelompok CH (lempung plastisitas tinggi).

Tabel 6. Korelasi Tingkat Keaktifan dengan Potensi Pengembangan

Tingkat Keaktifan Cara Skempton		Tanah desa Buyandi	
Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan	Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
<0.75	Tidak Aktif	1.30	Aktif
0.75-1.25	Normal		
>1.25	Aktif		



Gambar 3. Klasifikasi Potensi Pengembangan Cara Seed et al

Berdasarkan hasil analisis seperti pada Tabel 6. dan Gambar 3 dapat dinyatakan bahwa besarnya tingkat keaktifan tanah jika dikorelasikan dengan potensi pengembangan tanah desa Buyandi kabupaten Bolaangmongondow Timur tergolong aktif dan sangat tinggi.

Rangkuman dari hasil uji identifikasi tanah lempung ekspansif tersebut disimpulkan, bahwa tanah lempung yang diuji adalah positif tergolong jenis tanah lempung ekspansif atau

memiliki potensi mengembang tinggi, dengan indikasi $PI > 35\%$, $L_s > 10$ dan $A > 1.25$ dengan dugaan kandungan mineral *Montmorillonite*.

Hasil Plastisitas Indeks

Grafik 1. Hubungan antara % kapur + abu sekam padi terhadap plastisitas indeks



Grafik 2. Hubungan antara % kapur + fly ash terhadap plastisitas indeks

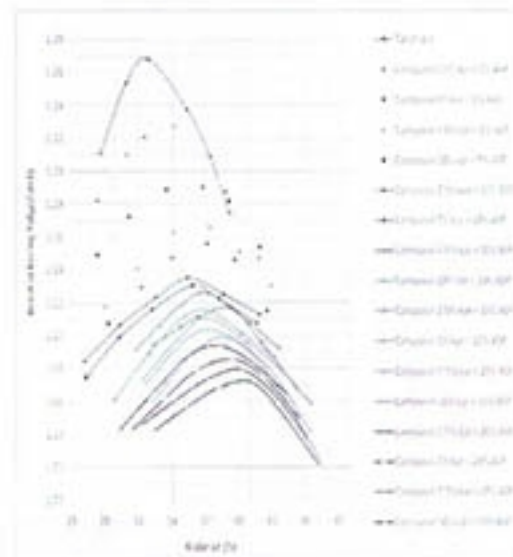


Hasil test Atterberg Limits menunjukkan bahwa sampel tanah yang dicampur dengan kapur+abu sekam padi dan kapur+abu terbang (*fly ash*) mengalami penurunan indeks plastisitas dibandingkan dengan kondisi tanah asli sebesar 44.08 %. Besarnya penurunan indeks plastisitas pada campuran kapur+abu sekam padi sebesar 1.55 % pada komposisi 10% kapur + 20% Abu sekam padi. Besarnya penurunan indeks plastisitas pada campuran kapur+abu terbang (*fly*

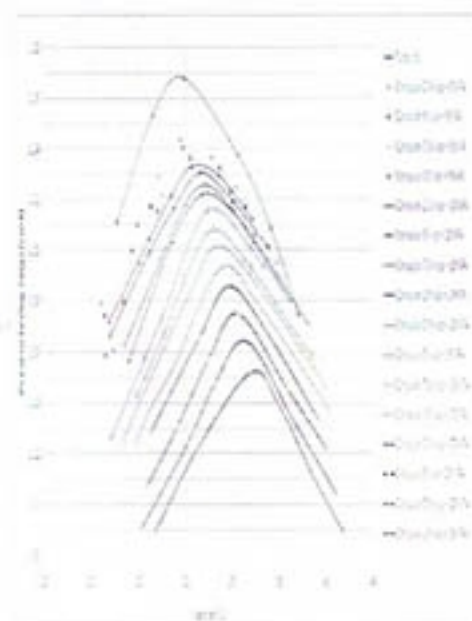
ash) sebesar 5.66 % pada komposisi 10% kapur + 20% Abu terbang (*fly ash*). Ini disebabkan penambahan kapur+abu sekam padi dan kapur+abu terbang (*fly ash*) terjadi ikatan antar partikel dan tertutupnya sebagian pori-pori tanah sehingga tanah menjadi kurang sensitif terhadap perubahan kadar air.

Hasil Pemadatan

Grafik 3. Hubungan antara % kapur + abu sekam padi terhadap berat isi kering



Grafik 4. Hubungan antara % kapur + fly ash terhadap berat isi kering

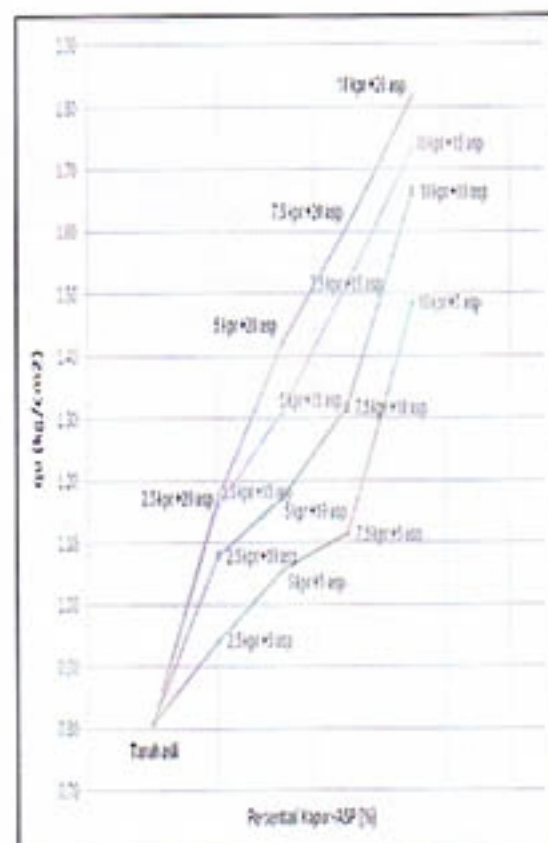


Pemadatan Tanah + Kapur + Abu sekam padi untuk komposisi campuran yaitu prosentasi kapur: 2.5%, 5%, 7.5%, 10 % dicampur dengan prosentasi abu sekam padi: 5% , 10%, 15%, 20%. Prosentase tersebut ditentukan terhadap berat isi kering tanah asli. Hasil pengamatan seperti terlihat pada gambar 5. Dari hasil tersebut terlihat bahwa dengan meningkatnya kadar kapur dan abu sekam padi berat isi kering menurun dan kadar air optimum meningkat. Ini mungkin terjadi akibat kandungan mineral dalam tanah banyak mengandung mineral monmorilonite yang bereaksi cepat dengan bahan aditif (kapur dan abu sekam padi) dibandingkan dengan kaolinite dan halloysite (kezdi 1979). Hal ini juga terjadi pada pemadatan tanah + kapur + fly ash yaitu berat isi kering menurun dan kadar air optimum meningkat. Penurunan berat isi kering pemadatan tanah+kapur+abu sekam padi terdapat pada campuran 10% kapur + 20% abu sekam padi sebesar $\gamma_d=1.07 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum $w_{opt} = 40\%$ lebih rendah dibandingkan dengan pemadatan tanah+kapur+abu terbang (fly ash) pada campuran 10% kapur + 20% abu terbang (fly ash) sebesar $\gamma_d=1.15 \text{ gr/cm}^3$ kadar air optimum $w_{opt} = 36\%$.

Hasil UCS

Tabel 7. Hasil uji UCS pada campuran kapur + abu sekam padi.

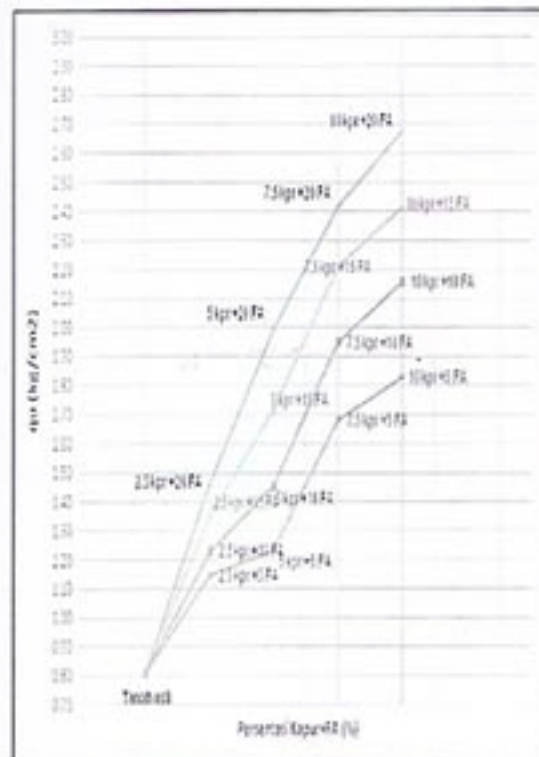
No	Komposisi	qu (kg/cm ²)
	Tanah	0.806
1	Campuran 2.5% kpr + 5% ASP	0.94
2	Campuran 5% kpr + 5% ASP	1.06
3	Campuran 7.5% kpr + 5% ASP	1.11
4	Campuran 10% kpr + 5% ASP	1.49
1	Campuran 2.5% kpr + 10% ASP	1.08
2	Campuran 5% kpr + 10% ASP	1.17
3	Campuran 7.5% kpr + 10% ASP	1.32
4	Campuran 10% kpr + 10% ASP	1.66
1	Campuran 2.5% kpr + 15% ASP	1.160
2	Campuran 5% kpr + 15% ASP	1.311
3	Campuran 7.5% kpr + 15% ASP	1.515
4	Campuran 10% kpr + 15% ASP	1.735
1	Campuran 2.5% kpr + 20% ASP	1.172
2	Campuran 5% kpr + 20% ASP	1.422
3	Campuran 7.5% kpr + 20% ASP	1.607
4	Campuran 10% kpr + 20% ASP	1.817



Grafik 5. Hubungan Antara % kapur + % Abu Sekam Padi Terhadap Nilai qu (kg/cm²)

Tabel 8. Hasil uji UCS pada campuran kapur + fly ash

No	Komposisi	qu (kg/cm ²)
	Tanah	0.806
1	Campuran 2.5% kpr + 5% FA	1.15
2	Campuran 5% kpr + 5% FA	1.23
3	Campuran 7.5% kpr + 5% FA	1.68
4	Campuran 10% kpr + 5% FA	1.83
1	Campuran 2.5% kpr + 10% FA	1.231
2	Campuran 5% kpr + 10% FA	1.454
3	Campuran 7.5% kpr + 10% FA	1.949
4	Campuran 10% kpr + 10% FA	2.158
1	Campuran 2.5% kpr + 15% FA	1.355
2	Campuran 5% kpr + 15% FA	1.717
3	Campuran 7.5% kpr + 15% FA	2.211
4	Campuran 10% kpr + 15% FA	2.413
1	Campuran 2.5% kpr + 20% FA	1.469
2	Campuran 5% kpr + 20% FA	1.993
3	Campuran 7.5% kpr + 20% FA	2.417
4	Campuran 10% kpr + 20% FA	2.677



Grafik 6. Hubungan Antara % kapur + % Fly Ash Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u)

Pengaruh penambahan bahan tambah kapur + abu sekam padi dan penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) dapat dilihat pada gambar. 4.... Penambahan kapur + abu sekam padi dan penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) menunjukkan terjadi peningkatan nilai q_u seiring bertambahnya persentase kapur, abu sekam padi dan abu terbang (*fly ash*). Nilai q_u tanah asli ($q_u = 0.806 \text{ kg/cm}^2$). Pada penambahan kapur + abu sekam padi nilai q_u maksimum terdapat pada campuran 10% kapur + 20% abu sekam padi sebesar ($q_u = 1.817 \text{ kg/cm}^2$) dan penambahan kapur + abu terbang nilai q_u maksimum terdapat pada campuran 10% kapur + 20% abu terbang sebesar ($q_u = 2.677 \text{ kg/cm}^2$). Dari data ini menunjukkan bahwa penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) lebih memberikan nilai kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran kapur + abu sekam padi.

Hasil Uji Geser langsung

Tabel 9. Hasil uji Geser langsung pada campuran kapur + abu sekam padi.

No	Komposisi campuran	c	ϕ
		kg/cm ²	(°)
	Tanah asli	0.25	15.85
1	Campuran 2.5% kpr + 5% ASP	0.09	39.79
2	Campuran 5% kpr + 5% ASP	0.27	34.61
3	Campuran 7.5% kpr + 5% ASP	0.20	36.17
4	Campuran 10% kpr + 5% ASP	0.05	89.97
1	Campuran 2.5% kpr + 10% ASP	0.10	44.27
2	Campuran 5% kpr + 10% ASP	0.09	89.95
3	Campuran 7.5% kpr + 10% ASP	0.19	31.34
4	Campuran 10% kpr + 10% ASP	0.28	15.64
1	Campuran 2.5% kpr + 15% ASP	0.05	89.95
2	Campuran 5% kpr + 15% ASP	0.20	89.95
3	Campuran 7.5% kpr + 15% ASP	0.44	20.05
4	Campuran 10% kpr + 15% ASP	0.29	89.94
1	Campuran 2.5% kpr + 20% ASP	0.25	15.85
2	Campuran 5% kpr + 20% ASP	0.05	89.95
3	Campuran 7.5% kpr + 20% ASP	0.20	89.95
4	Campuran 10% kpr + 20% ASP	0.44	20.05

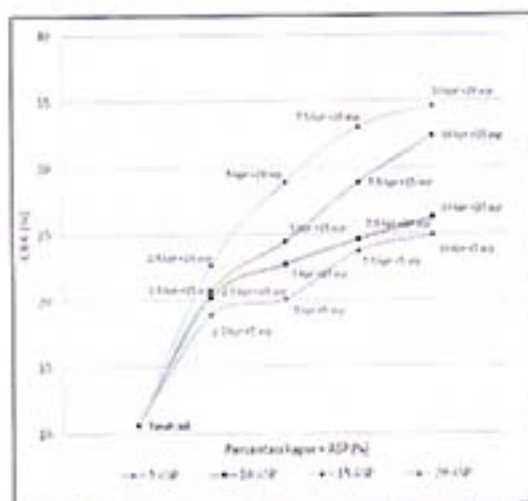
Tabel 10. Hasil uji Geser langsung pada campuran kapur + Fly ash.

No	Komposisi campuran	c	ϕ
		kg/cm ²	(°)
	Tanah asli	0.25	15.85
1	Campuran 2.5% kpr + 5% FA	0.12	49.19
2	Campuran 5% kpr + 5% FA	0.03	48.69
3	Campuran 7.5% kpr + 5% FA	0.19	37.68
4	Campuran 10% kpr + 5% FA	0.12	46.58
1	Campuran 2.5% kpr + 10% FA	0.12	39.10
2	Campuran 5% kpr + 10% FA	0.12	50.64
3	Campuran 7.5% kpr + 10% FA	0.12	51.56
4	Campuran 10% kpr + 10% FA	0.19	37.68
1	Campuran 2.5% kpr + 15% FA	0.13	39.78
2	Campuran 5% kpr + 15% FA	0.65	43.38
3	Campuran 7.5% kpr + 15% FA	0.64	44.66
4	Campuran 10% kpr + 15% FA	0.23	31.82
1	Campuran 2.5% kpr + 20% FA	0.15	40.46
2	Campuran 5% kpr + 20% FA	1.19	36.11
3	Campuran 7.5% kpr + 20% FA	1.16	37.76
4	Campuran 10% kpr + 20% FA	0.28	25.97

Pengaruh penambahan bahan tambah kapur + abu sekam padi dan penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) terhadap kekuatan geser dapat dilihat pada gambar. 4.... Penambahan kapur + abu sekam padi dan penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) menunjukkan terjadi peningkatan kekuatan geser terutama pada nilai sudut geser dalam (ϕ) jika dibandingkan dengan sudut geser dalam tanah asli. Dari data ini menunjukkan bahwa penambahan kapur + abu sekam padi lebih memberikan nilai sudut geser dalam yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran kapur + abu batu bara (*fly ash*).

Tabel 11. Hasil uji CBR lab. pada campuran kapur + Abu sekam padi

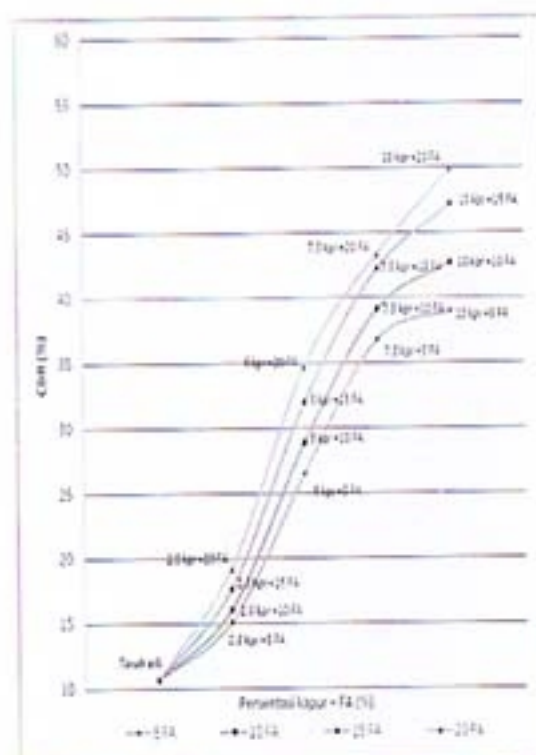
Komposisi kapur + ASP			
No	Komposisi campuran	CBR 0.1"	CBR 0.2"
		%	%
	Tanah asli	9.06	10.65
1	Campuran 2.5% kpr + 5% ASP	16.02	18.88
2	Campuran 5% kpr + 5% ASP	17.71	20.09
3	Campuran 7.5% kpr + 5% ASP	20.36	23.71
4	Campuran 10% kpr + 5% ASP	20.07	24.87
		9.06	10.65
1	Campuran 2.5% kpr + 10% ASP	17.59	20.28
2	Campuran 5% kpr + 10% ASP	20.34	22.74
3	Campuran 7.5% kpr + 10% ASP	21.93	24.60
4	Campuran 10% kpr + 10% ASP	23.26	26.25
		9.06	10.65
1	Campuran 2.5% kpr + 15% ASP	18.32	20.73
2	Campuran 5% kpr + 15% ASP	22.07	24.44
3	Campuran 7.5% kpr + 15% ASP	26.20	28.89
4	Campuran 10% kpr + 15% ASP	29.98	32.40
		9.06	10.65
1	Campuran 2.5% kpr + 20% ASP	19.71	22.71
2	Campuran 5% kpr + 20% ASP	27.36	28.98
3	Campuran 7.5% kpr + 20% ASP	30.55	33.05
4	Campuran 10% kpr + 20% ASP	29.31	34.69



Grafik 7. Hubungan Antara % kapur + % Abu sekam padi Terhadap Nilai CBR(%)

Tabel 12. Hasil uji CBR lab. pada campuran kapur + Fly ash.

Komposisi kapur + Fly ash			
No	Komposisi campuran	CBR 0.1"	CBR 0.2"
		%	%
	Tanah asli	9.06	10.65
1	Campuran 2.5% kpr + 5% FA	13.94	15.10
2	Campuran 5% kpr + 5% FA	24.73	26.50
3	Campuran 7.5% kpr + 5% FA	35.08	36.78
4	Campuran 10% kpr + 5% FA	36.19	38.94
1	Campuran 2.5% kpr + 10% FA	14.54	16.04
2	Campuran 5% kpr + 10% FA	25.44	26.86
3	Campuran 7.5% kpr + 10% FA	35.38	39.05
4	Campuran 10% kpr + 10% FA	39.03	42.66
1	Campuran 2.5% kpr + 15% FA	16.50	17.60
2	Campuran 5% kpr + 15% FA	29.34	31.55
3	Campuran 7.5% kpr + 15% FA	39.28	42.17
4	Campuran 10% kpr + 15% FA	44.77	47.18
1	Campuran 2.5% kpr + 20% FA	18.45	19.17
2	Campuran 5% kpr + 20% FA	30.34	34.69
3	Campuran 7.5% kpr + 20% FA	39.60	43.29
4	Campuran 10% kpr + 20% FA	47.16	49.88



Grafik 8. Hubungan Antara % kapur + % Fly Ash Terhadap Nilai CBR(%)

Nilai CBR rendaman akibat penambahan kapur dan abu sekam padi maupun penambahan campuran kapur dan fly ash menunjukkan peningkatan. Besarnya nilai CBR rendaman maksimum pada penambahan kapur dan abu sekam padi terjadi pada campuran 10 kapur + 20

% abu sekam padi untuk CBR 0.1" sebesar 29.31 % dan CBR 0.2" sebesar 34.69 %. Besarnya nilai CBR rendaman maksimum pada penambahan kapur dan fly ash terjadi pada campuran 10% kapur + 20% abu terbang (*fly ash*) untuk CBR 0.1" sebesar 47.16 % dan CBR 0.2" sebesar 49.88 %. Dari data ini menunjukkan bahwa penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) lebih memberikan nilai CBR yang lebih besar jika dibandingkan penambahan kapur + abu sekam padi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Tanah lempung yang diamati merupakan tanah ekspansif dengan yang memiliki potensi mengembang tinggi dengan kandungan mineral lempung montmorillonit. Hasil uji indeks properties menunjukkan nilai plastisitas Indeks sebesar 44.08 %, batas susut linear 19.44 % dan *Aktivity* sebesar 1.84.
2. Perubahan komposisi fraksi terbesar terjadi pada komposisi tanah+kapur+ abu terbang (*fly ash*) jika dibandingkan dengan tanah aslinya yaitu sebesar 96.43%. Dengan demikian penggunaan kapur + abu sekam padi lebih efektif dari pada menggunakan kapur + abu terbang (*fly ash*).
3. Penggunaan kapur + abu terbang (*fly ash*) lebih efektif dari pada menggunakan kapur + abu sekam padi untuk menurunkan nilai plastisitas.
4. Penambahan kapur + abu sekam padi dan penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) menunjukkan terjadi peningkatan nilai *qu* seiring bertambahnya persentase kapur, penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) lebih memberikan nilai kekuatan yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran kapur + abu sekam padi.
6. Besarnya nilai CBR rendaman maksimum pada penambahan kapur dan fly ash terjadi pada campuran 10% kapur + 20% abu terbang (*fly ash*) sebesar 47.16 % dan 49.88 %. Analisis data menunjukkan bahwa penambahan kapur + abu terbang (*fly ash*) lebih memberikan nilai CBR yang lebih besar jika dibandingkan penambahan kapur + abu sekam padi.

Saran

1. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut untuk mendapatkan hasil optimum pada pencampuran kapur + abu sekam padi dan kapur + abu terbang (*fly ash*).
2. Pada pelaksanaan stabilisasi tanah lempung ekspansif perlu dipertimbangkan juga ketebalan lapisan tanah ekspansif. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang efektifitas dan efisien stabilisasi tanah berdasarkan ketebalan lapisan tanah lempung ekspansif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Annual Books of ASTM, American Society for Testing Materials, (1989), Philadelphia.
2. Ariyani, N. 2001, "Potensi Abu Sekam Padi dan Kapur sebagai Campuran dalam Usaha Peningkatan Karakteristik Mekanis Tanah Tras dari Dusun Serapan - Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
3. Bowles, J.E., Johan K. Hainim. 1989. Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), edisi kedua. Erlangga. Jakarta.
4. Craig, R.F, 1989, Mekanika Tanah, Erlangga, Jakarta.
5. Das, Braja M, 1998, Mekanika Tanah, Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
6. D. Ari Catur Krisma Ismawan, 2009 *Pengaruh Kapur Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Kuat Dukung dan Potensi Pengembangan Tanah Lempung (study kasus tanah lempung tanon, srAGEN).*
7. Hapsoro, STU., 1996. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Abu Terbang dan Geosta. Media Teknik. Edisi Desember.
8. Hardiyatmo Hary Christady, 2010, "Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Nanang H.E dan Yosika Alinsari, 2004, *Peningkatan Kuat Geser tanah Lempung dengan Variasi campuran Kapur Karbit dengan Clean Set Cement.* Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
10. Pedoman perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan adalah revisi dari SNI 03-3437-1994. Departemen Pekerjaan Umum. 2007
11. Pedoman Kimpraswil No.Pt M-01-2002-B, *Panduan Geoteknik 3 Penyelidikan Tanah*

- Lunak Pengujian Laboratorium*. Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah. 2002.
12. Sompie, Oktovian, and Christian Pontoring. "ANALISIS TEGANGAN-REGANGAN, TEKANAN AIR PORI DAN STABILITAS MODEL DAM TIMBUNAN TANAH." *JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING* 4.4 (2014).
 13. SK SNI S-01-1994-03, (1996), "Spesifikasi Kapur untuk Stabilisasi Tanah", Departemen PU.
 14. Wesley, L.D., 2012; Mekanika Tanah untuk tanah endapan dan residu, edisi satu, Andi, Yogyakarta.