

## PERBAIKAN TANAH LEMPUNG BERKAPUR DENGAN ABU SEKAM PADI Studi kasus di desa Putat kecamatan Patuk Kab.Gunungkidul

Hendra Suryadharma<sup>1</sup> John Tri Hatmoko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Civil Departement , Universitas Atma Jaya, Yogyakarta, Indonesia  
E-mail: surya@staff.uajy.ac.id; john@staff.uajy.ac.id,

### Abstract

*At the research area, there was found the high content lime -clay, that is usually low plasticity clay. The purpose of this research, then, to improve engineering properties of high content lime-clay by addition of rice husk ash (RHA). To enhance the purpose, a series of experimental programs was undertaken. Firstly, the standard compaction test was done on the soil + lime with and without curing time. Secondly, to get optimum lime content, there was performed CBR and unconfined compression tests on the soil +lime, and it was found that optimum lime content is 4%. Then, the CBR and unconfined compression experiment were done on the soil + 4% lime + ( 5, 10, 15,20, 25%) of RHA with 7,21,28, 36 56 days curing time. The results indicate that there was no significant changes of optimum moisture content (OMC) and maximum dry density (MDD) due to addition of lime to the soil. The initial unconfined compression stress of soil sample was 41.5 kPa that is classified as soft clay. Due to addition of lime, there was significant improvement of CBR and unconfined compression stress on 4% of lime with 36 days curing period. The CBR value and unconfined compression stress on the soil + lime + RHA increase proportional to the proportion of RHA. With respect to curing time, there was the improvement of the CBR and unconfined compression stress of stabilized soil, and the significant improvement was found on 56 days curing time. However, there was no optimum curing time found in this research..*

**Keywords:** clay, lime, CBR, unconfined compression

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Tinjauan Umum

Di daerah pantai di Indonesia sering dijumpai tanah lempung dengan kadar kapur tinggi-berplastisitas rendah oleh tercampurnya tanah lempung tersebut dengan sisa-sisa binatang laut yang kulitnya mengandung kapur . Tanah tersebut memiliki kandungan CaO tinggi dan indeks plastisitas lebih rendah dibanding tanah lempung pada umumnya. Di kelurahan Putat, kecamatan Patuk, kabupaten Gunungkidul dijumpai tanah lempung yang mirip dengan yang ada di daerah pantai. Tanah lempung ini bersifat keras dalam keadaan kering dan tidak dijumpai banyak keretakan, berwarna merah ada warna putih didalamnya. Namun demikian, tanah tersebut jika dibasahi bersifat liat dan lunak, sehingga kesimpulan awal untuk tanah lempung ini adalah ; memiliki karakteristik buruk dibidang Teknik sipil, yaitu , kuat geser dan kuat tekan rendah, kompresibilitas

tinggi, sangat lemah jika kandungan air tinggi. Oleh sebab itu, tanah ini perlu diperbaiki sifat-sifat teknisnya. Cara stabilisasi yang populair adalah stabilisasi dengan semen. Di Asia, khususnya di Indonesia, stabilisasi dengan semen lebih disukai daripada kapur sebab di beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa semen lebih efektif dibandingkan dengan kapur [1]. Namun semen, cara produksi melepas CO<sub>2</sub> dengan jumlah yang cukup besar maka perlu dicari bahan alternatif untuk perbaikan tanah seperti abu ambas tebu, abu sekam padi atau bahan yang lainnya.

Abu ampas tebu (AAT) adalah limbah pabrik Gula yang merupakan sisa pembakaran tetes tebu yang selama ini tidak dimanfaatkan, jika dibiarkan akan menambah pencemaran lingkungan. AAT sebenarnya mengandung unsur-unsur silika (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan ferrit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang cukup tinggi jika dibakar pada suhu tertentu, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi tanah. Limbah karbit juga merupakan limbah yang mengandung CaO, maupun Ca(OH)<sub>2</sub>, yang jika dikombinasikan dengan AAT akan membentuk kalsium silikat hidrat ( C-S-H) , aluminum silikat hidrat ( C-A-H) maupun kalsium silikat aluminat hidrat (C-S-A-H) yang mengakibatkan kuat tekan dan perilaku geser tanah organik akan berubah. Penerapan stabilisasi tanah dengan kapur semen, abu ampas tebu, abu terbang, abu sekam padi, kombinasi abu terbang + semen, abu ampas tebu + kapur untuk tanah anorganik, lempung misalnya, sudah banyak dilakukan. [2-6]. Tujuan penelitian ini adalah memperbaiki sifat-sifat mekanika tanah lempung dengan kadar kapur tinggi ( diambil dari kelurahan Putat, kecamatan Patuk, kabupaten Gunungkidul) dengan bahan tambah abu sekam padi ( ASP).

## **2. METODE**

### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Upaya stabilisasi tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti : kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, GEOSTA, aspal dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut adalah kesesuaiannya dengan jenis tanah, mudah didapat, murah harganya, dan tidak mencemari lingkungan. Penambahan semen baik kedalam tanah lempung maupun kedalam tanah pasir meningkatkan kepadatan maksimum tanah tersebut sebesar kurang lebih 10% [7]. Namun demikian, jika diterapkan pada tanah lanau kepadatannya justru menurun. Menurutnya, semen menurunkan indeks plastisitas tanah kohesif yang disebabkan oleh peningkatan batas plastis serta penurunan batas cairnya. Penambahan 0,5% berat bubuk logam kedalam tanah lempung menaikkan nilai kohesi tanah tersebut kurang lebih sebesar 15%, sedangkan kuat tekann bebas tanah lempung tersebut meningkat kurang lebih 17% dibanding dengan kuat tekan bebas tanah asli [8].

Diane mencoba untuk mengkaji seberapa besar pengaruh penambahan abu sekam padi (sebagai bahan satabilisasi) untuk meningkatkan stabilitas tanah lempung ekspansif [4]. Prosentase abu sekam padi yang digunakan adalah : 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat kering tanah asli. Pengujian yang dilakukan adalah : pengujian batas-batas konsistensi, pemadatan tanah, potensi pengembangan, CBR, dan pengujian geser langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: tanah mengalami pengembangan terndah pada penambahan abu sekam padi senbesar 10%. Nilai CBR maksimum terjadi pada kadar abu sekam padi 10%. Demikan halnya mengenai kuat geser tak terdrainase, kanaikan maksimum pada kadar 10%. Wibowo & Hatmoko, menggunakan bahan abu ampas tebu sebagai bahan tambah beton [9]. Hasil penelitian secara umum kuat tekan, kuat lentur serta kuat tarik belah beton meningkat dengan angka yang cukup signifikans dibandingkan dengan beton normal. Kuat desak beton usia 28 hari, dengan kadar abu ampas tebu sebesar 20% diperoleh angka sebesar 397,07 kg/cm<sup>2</sup>. Angka ini jauh lebih besar dibandingkan dengan kuat desak beton normal.

Hatmoko, menggunakan bahan abu ampas tebu untuk stabilisator tanah lempung ekspansif [2]. Hasil pengujian komposisi abu ampas tebu menunjukkan prosentase unsur-unsur sebagai berikut: SiO<sub>2</sub> (48%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (19%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10%), CaO(4,5%), MgO(2,05%), Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(1,3%), K<sub>2</sub>O(0,2%), dan HP(18,9%). Pada penelitian tersebut, sebelum lempung dicampur dengan abu ampas tebu ditambahkan terlebih dahulu tanah pasir sebesar 7,5% berat kering, baru kemudian dicampur dengan abu ampas tebu dengan prosentase : 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 dan 15%. Pengujian laboratorium yang dilakukan adalah pengujian batas-batas koinsistensi, potensi pengembangan, opengujian CBR dan pengujian tekan bebas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu ampas tebu meurunkan indeks plastisitas dan potensi pengem bangan pada kadar abu ampas tebu 12,5%. Sedangkan nilai kepadatan kering tertinggi dicapai pada kadar abu ampas tebu yang sama (12,5%).

Vatsala, Nova, & Srinivasa Murthy memodelkan tanah tersementasi didalam kerangka teori plastisitas pada kondisi pengerasan regangan [10]. Pemodelan berdasarkan pada konsep bahwa: kekuatan tanah tersementasi tersusun dari dua buah komponen yaitu kekuatan tanah asli dan kekuatan ikatan tanah dengan semen; deformasi tanah berhubungan dengan komponen-komponen tegangan pada tanah tanpa mempertimbangkan kekuatan ikatan, sementara ikatan emen memberikan tahanan pada tingkat regangan yang diberikan. Seluruh respon tanah pada saat penegangan dapat dilihat sebagai dua kekakuan yang sejajar dengan satuan regangan yang diberikan. Secara terpisah, hubungan tegangan-regangan didefinisikan sebagai dua buah komponen dan kemudian dikombinasikan yang pada akhirnya memberikan seluruh respons tegangan-regangan. Hubungan tegangan-regangan tanah digambarkan dengan menggunakan model “*Cam-Clay*” Model sedeASPna dengan menggunakan konsep elastoplastis pada tanah tersementasi akhirnya diusulkan dengan menggunakan asumsi-asumsi yang ada.

Puppala, J.A. melakukan eksperimen pada pasir dengan kadar sementasi sangat kecil dengan alat uji tekan bebas. Pasir tersementasi tiruan dengan kadar semen 1% dan 2% diuji didalam alat *cone penetrometer* mini. Nilai-nilai batas adalah regangan lateral volumetrik sama dengan nol dengan tegangan vertikal konstant. Diperoleh bahwa tahanan konus meningkat dengan meningkatnya kadar semen didalam pasir. Namun demikian, tahanan selimut nampaknya tidak ada hubungan langsung dengan volume semen didalam pasir, hanya terlihat bahwa nilainya berkisar antara 50 sampai dengan 150 kPa. Tahanan konus meningkat menjadi 2 kali lipat sampai dengan 4 kali lipat dibandingkan dengan pasir tak tersementasi. Rad and Clough mengusulkan bahwa ada korelasi antara nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dengan kadar sementasi pada tanah [11]. Tanah dengan nilai  $q_u$  antara 100 kPa sampai dengan 300kPa dinyatakan sebagai tersementasi sangat rendah (*weakly cemented*), sedangkan tanah dengan nilai kuat tekan bebas lebih kecil dari 100 kPa, dinyatakan sebagai tersementasi sangat lemah (*very weakly cemented soil*).

Hatmoko, John T. & Lulie, Y., melakukan penelitian mengenai kuat tekan bebas tanah ekspansif yang distabilisasi dengan abu ampas tebu dan kapur [3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kapur menurunkan tekanan dan potensi pengembangan dengan angka yang cukup berarti. Potensi pengembangan turun dari 12% ke 1,12% , sedangkan tekanan pengembangan turun dari 340 kPa ke 105 kPa, pada tanah dengan kadar kapur 10%. Disamping itu, kepadatan maksimum meningkat dan dicapai nilai maksimum pada kadar kapur 4%. Kuat tekan bebas selalu naik dengan kenaikan prosentase abu ampas tebu. Pada kadar abu ampas tebu 12,5% dicapai kuat tekan bebas maksimum yang kemudian menurun..

## 2.2 Metodologi Penelitian

### 1. Tanah

Bahan utama penelitian ini adalah tanah lempung yang diambil dari kelurahan Putat, kecamatan Patuk, kabupaten Gunungkidul. Tanah lempung berwarna merah dan ada kombinasi warna putih yang merupakan bercampurnya kapur kedalam tanah lempung tersebut . Lempung ini bersifat getas dalam keadaan kering, namun bersifat liat jika dalam keadaan basah, sehingga terindikasi bahwa tanah lempung ini berplastisitas rendah ( $IP < 15\%$ ). Kandungan kapur ( $CaO$ ) yang masuk kedalam tanah tersebut membantu menurunkan indeks plastisitas dan meningkatkan kekakuan tanah lempung. Tanah sampel terganggu yang diambil dari kelurahan Putat – Patuk – Gunungkidul sebagai bahan utama penelitian ini disimpan bebas di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik. Pengujian awal yang dilakukan pada tanah tersebut adalah : (1). Komposisi kimia dilakukan terutama untuk mengetahui kandungan kapur; (2). Pengujian sifat-sifat fisika tanah ( wasli, berat jenis, berat volume, analisis saringan + hidrometer, batas-batas konsistensi/*Atterberg*) sesuai standar yang berlaku.

## 2. Kapur

Jika kadar kapur didalam tanah dianggap kurang dan indeks plastisitas tanah masih terlalu besar ( $IP > 25$ ), maka perlu ditambahkan kapur kedalam tanah yang sebelumnya ditentukan *lime fixation point* (LFP) nya terlebih dahulu, sebagai patokan untuk menambahkan kapur kedalam tanah. Perlu dilakukan uji analisis saringan dan kandungan kimia kapur (terutama kadar CaO-nya).

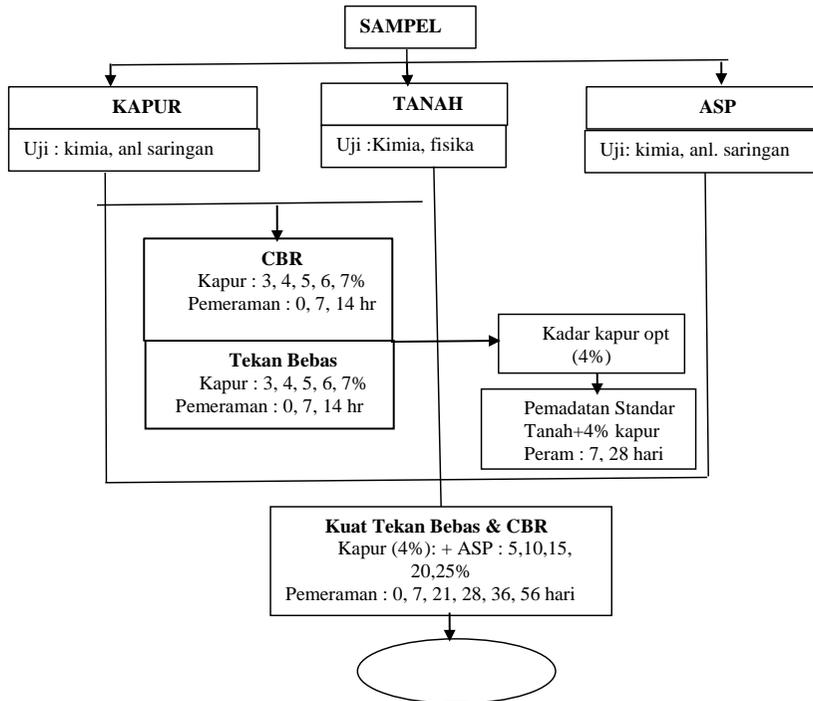
## 3. Abu Sekam Padi (ASP)

Abu sekam padi dibeli dari depot tanaman hias yang kemudian dibakar sampai berwarna hitam merata (suhu tidak diukur). ASP yang sudah dibakar tersebut dihancurkan sampai sehalus mungkin, kemudian dsaring dengan saringan mekanik. ASP yang digunakan adalah ASP yang lolos saringan #200 (lebih kecil dari 0,0075 mm). ASP yang tidak lolos #200 dihaluskan lagi kemudian disaring. Diambil sampel secukupnya untuk diuji komposisi kimianya ( terutama silika –  $SiO_2$ , alumina-  $Al_2O_3$ , dan ferrit-  $Fe_2O_3$ ).

## 4. Uji CBR & Tekan Bebas

Uji CBR dilakukan tanpa pemeraman (unsoaked). Pengujian CBR dilakukan untuk tanah + kapur dan tanah + kapur + ASP. Misalkan LFP = 4%, tanah +kapur dengan kadar kapur : 2, 4, 6, 8, 10%. Kadar kapur yang digunakan pada campuran : tanah + kapur + ASP adalah kadar kapur terbaik ( $x_{opt}$ ) yang diperoleh pada pengujian CBR : tanah + kapur. Sedangkan kadar ASP diambil : 5, 10, 15,20, dan 25%. Sampel untuk uji tekan bebas sama dengan sampel yang disiapkan pada uji CBR. Pencampuran dilakukan dalam keadaan kering oven dengan kadar air adalah kadar air optimumnya ( $w_{opt}$ ). Untuk campuran tanah + kapur, sampel diperam dalam waktu : 0, 7, dan 14 hari mengingat reaksi pertukaran ion terjadi dalam waktu yang relative cepat. Sedangkan sampel untuk : tanah + kapur +ASP diperam dalam waktu : 7, 21, 28, 36 dan 56 hari untuk menunggu terjadinya reaksi posolanik/sementasi.

Bagan alir jalannya penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Prosedur Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Uji Kimia

Dari hasil uji kimia tanah terlihat bahwa tanah lempung Putat didominasi oleh unsur-unsur silikat ( $\text{SiO}_2$ ), aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan ferrit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Sedikit unsur natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dan kalium oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Kadar karbon (C) dan hilang pijar (LOI) cukup tinggi relative rendah. Kadar kapur pada tanah ini (lempung Putat) cukup tinggi sebesar 21,89% (>20%). Oleh sebab itu, penambahan kapur walaupun tidak sebesar pada tanah lempung biasa dan abu sekam padi (ASP) kedalam tanah lempung tersebut perlu dilakukan disamping menurunkan indeks plastisitas oleh karena reaksi pertukaran ion juga meningkatkan kuat geser tanah akibat reaksi posolanik antara kapur dengan silica didalam tanah gambut. Namun demikian, reaksi posolanik tersebut kurang sempurna maka sering kali untuk meningkatkan kuat geser secara signifikans, campuran tanah + kapur sering ditambah bahan lain yang mengandung silikat, aluminat dan ferrit cukup tinggi seperti : abu terbang, abu sekam padi, abu ampas tebu termasuk ASP yang mengandung aluminat ( $\text{SiO}_2$ ) + ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) + ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sekitar 80%. Sedangkan kapur didominasi oleh unsur kalsium oksida ( $\text{CaO}$ )/kapur aktif.  $\text{CaO}$  tersebut sebagai unsur pokok untuk terjadinya reaksi posolanik yang di tandai terjadinya hidrat-hidrat seperti : C-S-H ( kalsium silikat hidrat) maupun C-A-H ( kalsium aluminat

hidrat). ASP dengan kadar aluminat cukup tinggi dimanfaatkan sebagai unsur posolanik.

### 3.2. Analisis saringan-hydrometer dan Indeks Plastisitas

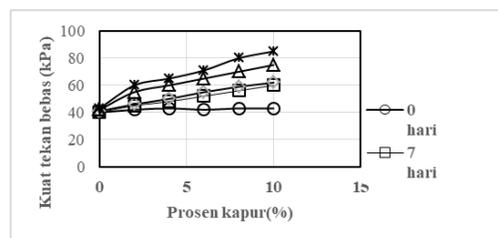
Hasil pengujian analisis saringan dan parameter-parameter dasar : tanah, kapur dan ASP terlihat bahwa tanah lempung Putat ini memiliki indeks plastisitas rendah (18%) dengan fraksi halus tinggi (80%). Data tersebut menunjukkan bahwa tanah lempung Putat terindikasi sebagai lempung berplastisitas rendah (IP <20%). Berat jenis tanah lempung ini relative tinggi (2,69) setara dengan berat jenis lempung normal.

### 3.3. Lime Fixation Point (LFP)

Untuk menentukan LFP dilakukan pengujian indeks plastisitas : tanah asli dan tanah + kapur ( 2, 4, 6, 8, 10, dan 12%). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar kapur 4% IP tanah lempung tidak mengalami penurunan, dan relative constant sampai kadar kapur 10%. Oleh sebab itu diambil LFP = 4% lebih rendah dari LFP untuk lempung normal (8%).

### 3.4. Kuat Tekan Bebas : Tanah + kapur

Kuat tekan bebas awal tanah relatif rendah (40,1 kPa) yang dapat dikategorikan sebagai lempung dengan konsistensi lunak . Dalam pengujian ini dilakukan pemeraman dengan waktu : 7, 14, 21, 28 dan 36 hari dengan kadar kapur : 2, 4, 8, dan 10%. Pemeraman ditujukan supaya reaksi pertukaran ion berjalan dan juga reaksi posolanik antara CaO didalam kapur dengan SiO<sub>2</sub> didalam tanah walaupun tidak begitu sempurna. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kuat tekan bebas : Tanah + kapur

Dari gambar diatas dapat dibaca bahwa untuk tanah asli ( kadar kapur 0%) hampir tidak terlihat adanya peningkatan kuat tekan bebas oleh waktu pemeraman, karena pada kadar kapur 0% tersebut memang tidak terjadi reaksi apapun antara tanah dengan kapur. Sedikit perubahan yang terjadi kemungkinan dikarenakan oleh perubahan kadar air pada tanah tersebut. Hal yang sama terjadi pada masa pemeraman 0 hari, semua komposisi tanah ( berapapun kadar kapur

nya) tidak ada perubahan pada kuat tekan bebasnya, karena pada masa peram 0 hari belum terjadi reaksi apapun antara tanah dengan kapur, baik reaksi pertukaran ion maupun reaksi sementasi. Kenaikan kuat tekan bebas secara perlahan dapat dilihat oleh penambahan kadar kapur didalam tanah. Kuat tekan bebas terus naik sampai dengan kadar kapur 4% yang kemudian konstan. Kejadian ini sejalan dengan pengujian sebelumnya (Indeks Plastisitas – kadar kapur) yang menunjukkan bahwa LFP terjadi pada kadar kapur 8%. Terhadap waktu pemeraman, kuat tekan bebas tanah + kapur juga meningkat sejalan dengan lamanya waktu pemeraman oleh terjadinya reaksi pertukaran ion-ion logam bervalensi kecil didalam gambut :  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  oleh ion-ion logam bervalensi besar yang terkandung didalam kapur :  $\text{Ca}^{+2}$  dan  $\text{Mg}^{+2}$ . Disamping itu, reaksi posolanik juga terjadi terutama dalam jangka waktu pemeraman yang cukup panjang. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa kenaikan kuat tekan tertinggi terjadi pada masa pemeraman 21 ke 36 hari.

### 3.5. Uji pemadatan Ringan : Tanah + Kapur

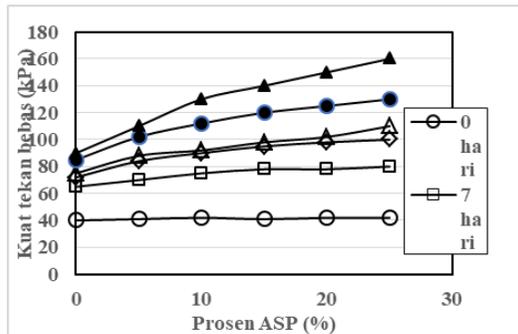
Uji pemadatan standar diberlakukan pada tanah dengan : 4 % kapur tanpa dan dengan waktu pemeraman 7 dan 28 hari. Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui apakah ada peningkatan kepadatan kering maksimum (*MDD*) dan penurunan kadar air optimum (*OMC*) tanah oleh penambahan kapur. Tanpa waktu pemeraman, hasil pengujian terlihat bahwa tidak ada penurunan *OMC* maupun kenaikan *MDD* pada tanah yang dicampur dengan kapur. Tidak adanya penurunan *OMC* kemungkinan disebabkan oleh sifat kapur yang tidak menyerap air. Kepadatan kering maksimum (*MDD*) tidak ada peningkatan disebabkan memang belum terjadi reaksi apapun antara kapur dengan tanah. Berikut adalah uji pemadatan ringan dengan waktu pemeraman 7 hari dan 28 hari sebagai pembandingan. Dengan waktu pemeraman 7 dan 28 hari, *OMC* dan *MDD* tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Fenomena ini menunjukkan bahwa keberadaan kapur didalam tanah tidak mempengaruhi kadar air tanah asli yang disebabkan oleh sifat kapur yang tidak menyerap air.

### 3.6. Kuat Tekan Bebas : Tanah + Kapur + ASP

Pada pengujian-pengujian sebelumnya dilakukan pada tanah + kapur saja. Peran utama kapur sebenarnya hanya menurunkan IP tanah gambut sehingga mengurangi potensi dan tekanan pengembangan pada tanah gambut. Dengan penurunan IP tersebut terindikasi bahwa potensi pengembangan tanah menurun yang berarti stabilitas terhadap perubahan volume membaik. Kontribusi kapur pada kuat tekan bebas tanah tidak terlihat yang ditunjukkan oleh kenaikan kuat tekan yang tidak signifikan baik terhadap proporsi kapur maupun waktu pemeraman. Contoh : dari kadar kapur 4 ke 6% hanya mengalami kenaikan kuat tekan dari 85 kPa ke 94 kPa ( pada masa peram 36 hari), yang berarti prosen kenaikan hanya 9,5%. Terhadap waktu pemeraman, contoh pada kadar kapur

8%, dari waktu peram 7 ke 14 hari ada kenaikan 71 ke 78 kPa, yang berarti prosen kenaikan hanya 10%. Kejadian tersebut dikarenakan reaksi antara CaO didalam kapur dengan SiO<sub>2</sub> didalam tanah tidak terjadi secara sempurna. Oleh sebab itu perlu ditambah bahan tambah lain yang memiliki kandungan silicat, aluminat, dan ferrit tinggi. Pada penelitian ini digunakan ASP yang memiliki kandungan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dari 85% yang diharapkan dapat memacu dan menyempurnakan reaksi sementasi didalam tanah.

Gambar 3 adalah representasi hasil uji kuat tekan bebas pada tanah + kapur + ASP Pada pengujian ini, kadar kapur diambil sama dengan LFP = 4%, sedangkan kadar ASP adalah : 0 ( tanah = 4% kapur), 5, 10, 15, 20 dan 25%.

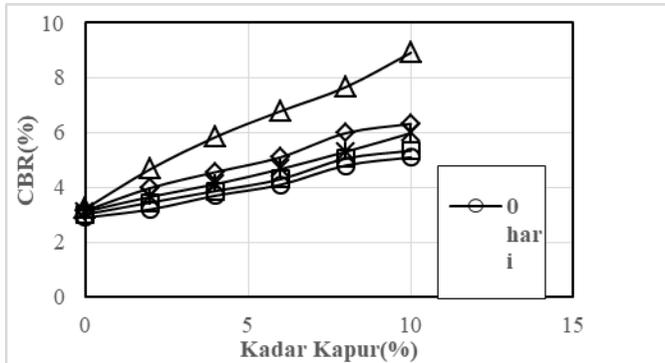


Gambar 3. Kuat Tekan Bebas : Tanah + Kapur + ASP

Dibanding peningkatan kuat tekan bebas tanah + kapur, peningkatan kuat tekan bebas pada tanah+kapur + ASP jauh lebih signifikan baik terhadap proporsi ASP maupun waktu pemeraman. Kenaikan kuat tekan bebas oleh proporsi ASP dikarenakan semakin banyaknya kandungan silikat (SiO<sub>2</sub>) didalam campuran yang menyebabkan semakin cepat terjadinya reaksi posolanik, terutama terbentuknya kalsium-aluminat-hidrat (C-S-H). Sebagai contoh dari 0 ke 5% ASP kuat tekan bebas naik dari 75.45 ke 80.33 sehingga terjadi kenaikan 6,5%. Kenaikan kuat tekan bebas terhadap waktu pemeraman selalu naik sampai waktu pemeraman 56 hari. Kenaikan tersebut disebabkan oleh terjadinya reaksi sementasi antara aluminat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) didalam ASP dengan kapur aktif (CaO) yang terkandung didalam kapur. Semakin lama waktu pemeraman tanah menjadi semakin keras karena terbentuknya gel-gel produk dari reaksi sementasi. Kenaikan yang cukup berarti terjadi pada masa peram dari 28 ke 36 hari yaitu dari 125 ke 162 kPa yang berarti terjadi kenaikan kuat tekan bebas sebesar 29,6%. Hal ini disebabkan reaksi posolanik tahap II (jangka panjang) sudah mulai terjadi. Kuat tekan bebas mengalami peningkatan baik oleh penambahan proporsi ASP maupun oleh waktu pemeraman.

### 3.7. CBR : tanah + Kapur

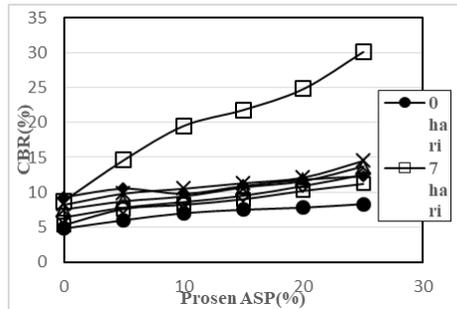
Didalam penelitian ini, uji CBR yang dilakukan adalah uji CBR langsung tanpa direndam (*unsoaked*) dengan pemadatan 56 kali pukulan.



Gambar 4. Hasil uji CBR Tanah + Kapur

Dilihat dari Gambar 4, pola peningkatan CBR terhadap proporsi kapur maupun waktu pemeraman mirip dengan pola kenaikan kuat tekan bebas. Pada proporsi kapur 0% (tanah asli) tidak mengalami perubahan nilai CBR terhadap waktu pemeraman, pada pemeraman 0 hari kenaikan CBR terhadap proporsi kapur juga terlihat tidak signifikan. Pada waktu yang singkat memang belum terjadi reaksi apapun antara kapur dengan tanah. Kenaikan CBR terhadap proporsi kapur terlihat tinggi pada masa peram 21 dan 36 hari, terutama pada masa peram 36 hari disebabkan reaksi sementasi tahap kedua terjadi dalam angka waktu yang cukup panjang. Jika dilihat kenaikan CBR rerata terhadap proporsi kapur terjadi dari 6% (4.95%) ke 8% (5.61%), dengan prosentase 13.33%. Terhadap waktu pemeraman, kenaikan CBR terlihat tajam dari masa peram 21 (4.9%) ke 36 hari (6.19%) prosentase sebesar 26,3%. Pada pengujian CBR ini nampaknya pengaruh waktu pemeraman terhadap kenaikan CBR lebih kuat dibanding dengan kenaikannya terhadap proporsi kapur. Namun demikian, CBR tanah + kapur ini secara umum tidak meningkatkan nilai CBR dengan signifikan. CBR : tanah + Kapur + ASP

Pada pengujian tahap ini, prosen kapur diambil tetap (8%) dengan prosentase ASP yang bervariasi 5; 10; 15; 20; dan 25%. ASP yang mengandung  $Al_2O_3$  cukup banyak diharapkan dapat meningkatkan nilai CBR tanah dengan cukup signifikan disebabkan semakin intensifnya reaksi posolanik yang terjadi. Terutama terbentuknya kalsium aluminat hidrat (C-A-H). Waktu pemeraman dibuat sedikit berbeda dengan sebelumnya, dalam pengujian ini waktu pemeraman yang disediakan adalah : 7, 14, 21, 28, 36 dan 50 hari. Dalam pengujian ini diberikan waktu pemeraman 50 hari diharapkan dalam jangka waktu tersebut terjadi reaksi posolanik yang lebih sempurna. Hasil pengujian CBR tanah + kapur + ASP dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. CBR vs. Kadar ASP & waktu pemeraman

Pada masa pemeraman 0 hari (tanpa diperam) tidak terjadi peningkatan CBR. Sedikit peningkatan dikarenakan adanya 8% kapur dan perubahan kadar air. Pada waktu pemeraman 7 hari terjadi kenaikan CBR yang cukup besar. Kemudian kenaikan CBR melambat lagi sampai waktu pemeraman 28 hari. Lonjakan kenaikan CBR terjadi pada masa peram 36 hari dan 50 hari. Kedua lonjakan terakhir disebabkan reaksi posolanik tahap II sudah mulai terjadi. Terbentuknya kalsium-aluminat-silikat-hidrat (C-S-A-H) terjadi karena adanya silikat ( $\text{SiO}_2$ ) yang terkandung didalam tanah gambut. Jika dilihat reratanya, berdasarkan waktu pemeraman naik dari 6.4 % menjadi 11.8% lebih dari 2 kalinya. Berdasarkan proporsi ASP CBR naik dari 7.21% menjadi 12.% prosen kenaikan 69.1% lebih rendah daripada kenaikan CBR oleh pengaruh waktu pemeraman. Kenaikan nilai CBR terlihat sangat signifikans pada masa pemeraman 56 hari.

#### 4. KESIMPULAN

Dari serangkaian pengujian awal seperti uji kimia dan gradasi tanah, kapur dan abu sekam padi (ASP); pengujian indeks property dan penentuan *Lime Fixation Point* (LFP); serta pengujian lanjutan : pemadatan, kuat tekan bebas dan CBR dapat dihasilkan beberapa temuan sebagai berikut:

1. Dari uji pemadatan ringan (*Standard Proctor Test*) tidak terjadi banyak perubahan pada OMC dan MDD nya oleh penambahan kapur pada tanah.
2. Kuat tekan bebas tanah asli sebesar 41,5 kPa , lempung Putat dapat dikategorikan sebagai lempung dengan konsistensi lunak. Oleh penambahan kapur ada peningkatan kuat tekan bebas yang cukup signifikans pada kadar kapur 4% dan waktu pemeraman 36 hari.
3. Pada pengujian kuat tekan bebas : tanah + kapur + ASP diperoleh bahwa semakin tinggi proporsi ASP, kuat tekan bebas semakin tinggi dalam hal ini tidak ada proporsi ASP yang optimal. Terhadap waktu pemeraman, kuat tekan bebas semakin meningkat dengan bertambahnya waktu pemeraman. Kenaikian kuat tekan bebas paling tajam dijumpai pada masa pemeraman 56 hari.

4. Pada pengujian CBR langsung pada tanah + kapur + ASP dijumpai pola yang serupa dengan hasil pengujian kuat tekan bebas dimana CBR selalu naik dengan meningkatnya proporsi ASP dan lamanya pemeraman.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Atma Jaya Yogyakarta (LPPM) atas pemberian dana untuk penelitian ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Broms, D.D., (1984).”Stabilisation of Soft-Clay with lime column.” Proceeding, Seminar on Soil Improvement and Construction Techniques in Soft Ground, Nanyang Technological Institute, Singapore
- [2] Hatmoko, John.,T. & Suhartono,F. (2000).” Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan menggunakan Pasir dan Semen.” Laporan Penelitian, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta 2000.
- [3] Hatmoko, John., T. & Lulie, Y. (2005). “UCS Tanah Lempung Ekspansif yang di stabilisasi dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur.” Laporan Penelitian Universitas Atma Jaya
- [4] Diane,A.,(2001). “ Studi Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Geser, Potensi Pengembangan, dan Nilai CBR Tanah Lempung.” Tugas Akhir Sarjana Strata I, Pro-Di. Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- [5] Diana, W, Muntohar, A.S., (2012). “Kuat tekan bebas tanah lempung yang distabilisasi dengan limbah karbit dan abu sekam padi”, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 6, Universitas Trisakti , Jakarta 1- 2 Nopember 2012, hal. 33-37.
- [6] Diana, W, Muntohar, A.S. (2013).“Kuat geser dan kuat tarik belah tanah lempung yang distabilisasi dengan limbah karbit dan abu sekam padi.” Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil ke 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 24 – 26 Oktober 2013.
- [7] Kezdi, A. (1979).”Stabilized Earth Roads.”, Elsevier Scientific Publishing Company, New York
- [8] Hosiya,N. and mandal, J.N. (1984). “Metallic Powders in Reinforced Earh.” Journal of Geotechnical Engineering, Vol.110, No. 10, October 1984, ASCE, pp.1507 – 1511
- [9] Wibowo,F.X.N, & Hatmoko, John,T. (2001). “Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Tambah Beton Mutu Tinggi.” Laporan Penelitian DCRG.
- [10] Vatsala, A., et.all (2001). “Elastoplastic Model for Cemented Soils.” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, No. 8, August 2001, pp. 679-687.
- [11] Clough (1981). ” Cemented Sand under Static Loading. ” Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol. 115, No.8, pp.1102-1117.

- [12] Horpibulsuk, S., and Miura, N., (2001) . “A New approach for Studying of behavior of cement stabilized clay.” Proceeding the 15th. International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol. 3, Istanbul, Turkey, pp. 1759 – 1762.
- [13] Kasama,K., Ochiai, H., and Yasufuku, N., (2000). “On the Stress-Strain Behavior of lightly Cemented Clay based on extended critical-state concept.” Soils and Foundation, vol. 40, No. 5, pp. 37 – 47.
- [14]Lemanza, W., (1994). “Stabilisasi Tanah kohesif berplastisitas tinggi dengan kapur, semen, dan GEOSTA.” Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia.
- [15] Lorenzo, A.G., and Bergado, D.T(2004). ”Fundamental Parameters Of Cement-Admixed Clay- A New Approach.” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, No. 10, October 2004 , pp. 1042-1050.