

PERBAIKAN TANAH LEMPUNG DARI GROBOGAN PURWODADI DENGAN CAMPURAN SEMEN DAN ABU SEKAM PADI

Ninik Ariyani¹⁾, Prilani Dwi Wahyuni²⁾

¹⁾Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

²⁾Jurusan teknik Sipil Fakultas Teknik UKRIM Yogyakarta

Abstract

The research, clay characteristic was improved with Portland Cement and rice husk. The important parameter of clay was improved are Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), and Plastic Index (PI). This research was done on the clay disturb from Grobogan, Purwodadi.

To improve clay characteristic (soil stability) is used Portland Cement 4%, 6%, 8%, and rice husk 2% of the weight soil with curing time 3 and 7 days. Laboratory test include specific gravity, Proctor Standard compaction test, consistency limit test (Atterberg Limit), water content test and unconfined compression test.

The test result showed that clay which is from Grobogan Purwodadi belonging to un-organic clay based on USCS with plasticity 30,04%. Addition of Portland Cement 4%, 6%, 8%, and rice husk 2% able to increase plastic limit (PL). to reduce Liquid Limit(LL) and Plasticity Index (PI) specially, the addition of Portland Cement 8% and rice husk 2% with curing time 3 days able to reduce plasticity index 8,29% and addition of Portland cement 6% and rice husk 2% with curing 3 days able to improve the gradation size.

Keywords: liquid limit, plasticity index, stability

Key words : batas cair, batas plastis, indeks plastis

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan material konstruksi yang paling tua dan juga sebagai material dasar yang sangat penting karena merupakan tempat dimana struktur akan didirikan misalnya pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain.

Kerusakan-kerusakan pada jalan dan gedung, misalnya terangkat atau turunnya suatu pondasi, retak-retak dinding bangunan, dan bergelombangnya permukaan jalan, disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada dibawah

struktur suatu bangunan. Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunannya (*settlement*) saja tetapi mencakup secara menyeluruh, seperti adanya penyusutan dan pengembangan tanah. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur (jalan, gedung) yang dibangun di atasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah.

Jenis tanah yang perlu diperhatikan salah satunya adalah tanah lempung ekspansif. Disebut demikian karena tanah jenis ini umumnya mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi dan mengandung mineral yang mempunyai potensi mengembang (*swelling potential*) yang tinggi, bila terkena air. Untuk tanah lempung ekspansif, kandungan mineral yang ada adalah mineral *montmorillonite* yang mempunyai luas permukaan paling besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral lainnya, sehingga tanah mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air dan sangat mudah mengembang.

Banyak dijumpai struktur bangunan yang belum waktunya diperbaiki sudah harus diperbaiki. Struktur bangunan yang bersangkutan telah mengalami kerusakan lebih dini, tetapi kerusakan berat tersebut tidak ada hubungannya dengan kondisi struktur, kualitas bahan, atau beban rencana dari struktur yang telah direncanakan. Hal ini disebabkan, karena kurang memperhatikan kondisi tanah dasar yang kadang memiliki sifat ekspansif. Berkaitan dengan hal di atas sangat diperlukan suatu cara untuk menstabilkan tanah ekspansif tersebut agar bangunan yang berdiri di atasnya lebih terjamin keamanannya dari kerusakan. Salah satu cara yang digunakan untuk maksud ini adalah stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan semen dan abu sekam padi.

B. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah dan sifat tanah berbutir halus dari Purwodadi, Grobogan dan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas tanah. Secara teoritis, penelitian ini bermanfaat memberikan sumbangan pengetahuan akan permasalahan penggunaan tanah ekspansif dan secara praktis bermanfaat untuk mengetahui peningkatan kualitas tanah berbutir halus setelah diperbaiki.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah Lempung Ekspansif

Lempung ekspansif merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal yang terbentuk dari mineral-mineral *ekspansif*. Lempung ini mempunyai sifat yang khas yakni kandungan mineral *ekspansif* mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung *ekspansif* memiliki

potensi kembang susut tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Apabila terjadi peningkatan kadar air, tanah *ekspansif* akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan. Sedangkan apabila kadar air berkurang sampai batas susutnya akan terjadi penyusutan. Sifat kembang susut yang demikian bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan.

Perubahan kadar air mengakibatkan sistem muatan listrik pada air *higroskopis* dalam masa tanah akan berubah karena terjadi penambahan muatan positif dan negatif. Penambahan muatan listrik dalam air *higroskopis* terjadinya pertukaran ion-ion negatif dari *higroskopis*, sehingga menyebabkan terlepasnya butiran mineral dari ikatannya. Penambahan kadar air pada tanah *ekspansif* akan menambah jumlah sistem muatan listrik dalam satu satuan tanah, tergantung dari kapasitas muatan listrik struktur mineral pembentuknya. Mineral lempung *ekspansif* mempunyai kapasitas pertukaran muatan yang jauh lebih besar dibanding mineral pembentuk tanah non *ekspansif*. Kapasitas pertukaran muatan listrik yang besar tersebut mengakibatkan tanah *ekspansif* mempunyai potensi kembang susut yang tinggi (Bowles, 1991).

Kandungan air tanah asli sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Lempung dengan kadar air rendah memiliki kemungkinan pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung berkadar air yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena lempung dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air.

B. Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga memenuhi syarat untuk lokasi suatu proyek. Stabilisasi tanah dapat berupa tindakan-tindakan seperti meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimia dan atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), atau mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu atau kombinasi pekerjaan-pekerjaan dengan cara mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, pembekuan dan pemanasan dan dengan bahan pencampur (*additiver*) seperti penambahan kerikil untuk tanah *kohesif* (lempung), untuk tanah berbutir kasar, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping, abu batubara, semen aspal, abu sekam padi, dan lain-lain.

Penambahan kapur, gamping, abu batubara, dan kadang-kadang semen diterapkan pada deposit lempung terutama pada lempung yang mengalami perubahan volume yang besar yang mengakibatkan perubahan ion-ion Ca^{2+} untuk mengurangi kegiatan-kegiatan mineral lempung tadi. Tanah yang diperlakukan

dengan cara ini dapat mengalami penurunan indeks plastisitas (I_p). Pengurangan indeks plastisitas (I_p) terutama diakibatkan oleh bertambahnya batas plastis (W_p), walaupun pada beberapa jenis tanah tertentu mungkin pula terdapat pengurangan batas cair (W_l) dalam jumlah yang cukup berarti.

C. Pemadatan Tanah

Pada dasarnya pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kepadatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tujuan pemadatan ialah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah yaitu menaikkan kekuatannya, memperkecil pemampatannya dan daya rembes airnya, serta memperkecil pengaruh air terhadapnya (Soedarmo da Purnomo, 1997).

Teori pemadatan pertama kalinya dikembangkan oleh R.R. Proctor. Metode yang orisinal dilaporkan melalui serangkaian artikel dalam *Engineering New Record*. Oleh karena itu prosedur dinamik laboratorium yang standar biasanya disebut dengan uji *Proctor* (Bowles, 1989). Empat variabel pemadatan yang didefinisikan oleh *Proctor*, yaitu usaha pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya), kadar air, dan berat isi kering. Sedang menurut Craig (1991), pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara dan tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini. Umumnya, makin tinggi derajat pemadatan, makin tinggi pula kekuatan geser dan makin rendah kompresibilitas tanah. Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan berat volume kering (*dry density*) yaitu massa partikel padat per satuan volume tanah. Berat volume kering tanah dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan γ_d = berat volume kering tanah, γ_b = berat volume basah tanah, dan w = kadar air tanah. Pengujian pemadatan (uji Proctor) di laboratorium dibedakan menjadi dua, yaitu pengujian pemadatan standar dan pengujian pemadatan modifikasi.

1. Pemadatan standar (*standard compaction*)

Pemadatan standar (*standart compection*) adalah usaha untuk memadatkan contoh tanah yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat-alat pemadatan standar. Aturan-aturan cara yang dapat dilakukan pada pemadatan standar ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Aturan-aturan pemadatan standar

No	Keterangan	Standar			
		Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
1	Silinder pemadatan	Kecil	Besar	Kecil	Besar
2	Material, lolos saringan	No.4	No.4	3/4 "	3/4 "
3	Penumbuk	Standar	Standar	Standar	Standar
4	Jumlah lapisan	3	3	3	3
5	Jumlah tumbukan tiap lapis	25	56	25	56
6	Material siap ditumbuk yang Perlu disediakan setiap kali	2,7 kg	6,4 kg	4,5 kg	10 kg

(Sumber : Soedarmo, Purnomo, 1997)

Alat alat yang paling berperan untuk digunakan pada pemadatan standar adalah silinder pemadatan dan penumbuk standar. Dimensi yang digunakan pada silinder pemadatan dan penumbuk standar dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Dimensi silinder pemadatan dan penumbuk standar

Ukuran	Silinder		Penumbuk standar
	Besar	Kecil	
Diameter / diameter bidang jatuh (cm)	$15 \pm 0,067$	$10,16 \pm 0,04$	$5,08 \pm 0,013$
Tinggi / tinggi jatuh (cm)	$11,63 \pm 0,013$	$11,63 \pm 0,013$	$30,48 \pm 0,16$
Volume (liter)	$2,124 \pm 0,002$	$0,943 \pm 0,008$	
Berat (kg)	---	----	$2,5 \pm 0,01$

2. Pemadatan modifikasi (*modified compaction*)

Pemadatan modifikasi (*modified compaction*) adalah usaha untuk memadatkan contoh tanah yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat-alat pemadatan modifikasi (berat). Pada penumbukan modifikasi, perbedaan yang mencolok bila dibandingkan dengan pemadatan standar adalah pada jenis penumbuk, jumlah lapisan dan material tanah yang harus disiapkan. Aturan-aturan cara yang dapat dilakukan pada pemadatan modifikasi ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Aturan-aturan pemadatan modifikasi

No.	Keterangan	Modifikasi			
		Cara A	Cara B	Cara C	Cara D
1	Silinder pemadatan	Kecil	Besar	Kecil	Besar
2	Material, lolos saringan	No.4	No.4	3/4"	3/4"
3	Penumbuk	Modifikasi	Modifikasi	Modifikasi	Modifikasi
4	Jumlah lapisan	5	5	5	5
5	Jumlah tumbukan tiap lapis	25	56	25	56
6	Material siap ditumbuk yang perlu disediakan setiap kali	3,2 kg	7,3 kg	5,4 kg	11,3 kg

(Sumber : Soedarmo, Purnomo, 1997)

Alat-alat yang paling berperan untuk digunakan pada pemadatan modifikasi adalah silinder pemadatan dan penumbuk modifikasi. Dimensi yang digunakan pada silinder pemadatan dan penumbuk modifikasi dapat ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Dimensi silinder pemadatan dan penumbuk modifikasi

Ukuran	Silinder		Penumbuk standar
	Besar	Kecil	
Diameter / diameter bidang jatuh (cm)	15,24 ± 0,067	10,16 ± 0,04	5,08 ± 0,013
Tinggi / tinggi jatuh (cm)	11,63 ± 0,013	11,63 ± 0,013	45,72 ± 0,009
Volume (liter)	2,124 ± 0,002	0,943 ± 0,008	
Berat (kg)	---	---	4,536 ± 0,009

D. Semen (*Portland Cement*) dan Abu Sekam Padi

Semen Portland ialah semen yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dengan gips sebagai bahan tambahan (Tjokrodimulyo, 1996). Semen mempunyai sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Bahan dasar semen yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Bahan-bahan tersebut merupakan unsur pokok dari semen, yaitu trikalsium silikat (C_3S) atau $3CaO \cdot SiO_2$, dikalsium silikat (C_2S) atau $3CaO \cdot Al_2O_3$, trikalsium aluminat (C_3A) atau $3CaO \cdot Al_2O_3$, dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF) atau $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$.

Sekam padi sebagai salah satu limbah pertanian dihasilkan dalam jumlah yang tidak sedikit. Sekam padi merupakan kulit padi, setelah padi melalui proses penggilingan. Di beberapa negara limbah tersebut digunakan sebagai bahan

bakar, sedangkan beberapa negara lain, sekam padi merupakan limbah yang menyebabkan masalah pembuangan dan polusi.

Ketika sekam padi dibakar dalam kondisi yang terkontrol, akan menghasilkan abu sekam yang mempunyai sifat *pozzolan* yang tinggi. 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 dipertimbangkan dalam proses pembakaran sekam padi untuk menghasilkan abu yang mempunyai reaktivitas maksimal. Secara tipikal komposisi abu sekam padi meliputi SiO_2 , K_2O , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Cl , P_2O_5 , Na_2O_3 , SO_3 dan sedikit unsur lainnya.

E. Kekuatan Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang timbul dalam tanah. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen yaitu bagian yang bersifat kohesi yang tergantung kepada macam tanah dan kepadatan butirnya dan bagian yang mempunyai sifat gesekan (fractional) yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser. Hipotesa mengenai kekuatan geser tanah pertama kali dikemukakan oleh Coulumb sekitar tahun 1773 dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = C + \sigma \tan \phi \quad (2.2)$$

dengan τ = kekuatan/tegangan geser, C = kohesi, σ = tegangan/tekanan normal, dan ϕ = sudut geser dalam tanah. Untuk mendapatkan parameter-parameter kekuatan geser tanah dapat dilakukan percobaan-paercobaan antara lain percobaan geser langsung (*direct shear test*), percobaan triaksial (*triaksial test*), dan percobaan kuat tekan bebas (*unconfined compression test*).

1. Percobaan geser langsung (*direct shear test*)

Maksud dari percobaan geser langsung adalah untuk menentukan besarnya parameter geser tanah dengan alat geser langsung pada kondisi *unconsolidated undrained*. Pada percobaan geser langsung, kekuatan geser dapat diukur secara langsung. Contoh tanah yang akan diuji dipasang pada alat dan diberikan tegangan vertikal yaitu tegangan normal secara konstan. Contoh tanah diberikan tegangan geser sampai mencapai nilai maksimum. Tegangan geser ini diberikan dengan memakai kecepatan konstan secara perlahan-lahan sehingga tegangan air pori selalu tetap nol. Parameter geser tanah yang didapat dari pengujian ini terdiri atas sudut gesek dalam tanah (ϕ) dan nilai kohesi (C).

2. Percobaan triaksial (*Triaksial test*)

Pada percobaan triaksial digunakan tanah uji dengan diameter kira-kira 3,81cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji dimasukkan dalam selubung karet tipis dan diletakkan kedalam tabung kaca. Pada percobaan ini terjadi dua tegangan utama yaitu tegangan vertikal total (σ_1) dan tegangan sel (σ_3). Untuk menentukan parameter gesernya yaitu nilai ϕ dan nilai C dari percobaan ini digunakan lingkaran-lingkaran Mohr pada saat tegangan efektif mencapai nilai maksimum.

3. Percobaan kuat tekan bebas (*Unconfined compression test*)

Salah satu parameter yang dipakai untuk menentukan kekuatan geser tanah adalah pengujian kuat tekan bebas tanah (*unconfined compression test*). Percobaan kuat tekan bebas dilaboratorium dilaksanakan untuk mengetahui besarnya kuat geser tanah lempung jenuh air (kohesif).

Kuat tekan bebas adalah besarnya tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sampai 20% apabila sampai dengan perpendekan 20% tanah tidak pecah. Percobaan tekan bebas (*unconfined compression test*) di laboratorium dilaksanakan untuk menentukan kuat tekan bebas tanah kohesif.

Cara melakukan pengujian ini adalah sama seperti uji triaksial tetapi tidak ada tegangan sel (yaitu $\sigma_3 = 0$). Jika lempung tersebut mempunyai derajat kejenuhan 100% maka kekuatan gesernya dapat langsung ditentukan dari kekuatan *unconfined* tanah tersebut. Tekanan aksial yang bekerja pada tanah dapat dituliskan kedalam persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan P = gaya beban yang bekerja dan A = luas penampang tanah. Kuat geser tanah dari tekanan aksial yang ada dapat dituliskan kedalam persamaan berikut :

$$C = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_1}{1} = \frac{qu}{2} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan C = kekuatan geser *undrained* (*undrained shear strength*), $\sigma_3 = 0$, dan qu = *unconfined compressive strength*.

Perhitungan daya dukung untuk tanah lempung hampir selalu didasarkan pada pengukuran *Undrained Shear Strength* dengan menganggap lempung tersebut mempunyai harga C dan $\phi = 0$. harga C dan ϕ tersebut dimasukkan kedalam persamaan daya dukung (persamaan 2.2). Karena $\phi = 0$ maka persamaan tersebut menjadi :

$$\tau = C + \sigma \tan \phi = C = \frac{qu}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

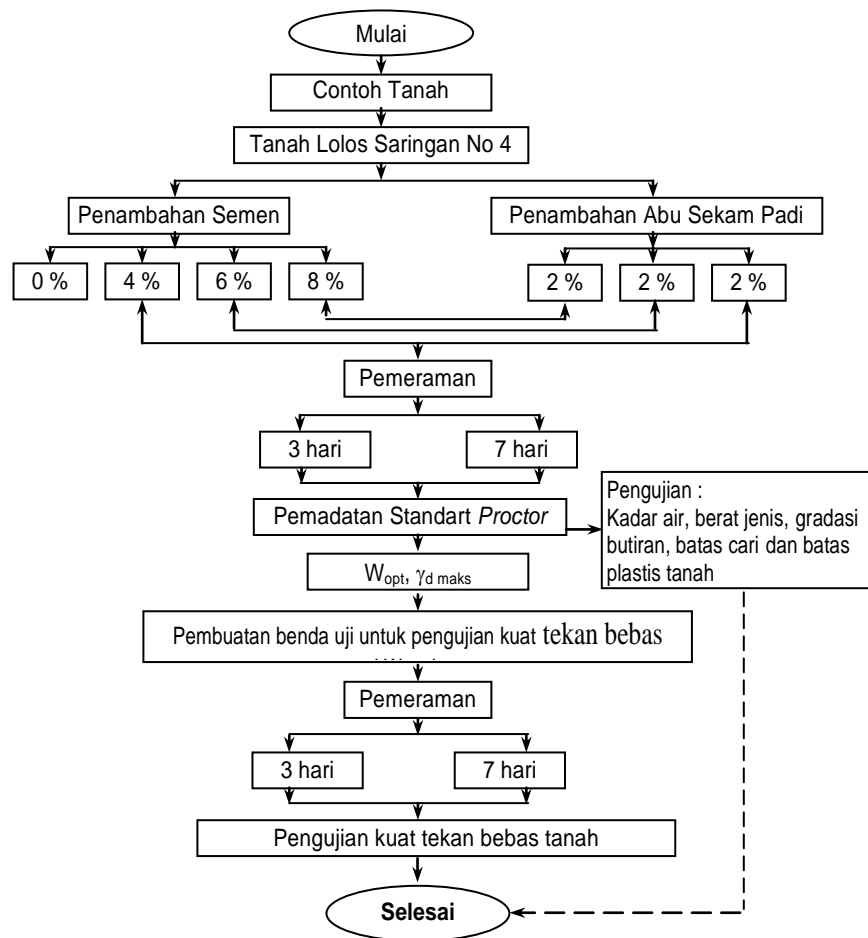
III. METODE PENELITIAN

A. Bahan dan Alat Penelitian

Tanah yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif yang berasal dari Purwodadi Grobogan dan semen adalah semen Portland (PC) sedang abu sekam padi berasal dari sisa-sisa pembakaran pada batu bata dan genteng, yang diambil dari kelurahan Demakan, kecamatan Mojolaban, kabupaten Sukoharjo.

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi alat uji *specific gravity* tanah (piknometer, tmbangan dengan ketelitian 0,01 gram, oven, desiikator, termometer, cawan porselen dan *pestel*, kompor sebagai pemanas, alat uji gradasi butiran, alat uji batas cair tanah, alat uji batas plastis tanah, alat uji pemadatan standar Proctor (*Proctor standard*), alat uji kadar air, dan alat uji kuat tekan bebas tanah (*unconfined compression test*).

B. Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1. Bagan Alir (*Flow Chart*) Penelitian

Penelitian dilakukan secara bertahap dan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta. Adapun pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan, tahap pencampuran dan pemeraman serta tahap pengujian. Tahap pengujian dimulai dari pemeriksaan kadar air, *specific gravity*, pemeriksaan batas cair, pemeriksaan batas plastis, pemeriksaan gradasi tanah, pemeriksaan pemadatan, dan terakhir pengujian kuat tekan bebas. Alur penelitian lebih jelas ditunjukkan dengan bagan alir (*flow chart*) pada Gambar 3.1.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAAN

A. Hasil Uji Karakteristik Tanah Lempung

Dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap tanah asli, diperoleh data Specific Gravity (G_s) = 2,37, batas cair tanah (LL) = 54,63%, batas plastis tanah (PL) = 24,59%, indeks plastisitas tanah (PI) = 30,04%, kadar air optimum (W_{opt}) = 26,00%, berat volume kering tanah ($\gamma_{d maks}$) = 1,39 gr/cm³, dan klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified*) = CH (lempung an organik plastisitas tinggi).

Hasil uji pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi menyangkut uji batas konsistensi tanah (*Atterberg Limit*) meliputi uji batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (IP) disajikan dalam Tabel 4. 1.

Tabel 4. 1. Hasil uji batas konsistensi tanah (*Atterberg Limit*)

Pemeraman (hari)	Campuran	<i>Atterberg Limit</i>		
		LL (%)	PL (%)	IP (%)
0		54,63	24,59	30,04
3	Tanah + 4% smn + 2% asp	40,61	30,83	9,78
	Tanah + 6% smn + 2% asp	45,84	29,62	16,22
	Tanah + 8% smn + 2% asp	40,18	31,89	8,29
7	Tanah + 4% smn + 2% asp	52,48	26,37	26,11
	Tanah + 6% smn + 2% asp	55,00	31,09	23,91
	Tanah + 8% smn + 2% asp	52,69	28,13	24,57

Dari grain size analysis yang meliputi analisis saringan dan analisis sedimentasi (hidrometer) diperoleh persentase butiran lolos saringan # 200 setiap contoh tanah dengan penambahan semen (smn) dan abu sekam padi (asp) seperti disajikan dalam Tabel 4.2 dan uji pemadatan standar Proctor pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Hasil uji gradasi butir tanah lolos saringan # 200

Campuran	Pemeraman (hari)	% Butiran Lolos Saringan #200	Hubungan persentase butiran lolos # 200 dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan semen pada penambahan abu sekam padi 2%
Tanah Asli	0	83,10	
Tanah + 4% smn + 2% asp	3	67,03	
Tanah + 6% smn + 2% asp		60,98	
Tanah + 8% smn + 2% asp		27,14	
Tanah + 4% smn + 2% asp	7	73,43	
Tanah + 6% smn + 2% asp		70,68	
Tanah Asli		70,77	

Tabel 4. 3. Hasil uji pemadatan standar *Proctor*

Pemeraman	Campuran	γ_d maks (gr/cm ³)	w_{opt} (%)
0 hari	Tanah Asli	1,39	26,00
3 hari	Tanah + 4% smn + 2% asp	1,53	21,72
	Tanah + 6% smn + 2% asp	1,46	17,90
	Tanah + 8% smn + 2% asp	1,41	17,37
7 hari	Tanah + 4% smn + 2% asp	1,40	15,00
	Tanah + 6% smn + 2% asp	1,38	17,00
	Tanah + 8% smn + 2% asp	1,37	18,10

Hubungan antara berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) tanah dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan semen pada penambahan abu sekam padi 2%

Hubungan antara nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan semen pada penambahan abu sekam padi 2%

Hasil uji *specific gravity* uji tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) pada tanah asli sesuai prosentase penambahan semen dan abu sekam padi dan variasi waktu pemeramannya disajikan pada Tabel 4.4 dan 4.5 berikut.

Tabel 4.4. Hasil uji *specific gravity* (Gs)

Campuran	Pemeraman (hari)	Specific Gravity (Gs)	Hubungan antara <i>specific gravity</i> dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan semen pada penambahan abu sekam padi 2%
Tanah Asli	0		
Tanah + 4% smn + 2% asp	3	2,37	
Tanah + 6% smn + 2% asp		2,46	
Tanah + 8% smn + 2% asp		2,63	
Tanah + 4% smn + 2% asp	7	2,51	
Tanah + 6% smn + 2% asp		2,47	
Tanah + 8% smn + 2% asp		2,51	

Tabel 4. 5. Hasil uji kuat tekan bebas tanah

Campuran	Pemeraman (hari)	qu (kN/m ²)	C (kN/m ³)	Hubungan antara <i>specific gravity</i> dan variasi waktu pemeraman terhadap prosentase penambahan semen pada penambahan abu sekam padi 2%
Tanah Asli	0	10,845	5,423	
Tanah + 4% smn + 2% asp	3	5,502	2,751	
Tanah + 6% smn + 2% asp		11,758	5,879	
Tanah + 8% smn + 2% asp		16,344	8,172	
Tanah + 4% smn + 2% asp	7	13,091	6,545	
Tanah + 6% smn + 2% asp		5,615	2,808	
Tanah + 8% smn + 2% asp		6,685	3,343	

B. Pembahasan

Dari uji yang dilakukan terhadap tanah asli, didapat nilai indeks plastisitas tanah sebesar 30,04% dan nilai fraksi lolos saringan #200 sebesar 83,10%. Bila tanah tersebut diklasifikasikan menurut USCS tanah tersebut

masuk dalam kelompok *CH* yaitu lempung an organik dengan plastisitas tinggi (*high plasticity clay*). Untuk memastikan jenis mineral lempungnya harus dilakukan uji difraksi sinar x. Mineral lempung *mortmorillionite* mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral lempung lainnya, sehingga tanah lempung ini mudah mengembang.

Berdasarkan data-data batas *atterberg*, indeks plastisitas tanah asli sebesar 30,04%. Dengan dilakukannya penambahan semen dan abu sekam padi dengan berbagai variasi dan umur pemeraman ternyata mampu menurunkan indeks plastisitas tanah yang cukup signifikan. Nilai penurunan terkecil terjadi pada penambahan semen 8% dan abu sekam padi 2%, dengan besarnya indeks plastisitas tanah pada pemeraman 3 hari sebesar 8,29%. Pada pemeraman 7 hari nilai *IP* yang terjadi lebih tinggi dari pada pemeraman 3 hari. Hal ini terjadi karena kesulitan di dalam pelaksanaan uji batas plastis, karena semakin lama diperam tanah menjadi lebih keras sehingga nilai batas plastis sulit ditentukan. Keadaan ini mengakibatkan nilai kadar air pada batas cair dan batas plastis menjadi tidak stabil dan menyebabkan gaya tarik menarik antar partikel menjadi turun. Kondisi ini menyebabkan tanah dengan campuran semen dan abu sekam padi menjadi getas.

Pada pengujian *grain size analisis*, dengan penambahan semen dan abu sekam padi dan lama waktu pemeraman menyebabkan turunnya prosentase butiran lolos saringan #200. Pada kondisi tanah asli besarnya prosentase lolos saringan #200 sebesar 83,10%, setelah ditambah semen 6% dan abu sekam padi 2% pada pemeraman 3 hari prosentase lolos saringan #200 menjadi 60,98%. Pada penambahan 8% semen dan 2% abu sekam padi dan pemeraman 3 hari, prosentase lolos saringan #200, adalah 27,14%. Pada uji pepadatan standar (*Proctor standart compaction*) diperoleh nilai berat volume kering tanah asli sebesar 1,39 gr/cm³. Pada penambahan semen 4% dan abu sekam padi 2% terjadi kenaikan sebesar 1,53% gr/cm³, akan tetapi pada penambahan semen 8% dan abu sekam padi 2% terjadi penurunan sebesar 1,41 gr/cm³ pada pemeraman 3 hari. Pada pemeraman 7 hari terlihat bahwa nilai berat volume kering tanah cenderung menurun. Kecenderungan penurunan berat volume kering maksimum (MDD) tanah menunjukkan terjadinya pembesaran rongga-rongga dalam campuran tanah

Dari uji *specific gravity* penambahan semen dan abu sekam padi cenderung menurunkan nilai *specific gravity* selain itu, proses sementasi pada tanah, semen dan abu sekam padi menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antar partikel. Rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolasi oleh lapisan sementasi kedap air akan terukur sebagai volume butiran sehingga memperbesar volume butiran dan selanjutnya menurunkan nilai G_s .

Kuat tekan bebas adalah uji tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai tanah pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sampai 20% apabila sampai dengan perpendekan 20% tanah tidak pecah. Pada uji kuat tekan bebas (*Unconfined compressive strength*) tanah pada penelitian ini diambil dari Purwodadi, Grobogan dengan penambahan semen dan abu sekam padi secara umum menunjukkan kecenderungan penurunan nilai kuat tekan bebas tanah (qu). Pada tanah asli qu sebesar $10,845 \text{ kN/m}^2$ yang termasuk dalam kategori konsistensi lempung sangat lunak. Dengan demikian semakin banyak penambahan semen dan abu sekam padi dengan lama waktu pemeraman yang panjang justru semakin memperkecil nilai qu tanah. Penambahan semen dan abu sekam padi pada tanah memperkecil lekatan antara butiran tanah dan air, sehingga tanah menjadi mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal. Pada uji tekan bebas biasanya dilakukan pada tanah lempung lunak, pada uji ini diperoleh nilai qu , selanjutnya dari hasil nilai qu diperoleh parameter geser tanah C yaitu sebesar $\frac{1}{2} qu$.

Turunnya nilai qu ini, dimungkinkan karena tanah memiliki (ϕ) sudut geser intern, bila nilai ϕ naik maka nilai kuat geser tanah juga akan naik. Meskipun nilai C turun tetapi tegangan geser tanah kemungkinan akan naik bila nilai ϕ diketahui. Untuk mengetahui parameter geser tanah ini sebaiknya dilakukan dengan uji triaksial sehingga diketahui parameter geser tanah yang lain yaitu ϕ .

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasar analisis data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, penulis mengambil kesimpulan bahwa :

1. Tanah dari Purwodadi Grobogan, dengan indeks plastisitas sebesar 30,04%, menurut klasifikasi USCS termasuk dalam tanah lempung an organik plastisitas tinggi.
2. Dengan penambahan semen 8% dan abu sekam padi 2% mampu menurunkan Indeks Plastisitas tanah sampai sebesar 8,29% pada pemeraman 3 hari.
3. Penambahan prosentase semen dan abu sekam padi dan variasi pemeraman dapat memperbaiki gradasi butiran tanah yang ditunjukkan dengan semakin menurunnya nilai prosentase lolos saringan No. 200 yaitu dari tanah asli sebesar 83,10% berubah menjadi 60,98% pada penambahan semen 6% dan abu sekam padi 2% dengan 3 hari pemeraman.
4. Pengujian kuat tekan bebas pada pencampuran tanah dengan semen dan abu sekam padi menunjukkan penurunan Nilai kuat tekan bebas terhadap Nilai kuat tekan bebas tanah asli. Hasil uji kuat tekan bebas pada tanah asli sebesar $10,845 \text{ kN/m}^2$ setelah penambahan semen dan abu sekam padi dan

waktu pemeraman 7 hari turun menjadi sebesar 6,685 kN/m². Turunnya nilai kuat tekan bebas tidak berarti turunnya kuat geser tanah.

B. Saran

Melihat dari hasil penelitian yang dilakukan terhadap tanah lempung dari Purwodadi, Grobogan perlu dilakukan uji triaksial untuk mengetahui parameter geser yang lain (ϕ).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1999, *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*, Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.
- Bowles, J. E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geotek Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Cahyo, A., 1997, *Pengaruh Kapur dan Abu Sekam Padi Pada Nilai CBR Laboratorium Tanah Tras dari Dusun Seropan untuk Stabilitas Subgrade Timbunan*, Tugas S1, FTS UKRIM, Yogyakarta.
- Craig, R. F., 1991, *Mekanika Tanah*, Terjemahan oleh Budi Susilo Supanji, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Daruslan, 1993, *Mekanika Tanah I*, Edisi kedua, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Daruslan, 1994, *Mekanika Tanah II*, Edisi kedua, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kezdi. A, 1979, *Development in Geotechnical Engineering 19*, Elseiver Scientific Publishing Company, New York.
- Prasetyo, 2001, *Tinjauan Penambahan Kapur Dan Abu Briket Batubara Untuk Tanah Berbutir Halus Dari Dusun Semanggung Kulon Progo*, Tugas Akhir S1, FTS UKRIM, Yogyakarta.
- Tjokrodimulyo, K, 1996. *Teknologi Beton*, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
- Wesley, L. D., 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

