BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Stabilisasi Tanah

Usaha untuk mendapatkan kondisi tanah yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan disebut stabilisasi atau perbaikan tanah. Menurut Ingles dan Metcalf (1972), sifat- sifat tanah yang diperbaiki dengan stabilisasi dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan/daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan/keawetan.

Usaha perbaikan sifat-sifat tanah dapat dilakukan secara mekanis atau kimiawi. Usaha perbaikan secara mekanis dapat dilakukan dengan cara tradisional maupun modern. Perbaikan tanah secara tradisional dilakukan dengan menambahkan pasir atau batu pada tanah tanpa usaha pemadatan, ditumbuk secara tradisional, maupun dengan memberikan cerucuk kayu seadanya pada permukaan secara vertikal (Afriani, 2008). Perbaikan secara modern yaitu dengan menggunakan alat berat seperti mesin gilas atau perkuatan dengan menggunakan geosintetik. Usaha perbaikan secara kimiawi dilakukan dengan cara mencampur tanah dengan semen, kapur, abu sekam padi, fly ash, dan lain sebagainya

B. Kapur

Kapur termasuk bahan bangunan yang penting, sebagai bahan perekat dalam pembuatan tembok, pilar, dan sebagainya. Kapur didapatkan dari hasil pembakaran

padam [$Ca(OH)_2$]. Standar yang dikembangkan oleh U.S. *Environmental Protection Agency* (AP-42, 1995) menyebutkan bahwa kapur dihasilkan dari batuan yang tersusun dari mineral *Dolomite* yang mengandung 30-45% mineral Magnesium ($MgCO_3$). Secara kimia, proses untuk menghasilkan kapur dapat dituliskan sebagai berikut (AP-42, 1995) :

$CaCO_3 \rightarrow CO_2 + CaO$ (kapur kalsium tinggi)

$CaCO_3.MgCO_3 \rightarrow 2CO_2 + CaO.MgO$ (kapur *Dolomite*)

Istilah kapur dapat dibedakan beberapa jenis yaitu kalsium karbonat ($CaCO_3$) untuk keperluan pertanian *(agricultural lime)* kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) yang terhidrasi *(hydrated lime)* atau kapur padam (*slaked lime)*, dan kalsium oksida (CaO) yang disebut kapur tohor (*quick lime*).

Slake lime lebih banyak digunakan dalam proses stabilisasi tanah. Meskipun penggunaan *quick lime* sebenarnya lebih efektif dan menyelesaikan banyak masalah, namun terdapat kelemahan yaitu *quick lime* mempermudah terjadinya korosi pada peralatan dan bagi pelaksana sangat berbahaya karena kulit pelaksana dapat terbakar. Penggunaan kalsium hidroksida (*slake* atau *hyidrate lime*) untuk stabilisasi disarankan berupa bubuk. Hal ini sangat penting untuk proses hidrasi dan mengurangi masalah yang mungkin timbul.

Tabel 2.1 menunjukkan kandungan unsur pada kapur berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dalam penelitian Sihotang dkk (2002)

Tabel 2.1. Kandungan kimia bahan kapur

Parameter	Kadar (%)
Na_2O	0,095
Fe_2O_3	0,41
MgO	2,72
K_2O	0,32
CaO	50,84
Al_2O_3	0,682
SiO_2	0,00

Sumber : Sihotang dkk (2002)

C. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi merupakan hasil pembakaran dari kulit padi dan merupakan salah satu limbah pertanian. Abu sekam padi (*rice husk ash*/RHA) merupakan salah satu bahan *pozzolan* yang cukup potensial digunakan di Indonesia, mengingat produksinya yang tinggi dan penyebarannya yang luas sehingga abu sekam padi mudah untuk didapatkan. Jika sisa padi dibakar dalam keadaan terkontrol, RHA yang dihasilkan sebagai sisa pembakaran, mempunyai sifat *pozzolanik* yang tinggi karena kandungan silikanya berkisar 86,9 % - 97,3 % (Wen Hwei, 1986, dalam Muntohar, 1999).

D. Karung Plastik

Sampah ada dan timbul sebagai akibat dari kegiatan manusia untuk memenuhi kebutuhannya, sehingga sampah tidak akan pernah terlepas dari kehidupan manusia. Industri yang semakin berkembang serta pola hidup masyarakat yang semakin

konsumtif akan menambah produksi dan keanekaragaman jenis sampah. Artinya, sampah yang dihasilkan tidak saja berupa bahan organik yang mudah membusuk, tetapi juga makin beragam jenis materialnya, seperti sampah plastik, kertas, karton, logam dan kaca.

Untuk mengurangi semakin bertambahnya volume sampah plastik perlu dipikirkan suatu cara bagaimana pengelolaan sampah plastik tersebut. Sebagai salah satu alternatif yang menjadi tawaran solusi adalah penggunaan salah satu sampah plastik yaitu karung plastik sebagai perkuatan tanah. Karung plastik yang tersusun dari bahan-bahan berupa *polyprophylene* (*PP*), *polyethylene* (*PE*) dan *high-density polyethylene* (*HDPE*) mempunyai kekuatan yang cukup sebagai bahan campuran untuk perkuatan tanah (Widianti, dkk, 2008).

E. Stabilisasi Tanah dengan Kapur

Penggunaan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah sering digunakan dalam pelaksanaan di bidang konstruksi. Perbaikan tanah dengan kapur didasarkan pada reaksi *pozzolanic* yang terjadi antara kapur dengan tanah. Silika dan Alumina pada tanah akan bereaksi dengan kalsium pada kapur, sehingga dengan adanya reaksi akan terjadi perbaikan terhadap struktur tanah. Reaksi *Pozzolanic* dapat berlangsung sepanjang tahun bahkan sampai 10 tahun selama kapur cukup tersedia dan pH tetap tinggi di atas 10 (*National Lime Association*, 2001).

Little (1999) menyatakan bahwa kapur yang kaya dengan ion-ion Ca, Mg, dan sebagian kecil Na biasanya dipakai untuk bahan stabilisasi tanah untuk mengurangi sifat mengembang dari tanah, mengurangi plastisitas tanah, dan meningkatkan daya dukung tanah. Dengan distabilisasi menggunakan kapur, tanah dalam jangka waktu panjang akan semakin kuat dan stabil. Kekuatan tanah dapat diperoleh selama bertahun-tahun jika prosedur desain diikuti dengan baik, dan stabilisasi kapur dapat secara signifikan mengurangi potensi kerusakan permanen pada tanah.

Penambahan kapur pada tanah terbukti memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kuat dukung tanah. Selain itu juga dapat mengurangi plastisitas tanah dan kembang susut, sehingga kapur sangat baik digunakan untuk menstabilisasi tanah dengan kembang susut yang sangat tinggi seperti tanah lempung dengan kandungan *montmorillonite* yang cukup tinggi. Bahkan pada penelitian yang dilakukan Ingles dan Metcalf (1972), stabilisasi tanah dengan mencampurkan kapur mengakibatkan terjadinya transformasi dan penggumpalan partikel lempung, sehingga membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar. Akibat reaksi tersebut akan memudahkan dalam pelaksanaan pemadatan.

Menurut Ingles dan Metcalf (1972), reaksi kimia yang terjadi pada kapur dan tanah lempung dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan kecepatan reaksinya, yaitu:

a. Proses cepat, berupa pertukaran ion langsung $Ca2^{+}$ yang diserap oleh tanah lempung diikuti flokuasi lempung menjadi gumpalan-gumpalan buitir kasar yang gembur dan berpengaruh terhadap menurunnya nilai indeks plastisitas (PI).

Proses ini dikenal sebagai proses "modifikasi (*modification*)" (National Lime Association, 2004).

b. Pengerasan akibat preoses kimia yang relatif lambat berupa hidrasi. Proses ini diikuti terbentuknya kalsium silikat, seperti pengerasan semen dan prosesnya berlangsung terus sampai beberapa bulan, yang dinamakan proses pozzolanisasi yang diformulasikan dalam campuran kalsium, silikat, atau aluminat terhadap tanah lempung. Proses pozzolanisasi terjadi setelah proses modifikasi dan berlangsung lama, sehingga pada proses ini terjadi "stabilisasi (*stabilization*)" (National Lime Association, 2004).

Ingles dan Metcalf (1972) memberi kriteria pemberian kapur dalam campuran yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kandungan *hydrated lime*

Jenis tanah	Modifikasi	Stabilisasi
Fine crushed rock	2%-3%	-
Well graded clay gravels	1%-3%	3%
Sand	-	-
Sand clay	-	5%
Silty clay	1%-3%	2%-4%
Heavy clay	1%-3%	3%-8%
Very heavy clay	1%-3%	3%-8%
Organic soils	-	-

F. Stabilisasi Tanah dengan Abu Sekam Padi (*rice husk ash/RHA*)

Stabilisasi tanah dengan abu sekam padi didasarkan pada pemanfaatan *silica* yang terkandung dalam abu sekam padi tersebut. Banyak penelitian di laboratorium yang telah menunjukkan bahwa dengan penambahan abu sekam padi dengan bahan campuran lainnya seperti kapur atau semen dapat memperbaiki sifat-sifat fisis dan geoteknik tanah. Pada penelitian awal yang dilakukan oleh Lazaro dan Moh (1970) (dalam Muntohar, 2005), disimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi pada kapur tidak meningkatkan kekuatan geser tanah untuk tanah dari Thailand dan Philipina jika dibandingkan dengan kekuatan geser tanah yang hanya distabilisasi dengan kapur saja.

Lebih lanjut Lazaro dan Moh (1970) menyebutkan bahwa pada kadar kapur yang sama menyebabkan kapur yang diperlukan oleh tanah akan berkurang jika ditambahkan dengan abu sekam padi. Kondisi inilah yang kemudian menyebabkan rendahnya kekuatan geser tanah.

Rahman (1986, dalam Muntohar, 2005), menunjukkan bahwa pencampuran abu sekam padi ke dalam tanah hanya merubah sifat-sifat fisis tanah seperti indeks plastisitas. Namun, tidak terdapat peningkatan yang berarti dalam perilaku geoteknik tanah. Kemudian dalam penelitian lanjutannya, Rahman (1987, dalam Muntohar, 2005), menyebutkan bahwa campuran abu sekam padi dan semen pada tanah laterit memberikan peningkatan terhadap kuat dukung tanah dasar jalan raya. Campuran abu

untuk tanah dasar, serta 6% abu sekam padi, dan 3 % semen untuk lapis fondasi. Pada proporsi campuran ini, tanah yang distabilisasi menunjukkan perilaku yang tidak terlalu getas.

Ali dkk (1992, dalam Muntohar, 2005), melanjutkan penelitian yang dilakukan oleh Lazaro dan Moh (1970) dan Rahman (1987) yaitu mengkaji pemakaian kapur-abu sekam padi dan semen-abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi *residual soil* di Malaysia. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi pada kapur dan semen mampu meningkatkan kekuatan geser tanah secara berlipat. Kekuatan geser yang tinggi ini juga diikuti oleh perilaku tanah yang getas sebagai akibat terbentuknya bahan ikat (*cemented material*) *calcium silicate hydrate* (CSH) yang diamati melalui *scanning electron microscope*. Penelitian ini juga menyebutkan keuntungan lain penambahan abu sekam padi, yaitu dapat meningkatkan durabilitas tanah yang distabilisasi dengan kapur.

Untuk menentukan campuran kapur dan abu sekam padi, Muntohar (2004, dalam Muntohar, 2005), memberikan metode yang cukup baik yaitu dengan uji plastisitas. Dari penelitiannya diperoleh bahwa proporsi campuran kapur-abu sekam padi dengan perbandingan 1:2 (pada kadar kapur optimum 9%) mampu memberikan peningkatan kekuatan dan durabilitas yang sangat baik.

G. Perkuatan Tanah dengan Inklusi Serat Karung Plastik

Perkuatan tanah dengan menggunakan serat (*fiber*) didasarkan pada

tidak mampu menahan gaya tarik, sebaliknya terhadap kekuatan desak sangat baik sekali. Konsep dasar dari inklusi serat adalah dengan regangan relatif tinggi, yaitu material yang mempunyai regangan putus lebih tinggi dibandingkan dengan regangan runtuh tanah. Dengan demikian perkuatan bekerja dari regangan rendah sampai regangan runtuh tanah dan setelah regangan runtuh tanah dilampaui, perkuatan masih mampu memberikan tegangan tarik sehingga bisa mencegah keruntuhan yang mendadak (McGown dkk, 1978 dalam Pakaya 2005).

Penelitian yang dilakukan Maher, et al (1994), Nataraj, dkk (1997), Ziegler, dkk (1998), Cai, dkk (2006), Ikizler, dkk (2009) menunjukkan bahwa perkuatan tanah dengan penambahan serat dapat meningkatkan kekuatan tanah. Nataraj, dkk (1997) melakukan penelitian tentang kekuatan dan deformasi perkuatan tanah dan pasir dengan menggunakan *fibrillated fibers* dengan variasi penambahan serat sebesar 0,1% dan 0,3%. Sampel yang diuji dibuat dengan variasi diameter yaitu 33 mm, 70 mm, dan 100 mm dan panjang masing-masing adalah 72 mm, 140 mm dan 117 mm. Kekuatan tanah bertambah seiring dengan bertambahnya diameter benda uji dari 33 mm sampai 70 mm. Namun untuk diameter 100 mm kekuatannya lebih rendah dari benda uji dengan diametrer 70 mm. Secara signifikan serat menambah kuat tekan maksimum tanah pasir. Penambahan serat pada tanah pasir menambah sudut gesek dan nilai kohesi.

Hisyam (2000) meneliti pengaruh serat karung plastik terhadap parameter kuat geser tanah lempung. Pengujian awal yang dilakukan berupa uji batas-batas konsistensi, uji distribusi ukuran butir, uji berat jenis, uji pemadatan dan uji geser

langsung yang dilakukan pada tanah asli. Sedangkan pengujian pokok yang dilakukan adalah uji pemadatan, uji geser langsung yang dilakukan pada berbagai variasi kadar serat dan ukuran serat karung plastik. Ukuran serat karung plastik yang digunakan 0,5 cm, 1 cm, dan 2 cm. Persentase serat karung plastik yang digunakan adalah sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% terhadap berat kering tanah lempung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada serat karung plastik ukuran 0,5 cm, 1 cm dan 2 cm masing-masing terjadi peningkatan kuat geser sebesar 65,9541%, 44,2370% dan 61,0483% dari kuat geser tanah asli. Peningkatan kuat geser tanah terbesar terjadi pada ukuran serat 0,5 cm dengan kadar serat 2%.

Cavey dkk (1995, dalam Muntohar, 2005), telah melakukan serangkaian penelitian dengan menggunakan serat sampah plastik (*shredded plastic-fiber*) untuk dicampurkan dalam tanah yang distabilisasikan dengan semen. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa inklusi serat plastik kurang memberikan kekuatan yang memuaskan. Namun demikian, Cosoli dkk (2002, dalam Muntohar, 2005), menggunakan serat PET (*polyethylene terephthalate*) yang dibentuk dari limbah botol plastik untuk memperkuat tanah pasir yang distabilisasi dengan semen. Dalam penelitiannya ini, dikaji pengaruh proporsi serat (dalam persen), panjang serat dan proporsi semen yang dicampur dalam tanah terhadap kekuatan geser dan kekuatan tarik (*split-tensile strength*). Proporsi serat dibuat dalam variasi 0,1%-0,9% sedangkan panjang serat direncanakan 12 mm, 24 mm dan 36 mm yang dicampurkan dalam tanah pasir yang distabilisasi dengan 3%-7% semen. Hasil kajian

baik tanpa distabilisasi maupun distabilisasi dengan semen. Perilaku getas tanah pasir yang distabilisasi dengan semen menjadi berkurang dengan adanya inklusi serat PET.

Pakaya (2005) mengkaji tentang pengaruh panjang serat, kadar serat, dan variasi umur pemeraman terhadap tanah lempung yang distabilisasi dengan kapur-abu sekam padi dan insklusi serat karung plastik. Pengujian dilakukan dengan persentasi kapur dan abu sekam padi dengan perbandingan 1:1. Persentasi kapur yang digunakan didapat dari uji *initial consumption of lime (ICL)*. Untuk panjang variasi panjang serat digunakan panjang 10 mm, 20 mm, dan 40 mm, serta variasi kadar serat yang digunakan adalah 0,1 %, 0,2 %, dan 0,8 %. Pengujian dilakukan pada benda uji berumur 7 hari. Khusus untuk kadar serat 0,4 % dengan panjang serat 20 mm dilakukan pengujian pada umur 3, 7, 14, dan 21 hari. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa semakin panjang ukuran serat dan semakin banyak kadar serat yang ditambah maka nilai kuat tekan dan kuat tarik akan cenderung semakin tinggi. Kuat dukung dan kuat tarik cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur benda uji.

Muntohar (2003) melakukan suatu kajian tentang pengaruh inklusi serat karung plastik terhadap kuat geser tanah lempung. Serat-serat karung plastik dimasukkan ke dalam tanah secara acak *(randomly rubbish fiber/RRF)* dengan persentasi / kadar yang berbeda, yaitu 0,5 %, 1% dan 1,5%. Panjang serat dibuat berbeda pula yaitu 5, 10 dan 20 mm. Hasil pengujian geser langsung di laboratorium

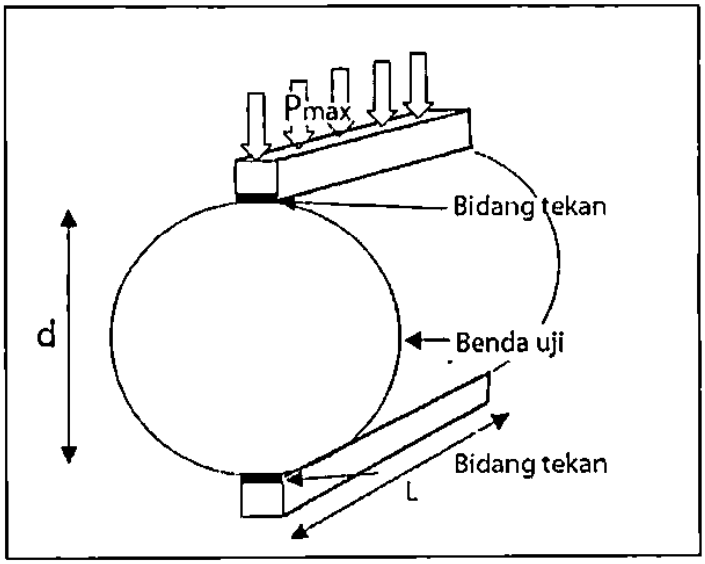
menunjukkan bahwa tegangan runtuh dan kuat geser tanah meningkat akibat inklusi serat plastik. Disimpulkan bahwa pencampuran serat dengan kadar 1% dan panjang 10 mm memberikan nilai kuat geser yang tinggi. Selajutnya, aplikasi pemanfaatan teknik perbaikan tanah ini adalah untuk stabilisasi lereng timbunan. Analisis stabilitas lereng pada struktur timbunan atau *embankment* jalan raya di Jl. Imogiri – Yogyakarta Sta. 5+175 – Sta. 5+759 menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan lereng *embankment* meningkat dengan adanya pencampuran serat pada *embankment.*

H. Uji kuat tarik belah (*split tensile test*)

Dalam pengujian kuat tarik belah (*split tensile test*) standar yang digunakan adalah standar ASTM C496 yang sering digunakan dalam pengujian beton. Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan panjang 300 mm.

Menurut Yoder dan Witczak (1975) pengujian tarik tak langsung (*split tensile test*) merupakan salah satu jenis dari pengujian kekuatan tarik yang digunakan untuk stabilitas material, yang diperoleh dari perbandingan tegangan lateral dan tegangan aksial yang disebabkan oleh beban paralel pada sumbu aksial. Pengujian split dilakukan dengan pembebanan terhadap spesimen berbentuk silinder dengan beban kompresi tunggal atau berulang yang beraksi secara paralel sepanjang diameter vertikalnya (ASTM C469) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. Konfigurasi pembebanan ini mengakibatkan tegangan tarik yang relatif seragam, tegak lurus

menyebabkan keruntuhan (*failure*) pada benda uji yang ditandai dengan terjadinya retakan.



Gambar 2.1 Skema pengujian kuat tarik belah ASTM C-496

Persamaan yang direkomendasikan ASTM C-496 untuk menghitung kuat tarik belah dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$T = \frac{2.P_{max}}{} \qquad (1)$$

Timoshenko (1951) menyatakan kekuatan tarik belah atau *tensile split strength* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2). Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 2.2.

$$\sigma_T = \frac{2.P_{max}}{\pi.L.d} \qquad \text{.....} (2)$$

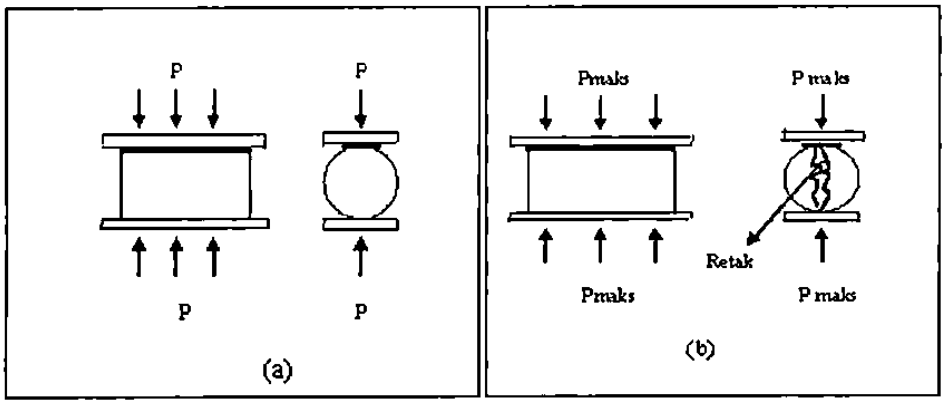
dengan :

σ_T = Kuat tarik (kPa)

P_{max} = Pembebanan maksimum (N)

L = Tinggi rata-rata dari benda uji (mm)

d = Diameter dari benda uji (mm)



Gambar 2.2 Skema pengujian kuat tarik, (a) pengujian split selama pembebanan, (b) pengujian split pada saat runtuh.

Berbagai penelitian tentang pengaruh ukuran benda uji terhadap kuat tarik belah menunjukkan bahwa besarnya kuat tarik belah tergantung pada diameter

Ross, Thompson, dan Tedesco (1989), menyimpulkan kuat tarik belah bertambah sesuai dengan berkurangnya ukuran diameter