BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan limbah pertanian seperti abu sekam padi merupakan salah satu yang efektif dalam perbaikan tanah lempung (Muntohar, 2002). Perbaikan tanah lempung menggunakan abu sekam padi yang juga dicampur kapur tidak hanya mampu menurunkan potensi pengembangan (Budi dkk., 2002) dan nilai indeks plastisitas (PI), tetapi juga mampu menaikkan nilai CBR, sudut gesek internal, kohesi (Muntohar dan Hantoro, 2000). Perbaikan tanah lempung menggunakan abu sekam padi yang dicampur bahan lain seperti limbah karbit pun mampu meningkatkan nilai kuat tekannya (Wijaya, 2013) .

Stabilisasi tanah secara kimiawi seperti halnya yang dicampur dengan kapur dan abu sekam padi cenderung memiliki perilaku getas (*brittle*) meskipun mampu menaikkan kekuatannya. Disisi lain, bahan konstruksi yang diharapkan yaitu yang memiliki kekuatan tinggi dan berperilaku *ductile* (Widianti dkk., 2007). Salah satu solusi permasalahan tersebut adanya inklusi serat plastik. Inklusi serat plastik ini mampu meningkatkan nilai kuat tarik belah pada ukuran tertentu pada masing-masing campuran. Peningkatan nilai kuat tarik belah ini terjadi pada tanah dengan campuran kapur dengan diameter benda uji 60mm (Za, 2011), pada tanah dengan campuran kapur dan abu sekam padi dengan diameter benda uji 50 mm (Hafel, 2011; Pamungkas, 2013), pada tanah pasir yang distabilisasi semen dengan kadar inklusi serat 0,2% (Jumandani, 2013). Selain meningkatkan kuat tarik belah, inklusi serat plastik ini mampu meningkatkan nilai CBR pada tanah lempung (Baskara dkk., 2015; Irmanzah, 2014) serta meningkatkan nilai kuat geser tanah yang dicampur abu sekam padi dan kapur (Widianti dkk., 2007) ataupun kapur karbit (Jihad, 2013).

Tanah yang sudah distabilisasi dengan campuran kapur-abu sekam padi dan diinklusi serta plastik diadakan uji durabilitas berupa siklus basah-kering. Pada penelitian yang dilakukan oleh Wibawa (2013), tanah yang dicampur dengan kapur karbit-abu sekam padi dan diinklusi serta plastik melalui proses perendaman dengan ketinggian air 7cm diatas benda uji. Penelitian yang serupa

dilakukan oleh Laheza (2017) dengan ketinggian air 5 cm dibawah benda uji dan juga dengan campuran yang berbeda yaitu, kapur tohor-abu sekam padi. Kedua hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh siklus basah – kering menyebabkan kekuatan menjadi menurun kemudian meningkat, ataupun sebaliknya.

2.2. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah lempung yang memiliki kembang susut yang tinggi (Wardani dan Muntohar, 2018). Dalam pekerjaan konstruksi, permasalahan tanah ini dapat mengakibatkan pengembangan vertikal dan retak pada permukaan jalan raya, tegangan lateral berlebih pada dinding penahan tanah, dan berkurangnya daya dukung serta kuat geser tanah.

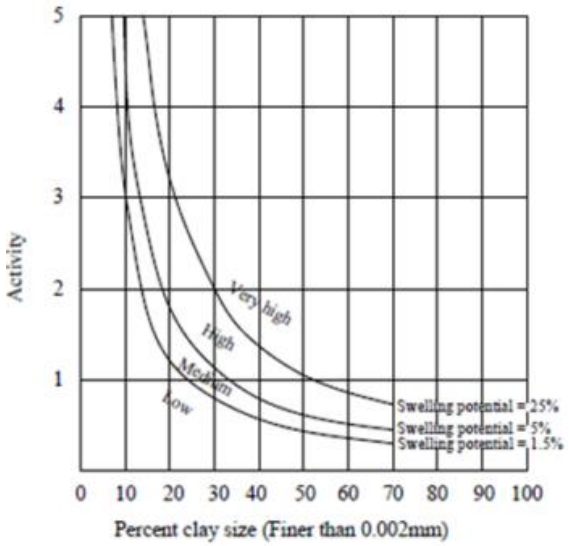
Pada umumnya, kandungan tanah lempung yang menjadi penyebab permasalahan yaitu mineral *montmorillonite* (Al-Taie dkk., 2016; Wardani dan Muntohar, 2018). Menurut Zumrawi (2015) *montmorillonite* terdiri dari lembaran oktahedral sentral, biasanya ditempati oleh aluminium atau magnesium, diapit di antara dua lembar silikon silikon tetrahedral. Ketika terjadi kontak antara air dan mineral ini, ikatan yang lemah ini cenderung berpisah (Belchior dkk., 2017). Menurut Triastuti (2017), dalam kondisi normal, air mudah menyusup ke dalam celah antara lapisan ini sehingga mineral menjadi mengembang, dan saat mengering, air di antara lapisan juga akan mengering sehingga mineral ini menjadi menyusut.

Penentuan tanah ekspansif yaitu berdasarkan nilai aktivitasnya. Nilai aktivitas (A) digunakan untuk memperkirakan jenis mineral lempung dan derajat plastisnya sebagaimana dituliskan pada persamaan 2.1.

$$A = \frac{PI}{C} \qquad 2.1$$

Dengan, A adalah aktivitas lempung, PI adalah indeks plastisitas, dan C adalah presentase ukuran lempung (<0,002 mm) yang dapat ditentukan dari kurva distribusi ukuran partikel tanah.

Tanah lempung dapat dikatakan sebagai lempung aktif apabila memiliki nilai aktivitas yang tinggi. Hubungan persamaan 2.1 oleh Zumrawi (2015) dapat dinyatakan dalam bentuk grafik seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hubungan nilai aktivitas dan persentase ukuran lempung (Zumrawi, 2015)

2.3. Stabilisasi Tanah dengan Kapur dan Abu Sekam Padi

Stabilisasi tanah kimiawi merupakan salah satu metode stablisasi tanah dengan cara mencampurkan bahan-bahan kimia dengan tanah supaya terjadi adanya reaksi. Bahan-bahan kimia yang digunakan dikenal sebagai istilah bahan-bahan pozolan. Bahan pozolan didefinisikan sebagai bahan yang mengandung silika atau silika beserta alumina, dan memiliki sifat-sifat bahan ikat semen. Salah satu contoh bahan pozolan untuk stabilisasi tanah yaitu kapur dan abu sekam padi.

Kapur adalah hasil pembakaran dari batu gamping dengan temperatur yang sangat tinggi. Berdasarkan kandungannya, kapur dibagi menjadi tiga macam antara lain kalsium karbonat ($CaCO_3$), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) yang terhidrasi atau kapur padam, dan kalsium oksida (CaO) yang dikenal sebagai kapur padam atau *quick lime*. Sebagai bahan stabilisasi, jenis kapur yang biasa digunakan yaitu kapur tohor dan kapur padam. Kapur padam dibentuk dari kapur tohor yang diberi air. Kedua kapur ini mampu menimbulkan reaksi pada tanah yang distabilisasi. Adapun reaksi pembentukan kapur tohor dituliskan pada persamaan 2.1 dan reaksi pembentukan kapur padam pada persamaan 2.2.

$$CaCO_3 + O_2 \longrightarrow \underset{\text{(kapur tohor)}}{CaO} + CO_2 \qquad 2.1$$

$$CaO + H_2O \longrightarrow \underset{\text{(kapur padam)}}{Ca(OH)_2} + \text{panas} \qquad 2.2$$

Penentuan jumlah kapur yang digunakan dapat ditentukan dengan cara pengujian *Initial Consumption of Lime* (*ICL*) ASTM D 6276 (ASTM, 1999). Pada pengujian ini tanah yang akan digunakan dicampur kapur dengan variasi jumlah kadar yang berbeda-beda. Kemudian campuran ini diberi air destilasi sebanyak 400 mL, diaduk, dan diukur pH-nya. Setelah itu dibuat grafik hubungan kadar kapur dan masing-masing diukur pH-nya pada kondisi konstan. Adapun nilai kadar kapur yang digunakan ditentukan berdasarkan dari nilai pH campuran tanah yang sudah konstan.

Stabilisasi menggunakan kapur pada tanah lempung ekspansif menunjukkan adanya peningkatan kekuatan yang disebabkan oleh adanya reaksi pozolan pada tanah (Dang dkk., 2016; Consoli dkk., 2016; Stoltz dkk., 2014), penurunan potensi pengembangan (Mrabent dkk., 2015; Muthukumar dan Sekar, 2018), dan peningkatan nilai CBR (Gurjar dkk., 2018). Akan tetapi, ketika tanah yang sudah distabilisasi dengan kapur diberi campuran tambahan berupa abu sekam padi, akan memiliki kuat tekan yang lebih tinggi (Bagheri dkk., 2014).

Abu sekam padi (*rice husk ash*) adalah sisa pembakaran abu sekam padi yang diperoleh dari tanaman padi. Abu sekam padi memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai bahan pozolan karena tidak hanya mengandung unsur silika yang cukup tinggi seperti menaikkan nilai kuat tekannya serta menurunkan potensi pengembangan (Bazyar dkk., 2017; Daud dkk., 2018), tetapi juga ekonomis dan mampu meminimalisir limbah yang ada pada lingkungan sekitar (Alhassan dan Alhaji, 2017). Apabila abu sekam padi dicampurkan dengan kapur maka akan terjadi reaksi pembentukan bahan semen berupa C – S – H seperti pada persamaan 2.3.

Stabilisasi tanah lempung menggunakan kapur dan abu sekam padi merupakan salah satu cara yang tepat untuk memperbaiki permasalahan tanah lempung itu sendiri. Hal ini dikarenakan tanah lempung membutuhkan bahan stabilisasi yang mengandung kandungan kalsium yang cukup tinggi. Penambahan kapur pada tanah lempung menimbulkan pertukaran kation. Adanya pertukaran kation ini menyebabkan adanya perubahan struktur partikel lempung yang semula datar menjadi acak atau yang disebut juga dengan flokulasi. Perubahan struktur partikel lempung ini membentuk ikatan antar ujung dan permukaan serta

menjadikan pembesaran ukuran partikel lempung. Pembesaran ukuran partikel yang dikenal dengan istilah aglomerasi ini diikuti dengan reaksi pozzolanik. Adapun reaksi pozolan yang terjadi pada tanah dituliskan pada persamaan 2.3 dan 2.4.

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 \longrightarrow C - S - H \qquad 2.3$$

$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 \longrightarrow C - A - H \qquad 2.4$$

Stabilisasi tanah lempung menggunakan kapur ataupun abu sekam padi telah diteliti sebelumnya. Muntohar (2005) mengkaji tentang sifat geoteknik dari tanah ekspansif yang distabilisasi dengan campuran kapur dan abu sekam padi. Tanah ekspansif ini dicampur dengan abu sekam padi dan kapur dengan proporsi yang berbeda-beda. Kadar kapur yang diberikan dimulai dari 3% hingga 9% sedangkan kadar kapur abu sekam padi yang digunakan dimulai dari 0% hingga 12%. Hasil menunjukkan bahwa abu sekam padi mampu meningkatkan sifat-sifat geoteknis dengan baik. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai optimum untuk mencapai sifat-sifat geoteknik terbaik yaitu ketika kadar kapur sebesar 6% dan kadar abu sekam padi sebesar 6% atau dengan kata lain ketika perbandingan antara abu sekam padi dan kapur sebesar 1:1.

Vitale dkk. (2017) meneliti tentang analisis multi skala dan evolusi waktu aktivitas pozolanik pada lempung yang dicampur kapur. Hasil menunjukkan bahwa perubahan struktur terjadi setelah adanya penambahan kapur yang menjadikan nilai kuat tekan dan tegangan sisanya mengalami kenaikan. Reaksi stabilisasi pada tanah lempung yang dicampur kapur berlangsung setelah pemeraman selama 7 hari (Tran dkk., 2014). Hal serupa terjadi pada tanah pasir yang dicampur dengan semen. Terjadinya reaksi pozolanik ditandai dengan bersatunya C – S – H yang menjadikan pori gel meningkat setelah 7 hari pemeraman (Ho dkk., 2018). Kuat tekan (q_u) benda uji yang diperam selama 7 hari ini dapat digunakan untuk memperkirakan kuat tekan dengan masa pemeraman 28 hari dan 90 hari (Kang dkk., 2017).

2.4. Perkuatan Tanah dengan Penambahan Serat Polipropilen

Perbaikan tanah lempung menggunakan kapur dan abu sekam padi merupakan salah satu cara yang baik untuk meningkatkan kekuatannya, terutama nilai kuat tekan. Namun demikian, nilai kuat tekan yang tinggi ini didapatkan

pada kondisi regangan yang kecil sehingga karakteristik ini perlu diadakan perkuatan bagi tanah yang telah distabilisasi ini (Muntohar, 2011). Salah satu cara untuk memperkuatnya yaitu dengan menambahkan serat polipropilen berupa serat karung plastik. Muntohar (2009) mengkaji tentang pengaruh serat karung plastik pada tanah lempung yang distabilisasi dengan kapur dan abu sekam padi. Hasil menunjukkan bahwa untuk mendapatkan nilai kuat tarik tanah ini, panjang serat plastik berkisar pada 40 hingga 80 mm. Perkuatan menggunakan serat plastik ini mampu menurunkan kerapuhan tanah dengan tambahan kekuatan pasca puncak yang lebih kecil.

Soltani dkk. (2018) meneliti tentang karakteristik tekanan pengembangan pada tanah ekspansif yang diperkuat dengan serat polipropilen. Hasil ini menujukkan bahwa perkuatan menggunakan serat polipropilen dapat menurunkan potensi pengembengan secara signifikan. Perkuatan menggunakan serat polipropilen juga meningkatkan nilai kuat tekan, CBR, dan STS seiring penambahan kadar serat pada campuran tanah lempung – abu kolam yang distabilisasi dengan semen (Gupta dan Kumar, 2016). Selain itu, perkuatan serat polipropilen dapat mengurangi potensi kerekatan yang mungkin terjadi pada tanah lempung (Tang dkk., 2012), lempung berlanau (Plé dan Lê, 2012), dan pada tanah yang sudah dimodifikasi dengan semen (Lenoir dkk., 2016), mengubah perilaku tanah pasir yang dicampur semen menjadi daktail (Consoli dkk. 2009), meningkatkan kuat geser, kuat tekan, dan nilai CBR pada tanah kohesif (Pradhan dkk., 2012), nilai CBR pada tanah lunak yang dicampur *fly ash* (Gümüşer dan Şenol, 2010), nilai kuat tekan serta modulus elastisitas pada tanah-semen (Zhang dkk., 2008; Chen dkk., 2015; Li dkk., 2015), dan kuat geser serta nilai *brittleness index* pada tanah pasir yang dicampur semen (Hamidi dan Hooresfand, 2013). Begitu pula pada lapis pondasi bawah perkerasan jalan, penambahan serat mampu meningkatkan nilai CBR baik sebelum adanya siklus pembekuan-pencairan (*freezing-thawing*) maupun setelahnya (Zhang dkk., 2016).

2.5. Uji Tekan Bebas

Uji tekan bebas atau *unconfined compressive test* merupakan bagian dari pengujian kuat geser tanah di laboratorium. Pengujian ini termasuk dari pengujian

triaksial pada kondisi UU (*unconsolidated-undrained*) yang mana hanya cocok untuk jenis tanah lempung jenuh air. (Muntohar, 2009)

Uji tekan bebas digunakan untuk mencari hubungan tegangan dan regangan. Pada grafik hubungan tegangan dan regangan seperti yang disajikan pada Gambar 2.2 , dapat ditentukan nilai kuat tekan bebas (q_u), nilai *brittleness index* (I_B), serta modulus elastisitas tanah (E). Adapun perhitungan uji tekan bebas sebagai berikut:

1. Menentukan regangan menggunakan persamaan 2.1.

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_o} \qquad 2.\ 4$$

dengan,

ε = Regangan (%)

ΔH = perubahan tinggi benda uji yang dibaca dari arloji ukur (cm)

H_o = Tinggi benda uji awal (cm)

2. Menentukan luas terkoreksi (A) berdasarkan jenis keruntuhan seperti dibawah ini :

a. Keruntuhan tipe getas, dihitung seperti persamaan 2.2.

$$A = Ao \qquad 2.\ 5$$

b. Keruntuhan tipe silinder, dihitung seperti persamaan 2.3.

$$A = \frac{A_o}{\left(1 - \varepsilon/100\right)} \qquad 2.\ 6$$

c. Keruntuhan tipe barel, dihitung seperti persamaan 2.4.

$$A = \frac{A_o}{\left(1 - 0{,}6\left(\varepsilon/100\right)\right)} \qquad 2.\ 7$$

dengan,

A_o = Luas benda uji mula-mula (cm^2)

3. Menentukan nilai tegangan aksial (σ) pada setiap pembebanan dengan persamaan 2.5.

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad 2.\ 8$$

dengan,

P = Beban aksial yang bekerja (kN)

Pada grafik hubungan regangan dan tegangan seperti yang disajikan pada Gambar 2.2 ini, nilai yang didapatkan selain nilai kuat tekan yaitu nilai *brittleness index* dan modulus elastisitas. Nilai *brittleness index* (I_b) digunakan untuk menentukan jenis perilaku keruntuhan tanah yang mana termasuk perilaku daktail (*ductile*) atau perilaku getas (*brittle*) serta sebagai parameter terhadap inklusi serat (Consoli dkk., 2009). Nilai *brittleness index* dihitung menggunakan persamaan 2.6. Sedangkan. modulus elastisitas merupakan parameter yang digunakan sebagai parameter ketahanan bahan terhadap perubahan bentuk ketika diberi pembebanan. Dalam penelitian ini, modulus elastisitas tanah dinyatakan dalam *secant modulus of elasticity* (E_{50}). *Secant modulus of elasticity* dihitung dari perbandingan antara 50% nilai kuat tekan maksimum (q_u) dengan regangan (ε) pada saat nilai kuat tekannya setengah dari jumlah maksimum seperti pada persamaan 2.7.

$$I_B = \left(\frac{\sigma_f}{\sigma_{ult}}\right) - 1 \qquad 2.9$$

$$E_{50} = \frac{50\%\, q_u}{\varepsilon} \qquad 2.10$$

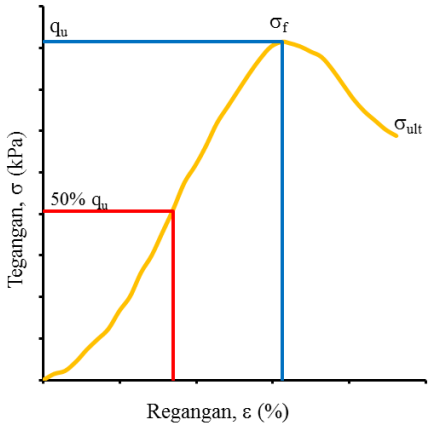
dengan,

σ_f = tegangan aksial puncak (kPa)

σ_{ult} = tegangan residu (kPa)

q_u = kuat tekan maksimum (kPa)

ε = regangan (%)



Gambar 2.2 Hubungan tegangan dan regangan

2.6. Uji Durabilitas Siklus Pembasahan-Pengeringan

Dalam stabilisasi tanah, durabilitas merupakan kemampuan tanah untuk mempertahankan kekuatannya dari pengaruh lingkungan tanpa adanya kegagalan (Al-Amoudi dkk., 2010). Pengujian durabilitas dapat dilakukan dengan cara pemberian siklus pembasahan-pengeringan (*wetting-drying*), siklus pembekuan-pencairan (*freezing-thawing*), ataupun dengan perendaman selama beberapa hari (Wardani dan Muntohar, 2018). Pada pengujian ini digunakan pengujian durabilitas dengan cara pemberian siklus pembasahan-pengeringan (*wetting-drying*).

Pengujian pembasahan-pengeringan ini merupakan pengujian yang berdasarkan perubahan cuaca, dimana waktu pembasahan adalah asumsi pada saat musim hujan sedangkan waktu pengeringan adalah asumsi pada saat musim kemarau (Neramitkornburi dkk., 2015). Pengujian ini dapat mengakibatkan adanya perubahan volume air (Chen dan Ng, 2013) dan meningkatkan potensi pengembangan pada tanah lempung ekspansif seiring bertambahnya siklus pembasahan-pengeringan hingga pada suatu nilai yang konstan (Estabragh dkk., 2014; Yazdandoust & Yasrobi, 2010) yang diakibatkan oleh adanya daya hisap osmosis dan difusi pada tanah (Estabragh dkk., 2013). Peningkatan jumlah siklus pembasahan-pengeringan juga dapat menurunkan kekuatan pada tanah seperti halnya nilai kuat geser pada tanah ekspansif(Pasculli dkk., 2017; Zeng dkk., 2012), profil kekuatan tanah pada pengujian menggunakan mikro-penetrometer (Wang dkk., 2016), dan juga menurunkan potensi pengembangan pada tanah lempung yang telah dimodifikasi dengan silikafum (Kalkan, 2011), nilai kuat tekan tanah lempung lunak yang telah distabilisasi dengan campuran daur ulang *bassanite* dan semen (Kamei dkk., 2013), tanah lanau yang distabilisasi dengan kapur, abu sekam padi, dan serat plastik (Muntohar dkk., 2013), tanah lempung, yang mengandung gips, yang distabilisasi dengan kapur (Aldaood dkk., 2014), tanah lempung yang distabilisasi dengan campuran abu terbang dan limbah kalsium karbit (Kampala dkk., 2014), serta membuat nilai CBR (*california bearing ratio*) cenderung menurun pada tanah lanau yang distabilisasi dengan campran kapur dan mikrosilika (Moayed, 2013). Adapun untuk tanah lempung yang belum distabilisasi, siklus pembasahan-pengeringan cenderung memberikan

efek peningkatan keretakan yang cukup tinggi hingga pada suatu siklus tertentu (Tang dkk., 2011). Pada tanah ekspansif yang dipadatkan, efek peningkatan keretakan ini akan mencapai nilai keseimbangan pada siklus keempat (Rosenbalm dan Zapata, 2016).

Pengujian durabilitas yang dilakukan dengan cara siklus pembekuan-pencairan (*freezing-thawing*) diterapkan pada beberapa tanah yang sudah distabilisasi. Hasil menunjukkan bahwa adanya siklus pembekuan-pencairan (*freezing-thawing*) menyebabkan perilaku benda uji cenderung kembali menjadi getas dan menurunkan nilai modulus elastisitasnya pada tanah lempung yang distabilisasi dengan semen dan diperkuat dengan serat polipropilen(Li dkk., 2014); menurunkan kekuatan pada tanah lempung berplastisitas rendah yang diperkuat dengan serat polipropilen (Roustaei dkk., 2015), pada tanah lempung yang dicampur dengan semen (Eskişar dkk.,2015), dan pada tanah lanau berplastisitas rendah yang dicampur dengan kapur dan serat rami (Güllü dan Khudir, 2014).