BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

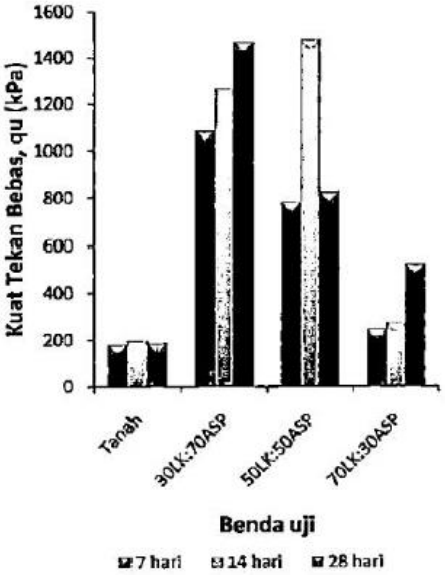
2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang stabilisasi tanah secara kimiawi seperti menggunakan kapur dan abu sekam padi telah banyak dilakukan. Beberapa hal yang mempengaruhi keberhasilan stabilisasi dikaji dalam penelitian-penelitian yang telah dilakukan. Secara umum, hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang baik dari stabilisasi ini.

Wijaya (2013) melakukan penelitian tentang perbaikan kuat tekan bebas tanah lempung dengan campuran kapur karbit dan abu sekam padi. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menentukan komposisi optimum campuran limbah kapur karbit dan abu sekam padi, dan untuk mempelajari pengaruh umur benda uji terhadap nilai kuat tekan bebas. Kadar karbit yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 8%. Perbandingan disain campuran antara kapur karbit dan abu sekam padi yang digunakan sebesar 30:70, 50:50, dan 70:30. Benda uji dicetak dengan ukuran diameter 50 mm dan tinggi 100 mm. Benda uji diperam selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil dari penelitian ini menyebutkan tanah stabilisasi karbit dan abu sekam padi memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar dibanding tanah tanpa stabilisasi serta nilai tekan bebas maksimum didapat pada perbandingan campuran 30:70 pada umur 28 hari, hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Dari penelitian ini terdapat kekurangan yang kemudian menjadi saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlunya dilakukan penelitian serupa dengan variasi umur yang lebih lama.

Jihad (2013) melakukan penelitian tentang perilaku kuat geser campuran kapur karbit dan abu sekam padi yang diperkuat dengan serat. Penelitian ini mengkaji tentang kekuatan campuran bahan-bahan stabilisasi (tanpa tanah). Benda uji dibuat dengan kapur karbit dan abu sekam padi dengan perbandingan campuran 30:70, 50:50 dan 70:30 dengan variasi serat 0%, 0.1%, 0.2%, dan 0.3%. Pengujian yang dilakukan adalah uji triaksial dengan kondisi *unconsolidated-undrained*. Dari hasil penelitian ini nilai sudut gesek internal tertinggi pada campuran kapur karbit dan abu sekam padi 30:70. Hasil pada nilai kohesi yaitu

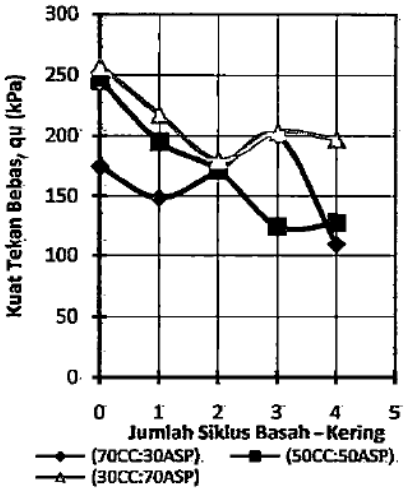
peningkatan terjadi pada campuran 50:50. Serat membantu meningkatkan nilai sudut gesek internal dan nilai kohesi pada penambahan kadar 0.1% - 0.3%. Namun, pada penelitian ini dijelaskan penambahan serat tidak akan terus meningkatkan nilai sudut gesek internal dan kohesi, karena semakin banyak volume serat yang mengisi benda uji akan semakin mengurangi kerapatan benda uji. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat kekurangan yang perlu dikaji pada penelitian selanjutnya, yaitu perlunya pengujian dengan variasi kadar air dan variasi umur, agar diperoleh data yang lebih komprehensif.



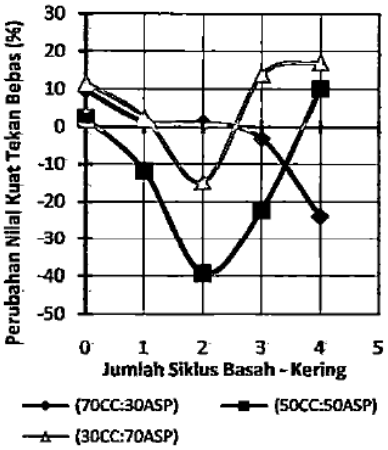
Gambar 2.1 Hasi pengujian kuat tekan bebas (Wijaya, 2013).

Wibawa (2013) melakukan penelitian tentang pengaruh siklus basah-kering terhadap kuat tekan bebas campuran kapur karbit dan abu sekam padi dengan dan tanpa serat. Pada penelitian ini, benda uji diberi siklus basah-kering untuk simulasi perubahan cuaca, dan diuji tekan bebas. Benda uji dibuat menjadi beberapa kelompok campuran yaitu campuran 30% kapur karbit dan 70% abu sekam padi, campuran 30% kapur karbit 70% abu sekam padi, dan 50% kapur karbit 50% abu sekam padi. Campuran yang kedua merupakan campuran seperti tiga kadar presentase sebelumnya dan ditambah dengan 0,1% serat karung plastik. Gambar 2.2 menyajikan hubungan jumlah siklus dengan nilai kuat tekan bebas campuran dengan tambahan serat, sedangkan hasil untuk campuran benda uji

tanpa serat disajikan pada Gambar 2.3. Hasil penelitian ini dijelaskan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan pada siklus kedua. Hal ini dapat dijelaskan bahwa selama proses pozolanik antara kapur karbit dan abu sekam padi diperlukan air untuk tercapai nya reaksi tersebut. Sehingga reaksi ini mampu mengurangi air yang akan mengisi volume rongga benda uji. Saat pengeringan menyebabkan benda uji kekurangan air yang akan menghambat proses pozolanik dan melemahkan daya ikat tanah, terbukti saat siklus ketiga kuat tekan mengalami penurunan. Dari penelitian ini setelah siklus keempat nilai kuat tekan tertinggi dicapai pada campuran 30:70.

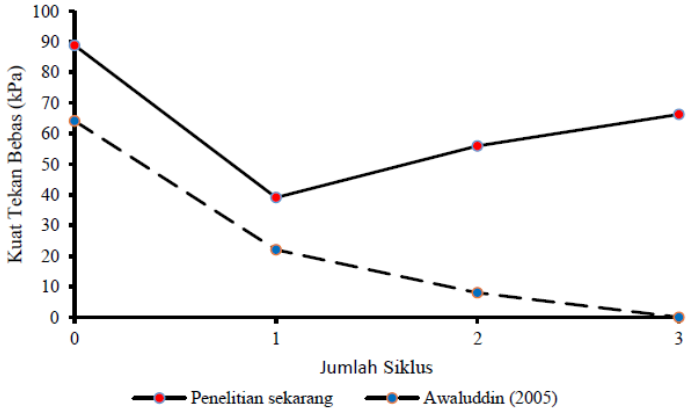


Gambar 2.2 Hasil dengan serat (Wibawa, 2013).



Gambar 2.3 Hasil tanpa serat (Wibawa, 2013).

Laheza (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh siklus basah-kering terhadap kuat tekan bebas tanah lempung yang diperbaiki dengan kapur, abu sekam padi dan serat karung plastik. Pengujian yang dilakukan adalah uji tekan bebas dan uji durabilitas dengan pemberian siklus basah-kering. Pada penelitian ini, kapur yang digunakan sebesar 12% dengan perbandingan kapur dan abu sekam padi sebesar 1:1. Dan serat plastik yang digunkan sebanyak 0.4% dengan panjang serat 40 mm. Benda uji dicetak dengan ukuran 50 mm dan tinggi 100 mm. Benda uji diuji setelah berumur 28 hari dan diberi empat siklus basah kering. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan bertambah bersaman dengan meningkatnya siklus, dan perubahan perilaku kuat tekan bebas akibat siklus di tunjukkan pada Gambar 2.4. Hal ini dikarenakan pemberian siklus menyediakan waktu yang cukup untuk tanah memproses reaksi pozolan, sehingga tekan bebas meningkat dengan lamanya waktu yang diberikan.



Gambar 2.4 Hubungan jumlah siklus dengan nilai kuat tekan bebas (Laheza, 2017).

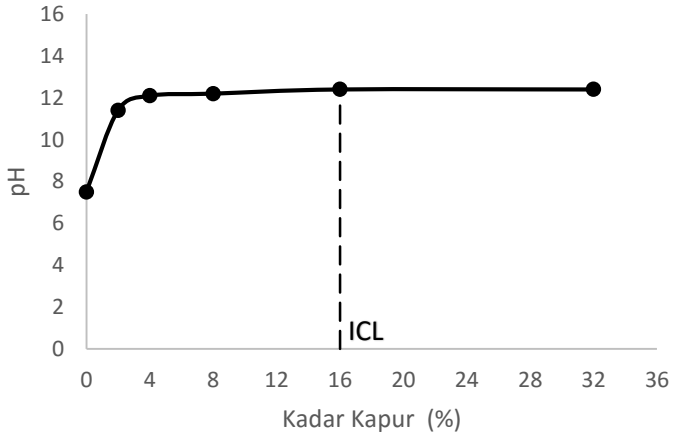
Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan telah dikaji beberapa pengaruh stabilitas tanah menggunakan kapur, abu sekam padi, dan serat plastik. Penelitian baru yang dilaksanakan oleh penulis secara umum sama seperti penelitian-penelitian yang telah dilakukan, yaitu sama sama mengkaji pengaruh stabilisasi tanah menggunakan kapur, abu sekam padi dan kapur. Biasanya, penelitian untuk stabilisasi tanah dilakukan pada pemadatan kondisi optimum sedangkan dalam penelitian ini akan dikaji stabilisasi tanah yang dilakukan pada pemadatan kondisi basah atau *wet side of optimum*.

2.2 Stabilisasi Tanah dengan Kapur dan Abu Sekam Padi

Kapur merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah, metode ini sering digunakan karena lebih efektif dan ekonomis (Guney dkk., 2005; Di Sante dkk., 2014) bahkan semua tipe mineral tanah lempung bereaksi dengan baik saat dicampur kapur (Bell, 1996). Ramesh dan Sivapullaiah (2010) menyebutkan beberapa faktor lain yang mempengaruhi stabilisasi kapur adalah sebagai berikut: (1) Faktor tanah seperti tipe tanah, ukuran butir tanah, mineral lempung, dan pH tanah; (2) Banyaknya jumlah kapur yang akan dicampurkan pada tanah; (3) Kondisi pemeraman seperti waktu, prosedur pengujian, dan suhu pemeraman. Kuat tekan tanah yang distabilisasi dengan kapur meningkat dengan cepat dengan meningkatnya kadar kapur, tetapi saat kapur yang ditambahkan melewati kadar optimum, kekuatan tanah akan mengalami penurunan (Bell, 1996). Ramesh dan Sivapullaiah (2010), dan Bell (1996) menyebutkan kadar campuran kapur harus optimum dan diharapkan memberikan hasil yang maksimal, penentuan kadar kapur yang digunakan dalam penelitian ini beracuan pada ASTM D 6276-99a. Pada ASTM D 6276-99a kadar kapur ditentukan berdasarkan uji *Initial Consumption of Lime* (ICL) dengan melihat pH antara campuran tanah dan kapur. Beberapa sampel campuran disiapkan dengan kadar kapur yang berbeda kemudian di ukur pH dari setiap sampel. Campuran tanah dan kapur yang memiliki nilai pH dibawah 12,4 pada *test* ini diasumsikan sebagai hasil yang akan digunakan. Pengujian pH dilakukan pada campuran tanah dan kadar kapur, dengan variasi kadar kapur sebesar 2%, 4%, 8%, 16%, dan 32%. Pelaksanaan uji pH ini dilaksanakan dalam waktu 1 jam untuk setiap campuran, campuran diaduk setiap 10 menit dalam 1 jam, dan pengukuran pH campuran dilaksanakan pada waktu 45 menit. Didapat kadar kapur yang sesuai dengan ketentuan uji pH sebesar 16% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Kadar kapur optimum yang akan digunakan dalam penelitian ditunjukkan dalam persamaan (2.1).

$$LRS = ICL + 2\% \tag{2.1}$$

Diestimasikan bahwa penambahan 18% kapur pada campuran benda uji sudah cukup baik untuk stabilisasi.



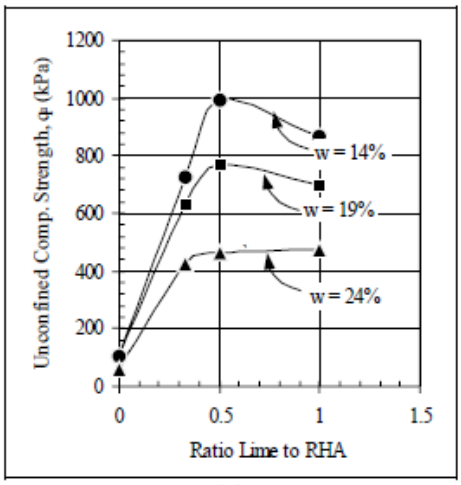
Gambar 2.5 Kurva ICL hasil pengujian pH.

Dalam kasus tanah stabilisasi kapur reaksi yang terjadi meningkatkan kekuatan dan kompresibilitas tanah lempung (Di Sante dkk., 2014) reaksi tersebut adalah reaksi pozolan antara silika dan alumunia dari mineral lempung dan ion kalsium yang ada (Bell, 1996; Ramesh dan Sivapullaiah, 2010; Di Sante dkk., 2014). Secara teori, perbaikan tanah lempung menggunakan bahan kimia seperti kapur melalui proses reaksi pertukaran kation, flokulasi dan aglomerasi, serta reaksi pozolan. Faktor yang paling utama dalam tahap awal stabilisasi tanah lempung adalah kemampuan dari bahan stabilisasi untuk menyediakan kalsium yang cukup. Ketika kapur dicampuran pada tanah lempung, proses yang akan langsung terjadi adalah pertukaran kation (Bell, 1996; Estabragh, 2012) antara ion metalik partikel tanah dengan ion kalsium dari kapur (Bell, 1996). Pertukaran kation terjadi dalam proses stabilisasi yang sangat cepat biasanya dalam beberapa jam. Pertukaran kation menyebabkan pengurangan plastisitas tanah. Setelah proses pertukaran ion diikuti dengan flokulasi dan aglomerasi, proses ini merubah tekstur lempung dari yang berukuran halus menjadi butiran kasar. Flokulasi merupakan proses dari perubahan struktur partikel lempung dari struktur yang paralel menjadi struktur yang orientasinya lebih acak (Muntohar, 2005). Flokulasi disebabkan karena tingginya kandungan elektrolit dari kapur. Aglomerasi merupakan pembesaran ukuran partikel dimana pada proses ini terjadi pembentukkan agregat yang lebih besar dari sebelumnya. Flokulasi dan aglomerasi menyebabkan peningkatan kuat geser melalui peningkatan sudut geser

internal tanah, dalam hal ini terjadi perbaikan dalam tekstur tanah. Proses ini juga relatif terjadi cepat, dan perubahan yang dihasilkan terjadi dalam beberapa jam setelah pencampuran. Reaksi pozolan adalah proses sekunder dari stabilisasi tanah, reaksi ini berjalan lambat selama beberapa bulan bahkan tahun dan menghasilkan peningkatan kekuatan tanah. Reaksi pozolan terjadi antara kapur dan silika serta tambahan alumunia dari mineral tanah (Estabragh, 2012).

Dalam metode pebaikan tanah menggunakan kapur, biasanya tambahkan bahan-bahan lain seperti abu sekam padi (*Rice Husk Ash*). Abu sekam padi kaya akan material yang mengandung silika, material yang memiliki mineral silika sangat cocok dijadikan sebagai campuran pozolan (Muhammmad dan Muntohar, 2013). Abu sekam padi merupakan material tambahan untuk dicampurkan dengan kapur atau semen yang memilikki reaksi kimia yang solid untuk proses stabilisasi (Muhammad dan Muntohar, 2007), penambahan abu sekam padi pada tanah stabilisasi kapur meningkatkan nilai kuat tekan bebas (Muntohar, 2005; Muntohar, 2011; Muntohar dkk., 2013).

Salah satu faktor yang mempengaruhi stabilisasi tanah secara kimia adalah kadar dari bahan stabilisasi. Muntohar (2005), melakukan penelitian tentang perbandingan campuran kadar campuran kapur dan abu sekam padi dengan variasi rasio perbandingan 1:1, 1:2, dan 1:3 dengan menghasilkan nilai kuat tekan bebas seperti yang disajikan pada Gambar 2.6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas pada rasio 1:2 merupakan proporsi yang optimum untuk kadar air 14% dan 19%. Namun, untuk kadar air yang lebih tinggi yaitu kadar air 24% proporsi rasio campuran kapur dan abu sekam padi yang optimum adalah 1:1. Untuk itu, kadar rasio campuran yang akan digunakan dalam penelitian ini sebesar 1:1 mengingat kadar air yang digunakan sangat tinggi (lebih dari 24%) dan pada penelitian yang telah dilakukan oleh Muntohar (2009), tentang pengaruh serat plastik bekas terhadap tanah stbilisasi kapur dan abu sekam padi menyebutkan penggunaan rasio porsi campuran kapur dan abu sekam padi sebesar 1:1 sesuai dengan ASTM D 4609-94.



Gambar 2.6 Kuat tekan bebas tanah dengan rasio kapur terhadap abu sekam padi (Muntohar, 2005).

Stabilisasi tanah menggunakan kapur dan abu sekam padi mampu menurunkan nilai batas cair dengan meningkatkakn batas plastis (Muntohar, 2005; Muhammad dan Muntohar, 2007) yang mempengaruhi indikasi penurunan indeks plastisitas, menurunnya indeks plastisitas menghasilkan peningkatan pada kuat geser, kohesi dan sudut internal tanah (Muhammad dan Muntohar, 2007). Selain itu, dari penelitian yang telah dilakukan oleh Bell (1996), Basha (2004), Guney (2005), Muntohar (2005), Ramesh dan Sivapullaiah (2005), Cai dkk. (2006), Muhammad dan Muntohar (2007), Muntohar (2009), Muntohar (2011) Estabragh (2012), dan Muntohar dkk. (2013) menyatakan bahwa stabilisasi tanah menggunakan kapur dan abu sekam padi mampu meningkatkan kekuatan dari tanah.

2.3 Stabilisasi Tanah dengan Penambahan Serat

Stabilisasi tanah menggunakan campuran kapur dan abu sekam padi memberikan hasil yang baik terhadap nilai kekuatan tanah. Namun, metode stabilisasi ini cenderung menjadikan tanah berperilaku getas karena proses pozolan yang terjadi. Untuk itu, perlu ditambahkan material yang mampu mengurangi sifat getas dari tanah. Serat karung plastik merupakah bahan yang biasanya ditambahkan pada campuran kapur dan abu sekam padi. Penambahan

serat secara acak berorientasi meningkatkan kekuatan pada tanah campuran kapur dan abu sekam padi serta dapat merubah sifat getas menjadi lebih daktail (Muntohar, 2011; Muntohar 2009). Serat secara efisien menurunkan potensi keretakan dan deformasi pada tanah saat diberi pembebanan. Penambahan serat dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *crack* (Muntohar, 2011). Menurut Muntohar dkk. (2013), Ketika lokal *crack* terlihat, fiber yang menyilang pada keretakan dapat mengikat partikel tanah sehingga mencegah keretakan lebih lanjut, dengan kata lain posisi serat dapat menambahkan gaya ikatan antar partikel tanah. Pengaruh dari serat pada potensi pengembangan sangat berbeda dengan potensi penyusutan. Ketika pengembangan terjadi, serat pada tanah melonggar dan kekuatan serat menahan pengembangan sehingga potensi pengembangan menurun ketika serat ditambahkan pada tanah (Cai dkk., 2006).

Cai dkk. (2006) telah melakukan penelitian tentang efek serat dan campuran kapur pada sifat propertis tanah lempung menggunakkan metode pengujian *scanning electron microscopy* (SEM). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan serat dan kapur memberikan peningkatan kekuatan yang signifikan yang juga dipengaruh oleh umur dari pengeraman benda uji. Karna semakin lama waktu pengeraman, kekuatan dari tanah juga meningkat.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Cai dkk. (2006), Muntohar (2009), dan Muntohar (2011) menyebutkan bahwa, nilai kuat tekan tanah meningkat denngan meningkatnya campuran serat. Ketika kadar serat meningkat, total kontak area antara fiber dengan partikel tanah meningkat dan gesekan dari keduanya pun meningkat, sehingga berkontribusi meningkatkan ketahanan saat diberikan gaya (Cai dkk., 2006; Muntohar, 2009). Namun, penambahan serat yang berlebihan menyebabkan penurunan efektifitas perbaikan pada kekuatan dan kekakuan.

Muntohar (2009), melakukan penelitian tentang pengaruh serat plastik bekas terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah stabilisasi kapur dan abu sekam padi. Variasi kadar serat plastik yang digunakan adalah 0.1%, 0.2%, 0.4%, dan 0.8% dengan perbandingan kapur dan abu sekam padi sebesar 1:1. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan bebas dan uji tarik. Nilai kuat tekan bebas dari tanah yang diperkuat dengan serat karung plastik dipengaruhi oleh jumlah

seratnya. Sedangkan nilai kuat tariknya dipengaruhi oleh panjang serat karung plastik. Dalam penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa, pada benda uji dengan campuran serat 0.1% mengalami sedikit peningkatan nilai kuat tekan, namun diindikasi penambahan 0.1% serat tidak cukup untuk menahan beban aksial. Pada penamban serat diatas 0.4% meningkatkan kuat tekan secara signifikan. Dan didapat nilai campuran optimum dari serat sebesar 0.4% sampai 0.6% dengan panjang 20 mm – 40 mm.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Muntohar (2011), tentang efek dari ukuran benda uji terhadap perilaku kuat tarik serat plastik pada tanah stabilisasi kapur dan abu sekam padi menunjukkan kadar serat plastik optimum sebesar 0.4%. Hasil ini juga sesusai dengan penelitian yang dilakukan oleh Cai dkk. (2006).

2.4 Durabilitas Akibat Siklus Basah-Kering

Durabilitas tanah merupakan suatu kemampuann tanah untuk bertahan terhadap pengaruh yang ada dalam waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan. Maka dilakukan uji durabilitas yang bertujuan untuk mengetahui besarnya ketahanan tanah terhadap pengaruh yang ada, seperti pengaruh cuaca yang disimulasikan dengan siklus pembasahan dan pengeringan, yang dimaksud satu siklus merupakan tanah yang mengalami satu kali perendaman dan satu kali pengeringan selama 24 jam setiap perlakuan. Secara umum pemberian siklus pembasahan dan pengeringan ini dapat menurunkan kuat tekan bebas. Tanah lempung merupakan jenis tanah yang memiliki sifat penyerapan air yang tinggi. Akibat kepekaannya terhadap air tinggi, maka tanah lempung memiliki durabilitas yang rendah. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Guney dkk. (2005), tentang efek siklus basah-kering terhadap potensi pengembangan pada tanah stabilisasi kapur. Penelitian ini menjelaskan bahwa siklus basah-kering dapat memecah partikel tanah sehingga menyebabkan potensi pengembangan naik, namun dengan meningkatnya jumlah siklus potensi pengembangan menurun.

Muntohar dkk. (2013), melakukan penelitian tentang karakteristik properti tanah lempung berlanau dengan kapur, abu sekam padi dan diperkuat menggunakan serat. Benda uji dibuat dengan umur 14 hari dan diberikan siklus

basah-kering. Hasil menunjukkan bahwa proses siklus secara signifikan menurunkan kuat tekan pada tanah stabilisasi. Hal ini dikarenakan selama siklus pembasahan material sementasi akan hanyut terbawa air dan akan melemahkan hasil sementasi, setelah itu selama proses pengeeringan tanah kehilangan air sehingga terjadi retak-retak pada tanah yang mampu menurunkan kuat tekan. Namun, pada penelitian ini juga dijelaskan pengaruh siklus berkemungkinan meningkatkan kuat tekan. Semakin meningkatnya siklus menyebabkan meningkatnya umur benda uji dan kekuatan benda uji meningkat bersamaan dengan meningkatnya umur.

2.5 Uji Tekan Bebas

Pengujian ini untuk menentukan kuat tekan bebas tanah, pengujian ini dapat dilakukan pada tanah asli maupun contoh tanah buatan. Uji kuat tekan bebas dimaksudkan untuk memperoleh kuat geser dari tanah. Kuat tekan bebas (qu) adalah nilai tegangan aksial maksimum per satuaan luas yang dapat ditahan oleh benda uji sebelum mengalami keruntuhan geser. Adapun perhitungan uji tekan bebas ditunjukkan dalam persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4).

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{Ho} \tag{2.2}$$

$$A' = \frac{Ao}{1-\varepsilon} \tag{2.3}$$

$$q = \frac{P}{A'} \tag{2.4}$$

dengan,

ε = regangan (%),

ΔH = perubahan tinggi benda uji (mm),

H_o = tinggi benda uji mula-mula (mm),

A_o = luas mula-mula (mm^2),

A’ = luas terkoreksi (mm^2),

q = tekanan (kPa).

Uji tekan bebas merupakan besarnya tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan benda uji tanah sampai pecah. Pengujian ini hanya cocok untuk jenis tanah lempung jenuh, dengan waktu pembebanan dilaksanakan dengan cepat, dan air tidak diizinkan mengalir keluar dari benda ujinya. Tegangan aksial yang diterapkan pada benda uji berangsur-angsur bertambah sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Secant modulus (E_{50}) adalah salah parameter untuk menentukan kekakuan dan elastisitas tanah. Nilai E_{50} ditentukan oleh hubungan tegangan aksial dan regangan dari pengujian kuat tekan bebas. Adapun perhitungan nilai E_{50} ditunjukkan dalam persamaan (2.5).

$$E_{50} = \frac{q_{50}}{\varepsilon_{50}} \tag{2.5}$$

dengan,

q_{50} : setengah dari nilai q_u,

ε_{50} : regangan yang berhubungan dengan q_{50}.

dengan q_{50} adalah setengah dari nilai kuat tekan maksimum dan ε_{50} adalah regangan yang berhubungan dengan q_{50} (Muntohar, 2009).