

## BAB II.

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

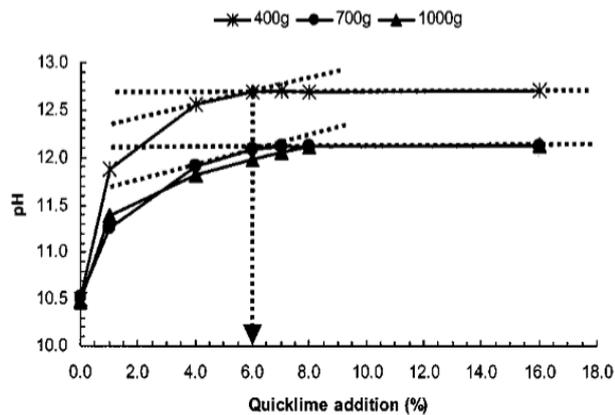
#### 2.1. Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur

Salah satu material untuk stabilisasi tanah adalah kapur. Kapur berasal dari pembakaran batu gamping dengan temperatur yang sangat tinggi. Kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang terhidrasi disebut dengan *slake lime* (kapur padam), dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) yang disebut *quick lime* (kapur tohor). merupakan kapur yang sering digunakan untuk bahan stabilisasi. Hidrasi dan flokulasi merupakan proses sementasi yang akan terjadi pada tanah dan kapur. Reaksi hidrasi terjadi jika tanah dan kapur bereaksi dengan air, karena reaksi hidrasi sangat membutuhkan air yang banyak. Reaksi flokulasi terjadi adanya penggantian unsur kalsium (Ca) akibat kapur beraksi dengan tanah sehingga mineral-mineral tanah akan saling mengikat. Kalsium (Ca) akan menggantikan unsur silika akibat proses pengikatan akibatnya membentuk suatu ikatan *calcium silicate hydrate* (CSH) atau *calcium aluminate hydrate* (CAH) (Eades & Grim, 1966; Hatmoko & Lulie, 2009; Yong & Ouhadi, 2007).

Menurut Eades dan Grim (1966), reaksi kapur dan tanah adalah sebuah reaksi kimia atau rangkaian reaksi kimia. Pada dasarnya reaksi tersebut berupa reaksi antara kalsium dengan unsur organik dan anorganik yang terdapat dalam tanah. Sehingga kadar kapur diperlukan untuk menentukan kalsium yang digunakan untuk stabilisasi tanah. Kadar kapur yang diperlukan oleh Eades dan Grim (1966) ditentukan berdasarkan kebutuhan kapur di awal reaksi. Kadar kapur minimum yang diperlukan untuk mengaktifkan reaksi antara kapur dan tanah ditentukan pada derajat keasaman (pH) minimum sebesar 12,4 (Gambar 2.1). Derajat keasaman (pH) bertambah dengan bertambahnya kapur dan reaksi pozzolanik meningkat dengan bertambahnya nilai pH.

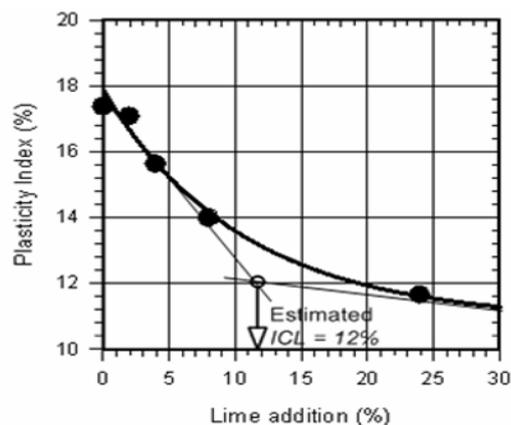
Rogers dan Glendinning (2000), menentukan nilai *Lime Requirement for Stabilization* (LRS) berdasarkan pengujian *Method for Determining Stabilization Ability of Lime* (MDSAL) yang mengacu pada ASTM C977-10 dalam *Standard Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization*. Metode MDSAL dilakukan dengan cara mengukur pH tanah yang dicampur dengan air

destilasi bebas udara dan kapur pada rentang presentase tertentu. Nilai *LRS* didefinisikan sebagai presentase kapur yang menghasilkan pH sebesar 12,4 atau dua presentase terendah yang menghasilkan pH 12,3 apabila nilai 12,4 tidak tercapai. Penentuan MDSAL oleh Rogers dan Glendinning (2000) dicontohkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penentuan kadar kapur (Rogers & Glendinning, 2000)

Metode lain untuk menentukan kadar kapur untuk stabilisasi tanah lempung diusulkan oleh Muntohar (2009). Pada metode ini, penentuan kadar kapur untuk stabilisasi tanah berdasarkan kurva hubungan nilai indeks plastisitas dengan kandungan kapur seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2. Metode ini juga diadopsioleh (Diana dkk., 2012).



Gambar 2.2 Penentuan kadar kapur untuk stabilisasi (Muntohar, 2009)

## 2.2. Stabilisasi Tanah Menggunakan Abu Sekam Padi

Pemanfaatan abu sekam padi untuk bahan stabilisasi didasarkan pada kandungan silikanya. Kandungan silika yang tinggi merupakan keuntungan sebagai bahan stabilisasi. Penelitian yang dilakukan oleh Sarkar dkk. (2012), penambahan abu sekam padi pada tanah kohesif akan terjadi pengurangan pengembangan pada tanah, tetapi kuat geser dan kuat tekan bebas akan meningkat. Penambahan abu sekam padi untuk campuran dari 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5% dan ditambahkan air pada kondisi kadar air optimum. Hasil yang terjadi penambahan abu sekam padi 10% didapatkan hasil yang baik. Penelitian tentang penambahan abu sekam dengan bahan tambahan lain seperti kapur, kapur karbit, atau semen telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Muntohar (2005a), stabilisasi tanah menggunakan kapur dan ditambahkan abu sekam padi dikaji untuk mengetahui sifat-sifat geotekniknya. Jumlah kapur yang digunakan dari 3% hingga 9% dan jumlah abu sekam yang digunakan dari 0% hingga 12%. Hasil penelitian menunjukkan nilai optimum yang didapat ketika kapur dan abu sekam padi 1:1 dengan prentase 6%. Hal ini menunjukkan abu sekam padi berpengaruh sebagai bahan tambahan stabilisasi tanah sehingga sifat-sifat geoteknik meningkat. Pemanfaatan abu sekam padi juga diteliti oleh Diana dkk. (2012), penambahan abu sekam padi dengan limbah karbit dikaji pada tanah lempung untuk mengetahui karakteristik nilai kuat tekan bebas dari kedua campuran bahan tersebut. Penelitian ini menggunakan perbandingan limbah karbit dan abu sekam padi dari 30:70%, 50:50%, dan 70:30%. Benda uji dibuat pada kondisi kadar air optimum dan berat kering maksimum dan diperam dengan waktu 7, 14, dan 28. Hasil dari penelitian ini didapatkan proporsi limbah karbit dan abu sekam 50:50 menghasilkan kuat tekan yang lebih besar hingga 2-3 kali dari tanah yang tidak distabilisasi menggunakan limbah karbit dan abu sekma padi. Rahman (1987), meneliti penambahan abu sekam padi dengan semen pada tanah laterit. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah sifat-sifat fisis tanah berubah dengan campuran antar kedua bahan tersebut. Penelitian juga menunjukkan campuran abu sekam padi dengan semen pada campuran 6%:6% dapat digunakan untuk tanah dasar dan 6% : 3% untuk lapis fondasi bawah.

### 2.3. Pengaruh Kadar Air Terhadap Stabilisasi Tanah

Kuat geser tanah yang distabilisasi tidak hanya dipengaruhi oleh proporsi bahan stabilisasi dan waktu *curing*, tetapi kadar air juga dibutuhkan untuk mempertahankan reaksi (Muntohar, 2005b; Rahmannedjad & Toufigh, 2018; Yin dkk., 2018). Muntohar (2005b) mengkaji pengaruh kadar air pemadatan terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah yang distabilisasi menggunakan kapur-abu sekam padi. Kadar air yang digunakan adalah pada kondisi optimum (OMC), optimum-kering (ODM), dan optimum-basah (OWM). Hasil menunjukkan pada tanah yang tidak distabilisasi nilai kuat tekan bebas pada kondisi ODM dan OWM lebih kecil daripada nilai kuat tekan bebas pada kondisi OMC. Karakteristik ini sesuai dengan karakteristik pemadatan dimana berat volume (kepadatan kering) dari tanah yang dipadatkan menurun ketika tanah itu dipadatkan di sisi kadar air optimum-kering (ODM) dan kadar air optimum-basah (OWM). Hasil yang berbeda ditunjukkan pada tanah yang distabilisasi menggunakan kapur dan abu sekam padi, dimana kuat tekan bebas mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar air. Kondisi serupa juga disimpulkan oleh Rahmannedjad dan Toufigh (2018) dimana penambahan kadar air memberikan dampak negative terhadap kuat tekan bebas tanah. Pada kondisi air berlebih akan memperlemah ikatan antar partikel tanah.

Liu dkk. (2016) menjelaskan nilai kadar air yang digunakan dalam pemadatan tanah akan mempengaruhi modulus deformasi dinamik tanah ( $E_d$ ) dan regangan plastis permanen. Nilai  $E_d$  berkurang dengan bertambahnya kadar air tanah. Pengurangan nilai  $E_d$  ini menyebabkan bertambahnya regangan plastis permanen yang berimplikasi pada penurunan permukaan tanah yang besar. Yin dkk. (2018) menjelaskan bahwa aglomerasi partikel tanah dan jumlah pori-pori yang terbentuk dalam matrik tanah-kalsium lebih sedikit pada kondisi kadar air yang tinggi. Lebih lanjut oleh Miura dkk. (2001) diungkapkan bahwa Peningkatan kadar air pemadatan menghasilkan pembentukan matriks partikel halus yang mengelilingi partikel-agregat yang lebih besar. Jumlah pori-pori besar dan jembatan semen secara bersamaan berkurang, dengan semen yang berada di permukaan, atau di dalam matriks halus. Pada kadar air pemadatan tertinggi, jembatan semen dan pori-pori antar agregat telah hilang seluruhnya. Pembentukan matriks partikel halus ini bertanggung jawab baik untuk pengurangan kuat tekan bebas, karena mengurangi

efektivitas ikatan semen, dan peningkatan kandungan semen terhidrasi, karena area permukaan yang lebih terbuka, dengan peningkatan kadar air pematatan.

#### **2.4. Durabilitas Siklus basah-kering**

Dilakukan uji durabilitas bertujuan untuk mengetahui besarnya ketahanan tanah terhadap pengaruh seperti cuaca yang diasumsikan dengan siklus basah-kering. Satu siklus basah-kering yaitu tanah yang distabilisasi mengalami satu kali perendaman dan satu kali pengeringan. Durabilitas dapat diukur dari perubahan kuat tekan bebas, kekakuan, dimensi benda uji atau perubahan pengembangan akibat siklus pembasahan-pengeringan (Guney dkk., 2007; Tang dkk., 2007). Penelitian yang dilakukan Guney dkk. (2007), tentang efek siklus pembasahan-pengeringan terhadap potensi pengembangan pada tanah yang distabilisasi dengan kapur. Penelitian ini menjelaskan bahwa siklus pembasahan-pengeringan dapat memecah partikel tanah sehingga menyebabkan potensi pengembangan naik, namun dengan meningkatnya jumlah siklus potensi pengembangan menurun. Hasil penelitian oleh Tang dkk. (2007), menyebutkan bahwa pada pembasahan pertama nilai kekakuan tanah berkurang. Selanjutnya siklus pembasahan-pengeringan mampu meningkatkan kekakuan tanah yang distabilisasi dengan kapur. Proses pengeringan hingga menyebabkan berkurang kadar air yang lebih kecil dari kadar air awal, akan menyebabkan terjadinya retakan pada tanah dan akan mengurangi kekakuan tanah.

Menurut Muntohar dkk. (2013), pengembangan menyebabkan penurunan ikatan antar partikel pada tanah yang distabilisasi, dan menyebabkan nilai kuat tekan bebas berkurang karena adanya siklus basah-kering. Selain itu, selama adanya siklus basah-kering, tanah mendapatkan waktu pengeraman yang panjang sehingga kekuatan tanah meningkat. Kekuatan tanah dapat ditingkatkan dengan penambahan jumlah waktu pembasahan, karena pembasahan dapat menyediakan air yang cukup untuk hidrasi dalam mekanisme stabilisasi tanah.

#### **2.5. Tanah Lempung Ekspansif**

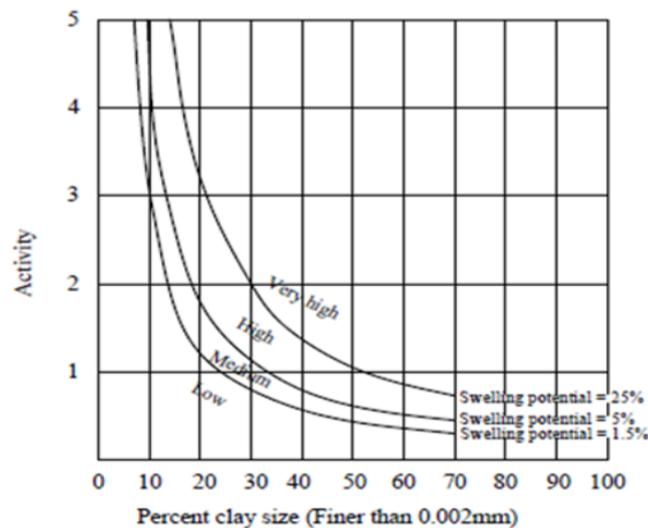
Tanah lempung ekspansif merupakan tanah lempung yang memiliki ciri kembang susut yang tinggi. Kandungan *monmorillonite* merupakan penyebab tanah lempung ini mengalami kembang-susut karena susunan tanah lempung yang mengandung silika tetrahedral mengapit satu lempung alumina oktahedral

ditengahnya (Zumrawi, 2015). Air mudah masuk kedalam lapisan sehingga mineral mengembang dan menyusut.

Karakteristik tanah lempung dapat ditentukan berdasarkan nilai aktivitas tanah, dituliskan pada persamaan 2.1.

$$A = \frac{PI}{C} \quad (2.1)$$

Dengan, A adalah aktifitas lempung, PI adalah indeks plastisitas, dan C adalah presentase ukuran lempung ( $< 0,002 \text{ mm}$ ) yang dapat ditentukan dari kurva distribusi ukuran partikel. Menurut Zumrawi (2015), tanah lempung aktif memiliki aktivitas yang tinggi dan sifat pengembangan tinggi juga. Gambar 2.3 menunjukkan hubungan nilai aktivitas dan presentase ukuran lempung.



Gambar 2.3 Grafik hubungan nilai aktivitas dan presntase ukuran lempung (Zumrawi, 2015)

## 2.6. Uji Tekan Bebas

Pengujian tekan bebas digunakan untuk memperoleh hubungan tegangan dan regangan (Gambar 2.4). Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) ditentukan dari tegangan aksial maksimum yang dicapai selama penerapan gaya aksial pada benda uji. Dari grafik hubungan tegangan dan regangan dapat menentukan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ), *secant modulus of elasticity* ( $E_{50}$ ). Kuat tekan bebas ditunjukkan pada persamaan 2.2.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.2)$$

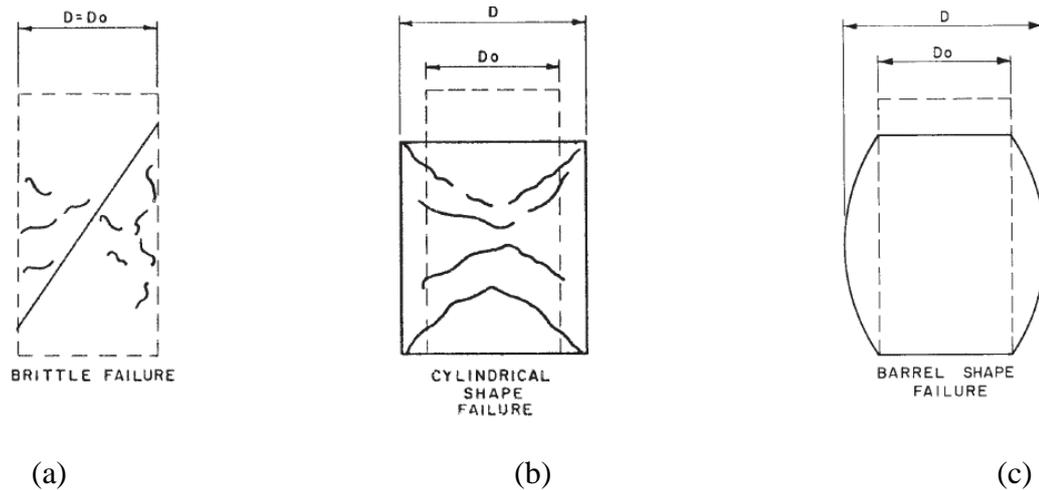
dengan,

$\sigma$  = tegangan (kPa),

P = beban aksial (kN),

A = koreksi area keruntuhan ( $m^2$ ),

Berdasarkan ASTM D5102-09 tipe koreksi luas keruntuhan seperti Gambar 2.4 dan dijelaskan pada persamaan (2.3), (2.4) dan (2.5).



Gambar 2.4 Penentuan koreksi luas penampang (a) keruntuhan getas, (b) keruntuhan silindris, (c) keruntuhan barel

Penentuan koreksi luas penampang sebagai berikut :

- Apabila setelah pengujian diameter spesimen tidak berubah atau mengalami keruntuhan tipe getas, maka digunakan luas area awal dari spesimen, menggunakan persamaan (2.3)

$$A = A_0 \quad (2.3)$$

- Jika deformasi radial terjadi selama pengujian, tetapi keruntuhan pada spesimen masih berbentuk silinder, maka luas permukaan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$A = \frac{A_0}{(1 - \varepsilon/100)} \quad (2.4)$$

- Jika deformasi radial bertambah selama pengujian dan spesimen diasumsikan berbentuk barel, luas penampang yang menerima beban aksial dapat dihitung dengan persamaan 2.5

$$A = \frac{A_0}{(1 - 0,6(\varepsilon/100))} \quad (2.5)$$

dengan,

$\varepsilon$  = regangan (%),

$H_0$  = tinggi awal benda uji (cm),

$A_0$  = luas awal benda uji (cm<sup>2</sup>),

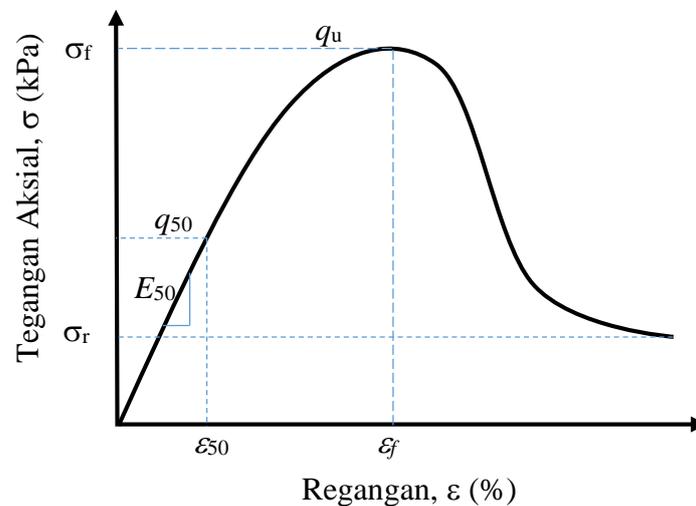
Nilai yang didapatkan dari grafik hubungan tegangan dan regangan selain nilai kuat tekan yaitu nilai modulus elastisitas. Nilai modulus merupakan salah satu parameter untuk menentukan ketahanan elastisitas tanah. Muntohar dkk. (2013) modulus elastisitas dinyatakan dalam *secant modulus of elasticity* ( $E_{50}$ ), dihitung dari perbandingan antara ( $q_{50}$ ) dengan regangan ( $\varepsilon_{50}$ ). Perhitungan  $E_{50}$  dinyatakan pada persamaan 2.7.

$$E_{50} = \frac{q_{50}}{\varepsilon_{50}} \quad (2.7)$$

dengan,

$q_{50}$  = setengah dari nilai kuat tekan maksimum (kPa),

$\varepsilon_{50}$  = regangan yang berhubungan dengan  $q_{50}$  (%),



Gambar 2.5 Grafik hubungan tegangan dan regangan