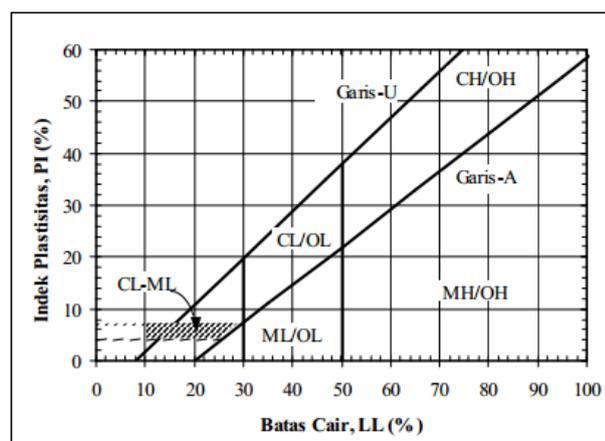


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Karakteristik Tanah Lempung

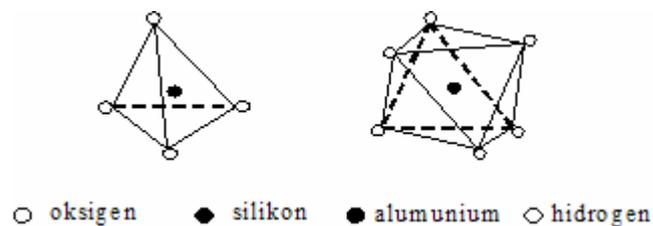
Tanah selalu mempunyai peranan yang sangat penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Kebanyakan problem tanah dalam keteknikan adalah tanah lempung ekspansif yang merupakan tanah kohesif (Hardiyati, 2003). Tanah lempung adalah partikel tanah yang tersusun dari mineral berbentuk serpih berukuran mikroskopis dan semimikroskopis (Nugroho, 2014). Tanah lempung ekspansif ini memiliki sifat kembang susut yang ekstrim, kembang susut tersebut bergantung pada perubahan kadar airnya. Semakin bertambah kadar airnya maka volumenya akan bertambah (mengembang), begitu juga dengan sebaliknya. Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampuan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gaya geser yang kecil. Klasifikasi tanah menurut *Unified Soil Classification System* (USCS), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi Tanah menurut USCS

Tanah lempung dikelompokkan kedalam tanah butir halus, yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total lolos saringan no. 200. Menurut Bowles (1991) tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm, partikelnya merupakan sumber utama dari kohesif.

Akan tetapi jika dari segi mineralnya yang disebut tanah lempung adalah tanah yang mempunyai sifat-sifat plastis pada tanah tersebut apabila bercampur dengan air (Grim, 1953). Menurut Craig, (1986) sifat plastis adalah kemampuan tanah untuk berdeformasi pada volume tetap tanpa terjadi retakan. Jadi apabila dari segi mineral tanah, meski memiliki ukuran butir yang kecil belum tentu termasuk kedalam tanah lempung. Mineral utama dari tanah lempung adalah *Silika Tetrahedron* dan *Alumina Oktahedron* (Holtz dan Kovacs, 1981). Oktahedron adalah struktur dengan satu atom aluminium dilingkupi oleh enam hidroksil yang membentuk bangunan oktahedron (Das, 1994).



Gambar 2.2 Mineral-mineral lempung (Das, 1994)

B. Stabilisasi Tanah dengan Teknik kolom

Salah satu perkuatan tanah lempung atau stabilisasi adalah dengan cara teknik kolom, dengan menambahkan kolom ke dalam tanah lempung ekspansif, yang bertujuan agar dapat menambah daya dukung tanah. Sehingga tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar dalam suatu konstruksi. Kolom tersebut bisa terbuat dari campuran kapur-semen, kapur-karbit atau kapur-abu sekam padi, teknik dengan pencampuran ini sudah banyak dilakukan. Biasanya dengan cara menyemprotkan (*injection*) kapur kering ke dalam tanah sehingga terbentuk

kolom-kolom tegak (Rogers dan Glendinning, 1997). Penambahan kolom tunggal kapur-karbit ini dapat meningkatkan kekuatan tanah ekspansif di sekitarnya, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penyebaran kekuatan tanah ekspansif akibat penambahan kapur karbit memiliki pola yang unik (Sulistio, 2002).

Kajian tentang penggunaan kolom-kapur atau kolom kapur/semen untuk memperkuat tanah ekspansif telah diteliti oleh Swamy (2002), Tonoz dkk. (2003), Rao dan Thyagaraj (2003), Hewayde dkk (2005) menjelaskan bahwa teknik kolom ini dapat juga dianggap seperti fondasi tiang mini (*mini pile*) yang berfungsi untuk mengendalikan gaya angkat dan deformasi. Muntohar (2014) melakukan simulasi numerik terhadap penggunaan teknik kolom untuk sistem fondasi perkerasan lentur pada tanah ekspansif. Hasil kajiannya menyebutkan bahwa penggunaan teknik kolom dengan pembesaran di bagian kepala kolom dapat mengurangi deformasi vertikal akibat pengembangan, juga mampu mengurangi “arching effect” pada sistem tanah yang didukung oleh kolom-kolom atau tiang-tiang.

Muntohar dan Rahmadika (2015) melakukan simulasi numerik untuk mengetahui pengaruh dimensi pembesaran kepala kolom terhadap deformasi sistem fondasi perkerasan lentur jalan. Diameter kolom (D_c) yang digunakan adalah 0,15 m dengan panjang 1 m. Diameter kepala kolom (D_{ch}) divariasikan $2D_c$, $3D_c$, dan $4D_c$. Jarak antar kolom ke kolom atau spasi (s) diatur $4D_c$, $5D_c$, $6D_c$ dan $8D_c$. Penampang badan jalan yang dimodelkan berukuran 15 m panjang dan kedalaman 10 m, dengan struktur perkerasan jalan setebal 0,2 m untuk lapis fondasi dan 0,2 m *subbase* serta lapis aspal setebal 0,1 m. Lapisan tanah lempung setebal 4,5 m berada di atas lapisan pasir jenuh air setebal 5 m. Hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum deformasi vertikal tanah akibat tekanan pengembangan berkurang dengan bertambahnya dimensi kepala kolom dan berkurangnya spasi kolom. Perbesaran kepala kolom hingga mencapai 3 kali diameter kolom menghasilkan pengurangan deformasi hingga mencapai 10% jika dibandingkan deformasi tanpa perkuatan kolom. Dengan demikian, semakin besar ukuran kepala kolom cenderung menghasilkan deformasi yang semakin kecil.

Muntohar (2009) melakukan uji laboratorium untuk mengetahui kuat tekan dan karakteristik beban-penurunan tanah lunak menggunakan teknik kolom kapur. Kolom kapur dirancang sebagai kolom tunggal dengan diameter 50 mm dan kedalam 200 mm yang dimasukkan dalam kotak uji dengan ukuran 1,2 m x 1,2 m dan tinggi 1 m. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemasangan kolom kapur meningkatkan kuat dukung tanah di sekitarnya baik arah radial maupun vertikal hingga mencapai jarak 3D dari pusat-pusat kolom kapur. Kadar kapur yang digunakan berbanding lurus dengan perkuatan tanah, semakin banyak kadar kapur yang digunakan maka kekuatan tanah cenderung meningkat. Stabilisasi tanah lunak menggunakan teknik kolom kapur ini dapat meningkatkan daya dukung tanah dari 0,23 kN menjadi 5,2 kN.

Muntohar dan Agrina (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kadar air dan umur pada perilaku tanah lempung yang diperkuat dengan kolom SiCC menggunakan pengujian tekan bebas. Pada penelitian ini digunakan 3 jenis benda uji, yaitu benda uji tanah yang dipadatkan, benda uji tanah yang diperkuat kolom SiCC, serta benda uji kolom SiCC. Kolom SiCC dibuat dari mortar SiCC yang merupakan campuran pasir, abu sekam padi, kapur karbit dan air. Kapur karbit dan abu sekam padi berfungsi sebagai bahan ikat. Perbandingan air terhadap bahan ikat (*water binder ratio, wbr*) sebesar 0,6. Perbandingan antara berat pasir, abu sekam padi dan kapur karbit adalah 2 : 1 : 1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan bebas menurun dengan meningkatnya kadar air tanah untuk benda uji tanah yang diperkuat dengan kolom SiCC. Kuat tekan terbesar didapatkan pada benda uji tanah yang diperkuat kolom SiCC dengan kadar air 30,5% pada umur 28 hari yaitu sebesar 282 kPa. Untuk pengujian benda uji kolom SiCC, didapatkan kontribusi terbesar adalah pada keadaan tanah dengan kadar air basah optimum yaitu sebesar 47%. Kekuatan tekan bebas meningkat seiring dengan bertambahnya umur benda uji semua kadar air pada tanah. Kekakuan tanah meningkat seiring dengan bertambahnya umur karena dibuktikan dari nilai E_{50} yang semakin tinggi.

C. Kapur Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi

1. Kapur Limbah Karbit

Limbah karbit adalah pembuangan sisa-sisa dari proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas karbit (gas aseteline = C_2H_2) sebagai bahan bakar (Agrina, 2016). Gas ini digunakan di seluruh dunia untuk penerangan, pengelasan, pemotongan besi. Kalsium Oksida (CaO) merupakan senyawa yang mendominasi dalam komposisi kimia limbah karbit, senyawa CaO ini yang dapat bereaksi dengan tanah lempung secara kimiawi karena dapat menghasilkan ion kalsium yang tinggi untuk mengikat dan mengurangi tarian terhadap air yang ada di dalam tanah lempung.

Tabel 2.1 Kandungan limbah karbit (Makarati, 2010)

Komposisi kimia	Kandungan %
SiO ₂	4.3
Fe ₂ O ₃	0.9
Al ₂ O ₃	0.4
CaO	56.5
MgO	1.7
SO ₃	0.06
LOI	36.1

2. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah salah satu bahan untuk stabilisator tanah, bahan ini adalah produk sampingan dari pertanian, abu sekam merupakan material yang banyak mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur aluminium dioksides yang keduanya merupakan unsur-unsur yang mudah bereaksi dengan kapur. Pozzolan ini mempunyai sifat mengikat seperti semen, karena bahan utama dari pozzolan adalah bahan yang mengandung secara sendiri, tidak atau sedikit silika atau alumino silika. Karena bentuknya yang halus dan

bercampur dengan air, maka senyawa ini akan bereaksi secara kimiawi dengan unsur-unsur yang ada di dalam tanah dengan temperatur ruang tertentu, sehingga membantu terbentuknya sifat seperti semen (SNI 06-6867-2002).

Pada pembakaran sekam menjadi abu sekam padi akan terjadi kehilangan banyak zat-zat organik, dan menghasilkan banyak sisa silika. Silika termasuk unsur yang paling dominan dan menguntungkan dari abu sekam padi. Silika yang terkandung dalam abu sekam padi mencapai 93% (Swamy, 1986). Pengaruh panas terhadap silika dalam sekam dapat menghasilkan perubahan struktural terhadap aktifitas pozzolan dan kehalusan butirnya. Menurut Swamy (1986) temperatur pembakaran untuk kulit gabah adalah sekitar 350°C dan kehilangan berat terjadi pada suhu 500°C. Pada temperatur yang lebih tinggi pembakaran padi menghasilkan abu sekam padi yang lebih cerah. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.2. berikut.

Tabel 2.2 Kandungan kimia abu sekam padi (Joel dalam Agrina, 2015)

Senyawa Kimia	Presentase (%)
SiO ₂	1,54
Al ₂ O ₃	0,50
Fe ₂ O ₃	0,03
TiO	0,32
MnO	0,05
MgO	1,26
CaO	67,08
Na ₂ O	0,02
K ₂ O	0,05
LOI	26,85

LOI (Loss on Ignition) adalah berat yang hilang (dalam %) dari sampel pada waktu dipijarkan pada suhu dan waktu tertentu

D. Modulus Reaksi Tanah Dasar (*Subgrade*)

Modulus reaksi tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan (q) pada suatu pelat kaku terhadap lendutan, seperti yang dinyatakan dalam persamaan 2.1.

$$k = \frac{q}{\delta} \quad (2.1)$$

Dengan:

k = modulus reaksi tanah dasar (N/mm^3)

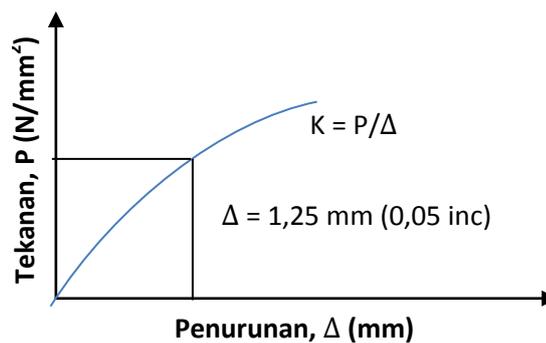
δ = lendutan (mm)

$q = Q/A$ = tekanan pada pelat (N/mm^2)

Q = beban titik (N)

A = luas pelat beban (mm^2)

Berdasarkan ASTM D1196 modulus reaksi tanah dasar didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan (q) terhadap penurunan dengan syarat penurunan yang ditentukana adalah sebesar 1,25 mm (0,05 inc), seperti yang dijelaskan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik hubungan tekanan dan penurunan ASTM D1196