

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lempung

Menurut(Das,1985)Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air dan memiliki sifat elastis yang kuat. Lempung juga menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau "pecah-pecah" bila kering.

Menurut Chen(1975), mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu montmorillonite, illite ,dan kaolinite. Mineral montmorillonite mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral yang lainnya, Sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Struktur kaolinite terdiri dari unit lapisan silica dan aluminium yang diikat oleh ion hydrogen, kaolinite membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk kedalamnya.

Struktur illite terdiri dari lapisan-lapisan unit *silica-aluminium-silica* yang dipisahkan oleh ion K^+ yang mempunyai sifat mengembang. Struktur

montmorillonite mirip dengan struktur illite, tetapi ion pemisahannya berupa ion H_2O , yang sangat mudah lepas, mineral ini dapat dikatakan sangat tidak stabil pada kondisi tergenang air, air dengan mudah masuk kedalam sela antar lapisan ini sehingga mineral mengembang, pada waktu mengering, air diantara lapisan juga mengering sehingga mineral menyusut. Karena sifat-sifat tersebut montmorillonite sangat sering menimbulkan masalah pada bangunan (Hardiyatmo,2002).

Tabel 2.1. Rata-rata ukuran relatif, tebal dan specific surface mineral lempung,(Yong dan Warkentin, 1975)

Mineral	Tebal tipikal (nm)	Diameter Tipikal (nm)	Permukaan spesifik (km^2/kg)
Montmori llonite	3	100 – 1000	0.8
Illite	30	10000	0.08
Chlorite	30	10000	0.08
Kaolinie	50 – 2000	300 – 4000	0.015

Mineral lempung yang berbeda memiliki defisiensi dan tendensi yang berbeda untuk menarik *exchangeable cation*. *Exchangeable cation* adalah keadaan dimana kation dapat dengan mudah berpindah dengan ion yang bervalensi sama

dengan kation asli. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis hendak menggantikan kation-kation yang terdapat pada lempung dengan kation-kation dari *gypsum*.

Beberapa pendapat para peneliti mengenai definisi daripada tanah lempung yaitu antara lain:

1. Das(1995), mengatakan bahwa tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada keadaan air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesi) dan sangat lunak.
2. Grim(1992), mendefinisikan tanah lempung sebagai tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.
3. Bowles(1986), mendefinisikan tanah lempung sebagai deposit yang mempunyai partikel yang berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50%.
4. Hardiatmo(1992), mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran-butiran halus $> 0,002$ mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

2.2. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut :

1. Menurut Kreb dan Walker (1971), dalam arti luas, tujuan stabilisasi tanah meliputi perlakuan tanah dimana dibuat lebih stabil.
2. Menurut Bowles (1989), stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan mekanis dan bahan pencampur (*additiver*).
3. Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.

Kesimpulan yang dapat diambil adalah stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut kemampuannya menjadi lebih baik baik secara mekanis maupun dengan cara menggunakan bahan tambah. Hal tersebut dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi apapun yang akan dibangun di atasnya. Prinsip usaha stabilitas tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat diperkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban yang dapat dikaji terjadinya tegangan dan regangan tanah.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (*Ingel dan Metcalf, 1977*):

1. Stabilisasi Mekanik

2. Stabilisasi Fisik

3. Stabilisasi Kimiawi

Pada penelitian ini, usaha stabilisasi tanah yang digunakan adalah stabilisasi kimia dengan penambahan zat aditif. Zat aditif yang digunakan yaitu serbuk gypsum. Zat aditif tersebut diharapkan akan mampu memperbaiki karakteristik tanah berbutir halus di daerah Kulon Progo, D.I.Yogyakarta.

2.2.1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi Mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Pencampuran tanah ini dapat dilakukan di lokasi proyek, di pabrik atau di tempat pengambilan bahan timbunan (*borrow area*). Material yang telah dicampur ini, kemudian dihamparkan dan dipadatkan di lokasi proyek. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan cara menggali tanah buruk di tempat dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain.

2.2.2. Stabilisasi Kimiawi

Bahan tambah (*additives*) merupakan bahan hasil olahan pabrik yang bila ditambahkan kedalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat-sifat Mekanis tanah seperti: indeks plastisitas dan kuat geser tanah. Contoh bahan tambah adalah: kapur, semen portland, abu terbang, aspal dan lain-lain.

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik tanah dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu. Perbandingan campuran bergantung pada kualitas campuran yang diinginkan. Jika pencampuran hanya dimaksudkan untuk merubah gradasi, plastisitas tanah dan *workability*, maka hanya memerlukan bahan tambah yang sedikit. Namun bila stabilisasi dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan yang tinggi, maka diperlukan bahan tambah yang lebih banyak. Material yang telah dicampur dengan bahan tambah ini harus dihamparkan dan dipadatkan dengan baik.

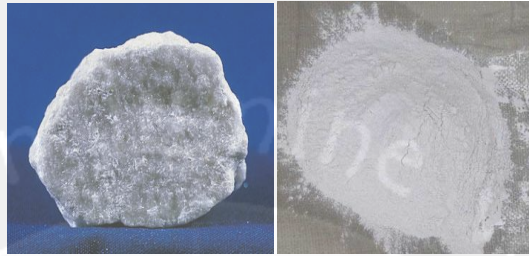
2.3. Gypsum Sebagai Stabilisator Tanah

2.3.1. Penjelasan Gypsum

Gypsum berasal dari kata dalam bahasa Yunani yang artinya memasak. Disebut demikian sebab di daerah Montmartre, Paris, pada berabad abad yang lalu orang-orang membakar gypsum untuk berbagai keperluan, dan material tersebut kemudian hari disebut dengan plester dari Paris. Orang-orang di daerah itu juga memakai gypsum sebagai krim untuk kaki, sampo, dan untuk perawatan rambut. Karena gypsum merupakan mineral yang tidak larut dalam air dalam waktu yang lama, sehingga gypsum jarang ditemui dalam bentuk butiran atau pasir.

Gypsum banyak ditemukan di berbagai daerah di dunia, yaitu Iran, Jamaika, Thailand, Spanyol (penghasil gypsum terbesar di Eropa), Inggris, Jerman, Italia, Manitoba, Ontario, Canada, New York, Michigan, Irlandia, Indiana,

Texas, Iowa, Kansas, Oklahoma, Arizona, Colorado, New Mexico, Nevada, Utah, Paris, California, New South Wales, Kalimantan, dan Jawa Barat.



Gambar 2.1. Gypsum(kiri) dan Serbuk Gypsum(kanan)

gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi. gypsum yang paling umum ditemukan adalah jenis hidrat kalsium sulfat hidrat dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$. Gypsum adalah salah satu dari beberapa mineral yang teruapkan. Contoh lain dari mineral-mineral tersebut ialah borat, karbonat, sulfat, dan nitrat. Mineral-mineral tersebut diendapkan di dasar laut, danau, gua. karena konsentrasi ion-ion oleh penguapan. Ketika air panas atau air memiliki kadar garam yang tinggi gypsum berubah menjadi basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) atau juga menjadi anhidrit (CaSO_4). Dalam keadaan seimbang, gypsum yang berada di atas suhu 108°F atau 42°C dalam air murni akan berubah menjadi anhidrit.

2.3.2. Klasifikasi Gypsum

Gypsum secara umum mempunyai kelompok yang terdiri dari gypsum batuan, gipsit alabaster, satin spar, dan selenit. Gypsum juga dapat

diklasifikasikan berdasarkan tempat terjadinya, yaitu endapan danau garam, berasosiasi dengan belerang, terbentuk sekitar fumarol vulkanik, efflorescence pada tanah atau gua-gua kapur, tudung kubah garam, penudung oksida besi (gossan) pada endapan pirit di daerah batu gamping.

2.3.3 Pembentukan Gypsum

Gypsum terbentuk dalam berbagai kondisi, kemurnian dan ketebalan yang bervariasi. Gypsum merupakan garam yang mengendap akibat proses evaporasi air laut diikuti oleh anhidrit dan halit, ketika salinitas makin bertambah. Sebagai mineral evaporit, endapan gipsium berbentuk dari lapisan di antara batuan sedimen batu gamping, serpih merah, batu pasir, lempung, dan garam batu, serta sering pula berbentuk endapan lensa-lensa dalam satuan-satuan batuan sedimen.

Gypsum termasuk mineral dengan sistem kristal monoklin $2/m$, namun kristal gipsnya masuk ke dalam sistem kristal orthorombik. Gypsum umumnya berwarna putih, kelabu, cokelat, kuning, dan transparan. Hal ini tergantung mineral lain yang bercampur dengan gypsum.

Gypsum umumnya memiliki sifat lunak dengan skala Mohs 1,5 –2. Berat jenis gypsum antara 2,31 – 2,35, kelarutan dalam air 1,8 gr/liter pada 0 °C yang meningkat menjadi 2,1 gr/liter pada 40 °C, tapi menurun lagi ketika suhu semakin tinggi. Gypsum memiliki pecahan, antara 660 sampai dengan 1140 dan belahannya adalah jenis choncoidal. Gypsum memiliki kilap sutra hingga kilap lilin, tergantung dari jenisnya. Gores gypsum berwarna putih, memiliki derajat

ketransparanan dari jenis transparan hingga translucent, serta memiliki sifat menolak magnet atau disebut diamagnetit.

2.3.4 Kegunaan Gypsum

Penggunaan *gypsum* dapat digolongkan menjadi dua macam seperti dipaparkan dibawah ini.

1. Yang belum mengalami kalsinasi dipergunakan dalam pembuatan semen Portland dan sebagai pupuk. Jenis ini meliputi 28% dari seluruh volume industri.
2. Yang mengalami proses kalsinasi, sebagian besar digunakan sebagai bahan bangunan, bahan dasar untuk pembuatan kapur, tuangan logam, gigi palsu, bedak dan sebagainya. Jumlahnya meliputi 75% dari seluruh volume perdagangan. *Gypsum* sebagai perekat mineral mempunyai sifat yang lebih baik dibanding dengan perekat organic sebab tidak menimbulkan pencemaran udara, murah, tahan api, dan tahan terhadap zat kimia.

Gypsum mempunyai sifat cepat mengeras adalah sekitar 10 menit. Karena itu dalam pembuatan papan gypsum harus menggunakan bahan kimia untuk memperlambat proses pengerasan tanpa mengubah sifat gypsum sebagai perekat. Perlambatan tersebut dimaksudkan agar tersedia cukup waktu mulai dari tahap pencampuran bahan sampai tahap pengempakan. Waktu pengerasan gypsum bervariasi tergantung pada kandungan bahan dan airnya. Dalam proses pengerasan gypsum setelah dicampur dengan air maka terjadi hidratisasi yang menyebabkan

kenaikan suhu. Kenaikan suhu tersebut tidak boleh melebihi suhu 400 C. Suhu yang lebih tinggi lagi akan mengakibatkan pengeringan gypsum dalam bentuk $\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$ sehingga mengurangi bobot air hidrasi. Pengurangan tersebut akan menyebabkan berkurangnya kekokohan papan gypsum.

2.3.5. Keuntungan Gypsum Pada Bidang Teknik Sipil

Dalam ilmu kimia, *gypsum* disebut sebagai kalsium sulfat hidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$), yaitu suatu material yang termasuk kedalam mineral sulfat yang berada di bumi dan nilainya sangat menguntungkan. Sekarang ini gypsum banyak digunakan pada hiasan bangunan, bahan dasar pembuat semen, pengisi (*filler*) cat, bahan pembuat pupuk (*fertilizer*) dan berbagai macam keperluan lainnya.

Keuntungan penggunaan *gypsum* dalam pekerjaan teknik sipil yaitu:

- a. *Gypsum* yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
- b. *Gypsum* dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
- c. *Gypsum* meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air.

2.4. Kuat Geser Tanah

Menurut (Das,1985) kekuatan geser tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut persatuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud.

Menurut (Wiharti,2013) Faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah (pengaruh lapangan):

1. Keadaan tanah: angka pori, ukuran dan bentuk butiran
2. Jenis tanah : pasir, berpasir, lempung, dsb
3. Kadar air (khususnya lempung)
4. Jenis beban dan tingkatnya
5. Kondisi Anisotropis

Faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah (pada pengujian laboratorium):

1. Metode pengujian
2. Gangguan terhadap contoh tanah
3. Kadar air
4. Tingkat regangan

Keruntuhan geser tanah bukan diakibatkan oleh hancurnya butir-butir tanah melainkan karena adanya pergeseran antara butir-butir tanah tersebut. Pada peristiwa kelongsoran pada suatu lereng berarti di antara butir-butir tanah lereng tersebut sudah terjadi pergeseran. Kekuatan geser yang dimiliki masing-masing jenis tanah antara lain:

1. Tanah berbutir halus (lempung) : Kohesi (c tanah)

2. Tanah berbutir kasar (pasir) : Sudut gesek dalam (ϕ tanah)
3. Tanah campuran antara tanah berbutir halus dan berbutir kasar : Kohesi (c tanah) dan sudut gesek(ϕ tanah)

2.5. Indeks Plastisitas(IP)

Indeks plastisitas (IP) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai (IP) tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung dan jika tanah mempunyai (IP), rendah ,seperti lanau , sedikit penurunan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Indeksplastisitas (IP),adalah selisih batas cair dan batas plastis. $IP = LL - PL$ (2-1)

2.6. Daya Dukung Tanah

Menurut (Sudirja,2008), tanah yang akan dibangun suatu konstruksi diatasnya, diharuskan mempunyai nilai daya dukung tanah yang besar. Hal ini dimaksudkan agar kekuatan tanah tidak terlampaui oleh beban yang ada diatasnya. Apabila kekuatan tanah terlampaui maka penurunan yang berlebihan akan berakibat terjadinya kerusakan struktur yang ada diatasnya. Untuk tanah lempung pembuatan konstruksi diatasnya akan selalu menimbulkan tegangan pori. Biasanya waktu yang diperlukan untuk penyusutan tegangan pori jauh lebih lama daripada waktu yang diperlukan untuk mendirikan konstruksi diatas lapisan lempung tersebut. Ini berarti kekuatan geser tanah lempung tidak akan banyak mengalami perubahan selama masa pembangunan konstruksi tersebut.

2.7. Uji Laboratorium

Menurut Shirley (1994), jenis percobaan di laboratorium dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Sifat fisik tanah (*Index Properties*): yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.
2. Sifat mekanis tanah (*Engineering Properties*): yaitu perilaku tanah akibat diberikannya beban terhadap tanah dan digunakan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi. Sifat fisik tanah meliputi pemeriksaan kadar air tanah, berat jenis tanah, batas *atterberg*, analisa saringan, analisa hidrometer, dan berat isi tanah. Sedangkan sifat mekanis tanah meliputi beberapa pemeriksaan, namun dalam penelitian ini hanya difokuskan pada pemadatan standar, uji CBR dan uji pengembangan (*Swelling*).

2.8. Reaksi Kimia

Menurut Ir. John Tri Hatmoko, M.Sc reaksi kimia yang terjadi antara bahan pozzolan dengan tanah adalah sebagai berikut:

1. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$
2. $\text{Ca(OH)}_2 = \text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^-$
3. $\text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{SiO}_2 = \text{C.S.H.}$
4. $\text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C.A.H.}$
5. $\text{Ca}^{++} + 2\text{OH}^- + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C.A.S.H}$

Reaksi ini membutuhkan waktu tertentu sehingga dapat menghasilkan reaksi pozolanik yang menguntungkan bagi sifat konstruksi tanah.

2.9. Penelitian Terkait

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kurniawan, Zaika dan Harimurti, tentang pengaruh gypsum dan lamanya waktu *curing* terhadap karakteristik tanah lempung ekspansif di Bojonegoro, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan penambahan bahan campuran berupa serbuk *gypsum*, nilai *specific gravity*, nilai *plastic limit* dan nilai *shrinkage limit* mengalami peningkatan dibandingkan dengan tanah asli dengan nilai peningkatan masing-masing yaitu 1,592%, 19,257% dan 42,448%. Sedangkan untuk nilai *liquid limit* serta indeks plastisitas mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli dengan nilai penurunan masing-masing yaitu 41,595% dan 89,862%.
2. Tanah asli tergolong sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH/OH), Sedangkan tanah yang diberi campuran serbuk *gypsum* merupakan tanah lanau yang elastis atau lempung dengan plastisitas tinggi (MH/OH) menurut klasifikasi tanah sistem *Unified*.
3. Semakin banyak campuran serbuk *gypsum* yang ditambahkan, maka semakin kecil nilai kadar air optimum yang dibutuhkan untuk mencapai berat isi kering maksimum.

4. Nilai pengembangan pada tanah campuran semakin banyak kadar campuran semakin kecil pengembangannya. Batas proses sementasi antar butiran-butiram lempung, serbuk *gypsum* dan air yaitu pada *curing* selama 14 hari. Semakin lama waktu *curing*, selisih nilai pengembangan semakin kecil antara tanah campuran 6% dengan 8% serbuk *gypsum*. Pengaruh tanah campuran 6% serbuk *gypsum* terhadap penurunan nilai

