

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan lepas yang letaknya diatas batuan dasar. Pembentukan tanah dari batuan induknya berupa proses fisik dan kimia. Proses fisik dapat terjadi karena adanya pengaruh erosi, air, es, angin, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu dan cuaca. Secara kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida dan air (yang mengandung asam)

Pasir, lempung, lanau atau lumpur adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel atau butiran tanah pada batas yang telah ditentukan. Hampir semua jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikelnya, misalnya tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel atau butiran lempung saja, tapi dapat bercampur dengan butiran lanau maupun pasir dan bisa juga terdapat bahan organik.

3.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda, yang mempunyai sifat serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

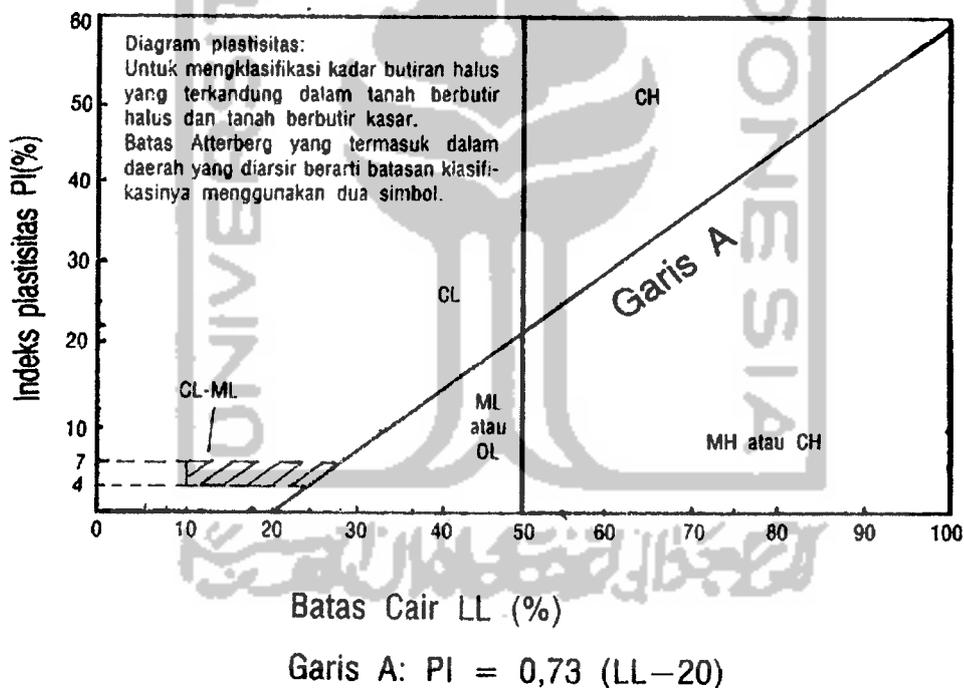
3.2.1 Berdasarkan *Unified Soil Classification System (USCS)*

Sistem ini diperkenalkan oleh Cassagrande tahun 1942 yang selanjutnya disempurnakan oleh Unites States Bureau Of Reclamation (USBR) tahun 1952.

Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan teknik.

Pada sistem *unified* tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika lebih dari 50% tertahan dalam saringan nomor 200 dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200.

Untuk mendapatkan kelompok tanah berbutir halus dapat dilakukan dengan memplotkan hasil uji batas cair dan batas plastis pada grafik klasifikasi Unified (Gambar 3.1.)



Gambar 3.1 Grafik klasifikasi *Unified*

Sumber : *Mekanika Tanah, Braja M. Das, 1988*

Simbol-simbol yang digunakan:

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

P₊ = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic clay*)

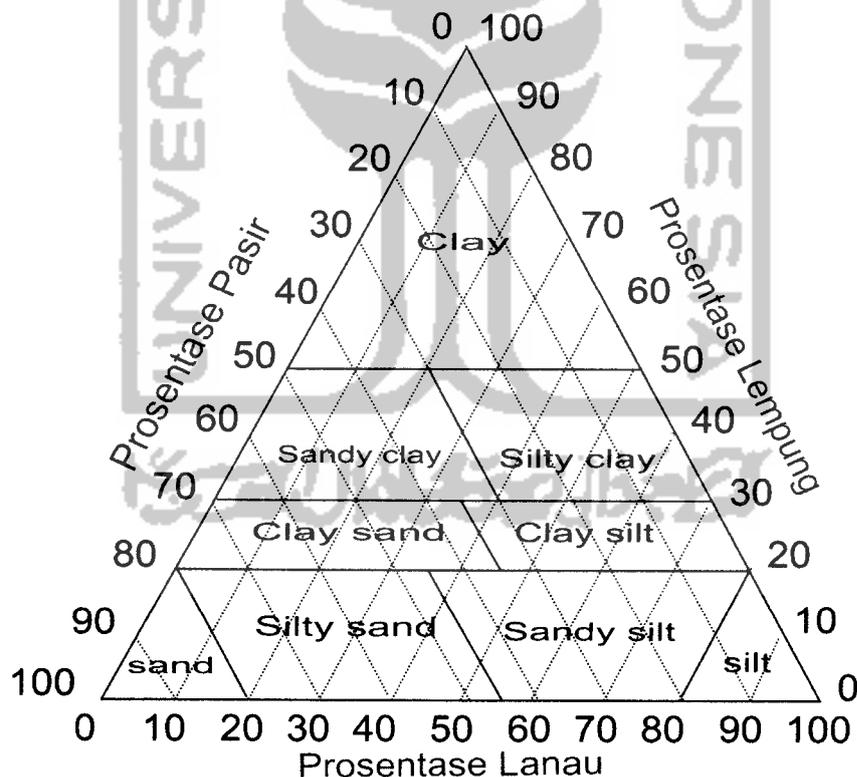
W = gradasi baik (*well graded*)

P = gradasi buruk (*poor graded*)

H = plastisitas tinggi (*high plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low plasticity*)

Untuk mengklasifikasikan tanah dapat dilakukan salah satunya dengan uji klasifikasi tekstur yaitu dengan memplotkan prosentasi hasil pengujian distribusi butiran pada grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS (Gambar 3.2.)



Gambar 3.2 Grafik klasifikasi tekstural segitiga USCS

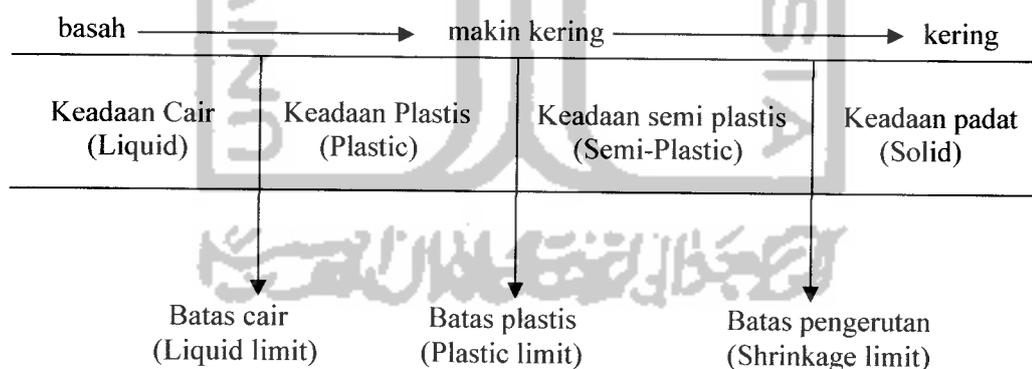
3.3 Uji Distribusi Butiran.

Uji distribusi butiran merupakan pengujian sifat fisik tanah untuk mengetahui warna, bentuk butiran dan ukuran butiran. Adapun pengujian yang dilakukan pada penelitian ini hanya terbatas untuk mengetahui ukurannya, yaitu pengujian analisis ukuran butiran. Untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaringnya. Tanah uji disaring melewati satu susunan saringan standar menurut standar ASTM D 422-72.

Untuk tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar ditentukan dengan cara analisis hidrometer. Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air.

3.4 Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Atterberg (1911) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan pertimbangan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas susut. Kedudukan batas konsistensi tanah kohesi disajikan dalam Gambar 3.2



Gambar 3.3 Batas konsistensi tanah

Sumber Mekanika Tanah, Wesley L.D, 1977, Hal 10

3.4.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

3.4.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm akan mulai retak-ratak ketika digulung.

3.4.3 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

3.4.4 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

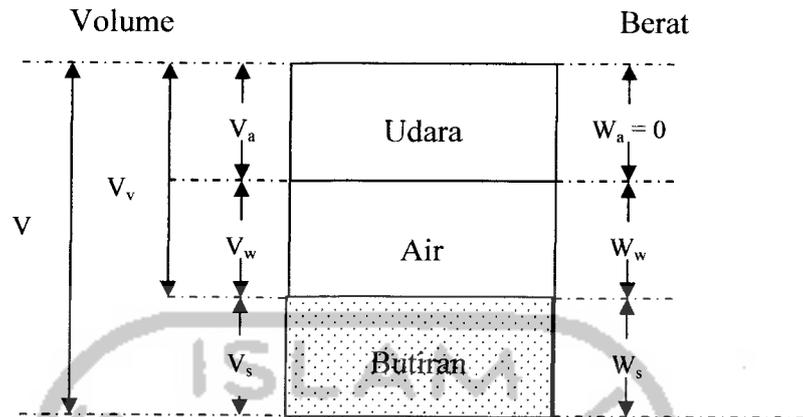
Indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis.

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesinya dapat dilihat pada Tabel 3.2:

Tabel 3.1 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.

PI	Sifat	Macam tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesi
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

3.5 Hubungan Antara Jumlah Butir, Air dan Udara dalam Tanah



Gambar 3.4. Diagram fase tanah

Sumber : Teknik Pondasi 1, Hary Christiady Hardiyatmo, 2002

Dalam hal ini:

- V = Isi (volume) (cm³)
- Vw = Isi air (volume of water) (cm³)
- Vv = Isi pori/rongga (volume of void) (cm³)
- Vs = Isi butir-butir padat (volume of solid) (cm³)
- W = Berat Tanah (weight) (gr)
- Wa = Berat udara (weight of air) ≈ 0
- Ww = Berat air (weight of water) (gr)
- Ws = Berat butir-butir padat (weight of solid) (gr)

Dari gambar tersebut dapat diperoleh rumus-rumus sebagai berikut :

1. Kadar air (*Moisture content/water content*)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat partikel padat dalam tanah, yaitu :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Angka pori (*Void ratio*)

Angka pori adalah perbandingan volume pori dan volume partikel padat, yaitu

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

3. Porositas (*Porosity*)

Porositas adalah perbandingan antara volume pori dengan volume keseluruhannya.

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

$$n = \frac{e}{1+e} \dots\dots\dots(3.4)$$

4. Derajat kejenuhan (*Degree of saturation*)

$$S_r = \frac{V_w}{V_r} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

5. Berat isi tanah alami / asli (*Natural density*)

Adalah perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya, yaitu :

$$\gamma = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.6)$$

6. Berat volume kering (*Dry density*)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.7)$$

7. Berat volume jenuh (*Saturated density*)

$$\gamma_{sat.} = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.8)$$

8. Berat volume basah (*Submerged / wet density*)

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots(3.9)$$

3.6 Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar)

Pemadatan adalah suatu proses memadatnya partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Kepadatan tanah tergantung banyaknya kadar air, jika kadar air tanah sedikit maka tanah akan keras begitu pula sebaliknya bila kadar air banyak maka tanah akan menjadi lunak atau cair. Pemadatan yang dilakukan pada saat kadar air lebih

tinggi daripada kadar air optimumnya akan memberikan pengaruh terhadap sifat tanah.

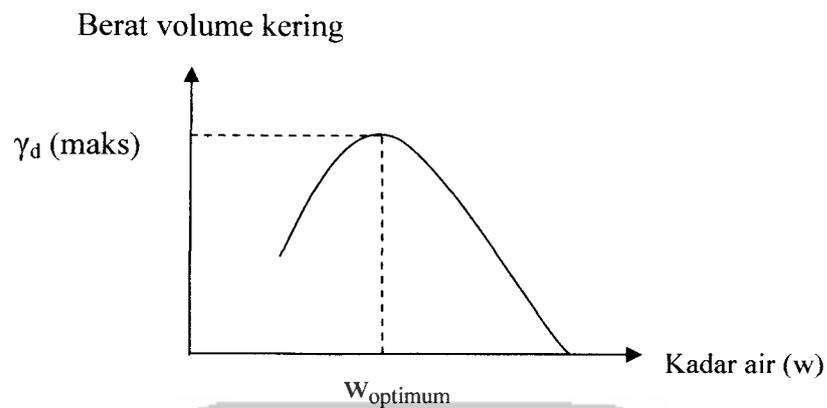
Tujuan pemadatan tanah adalah memadatkan tanah pada kadar air optimum dan memperbaiki karakteristik mekanisme tanah, yang akan memberikan keuntungan yaitu :

- a. Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
- b. Bertambahnya kekuatan tanah.
- c. Memperkecilkan pemampatannya dan daya rembes airnya.
- d. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air (*Hary Christiady Hardiyatmo, 1992, Mekanika Tanah I, hal 53*).

Pemadatan tanah dapat dilaksanakan di lapangan maupun di laboratorium. Dilapangan biasanya tanah akan digilas dengan mesin penggilas yang didalamnya terdapat alat penggetar, getaran akan menggetarkan tanah sehingga terjadi pemadatan. sedangkan dilaboratorium menggunakan pengujian standar yang disebut dengan uji proktor standar, dengan cara suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa lapisan tanah di dalam sebuah mold. Dengan dilakukannya pengujian pemadatan tanah ini, maka akan terdapat hubungan antara kadar air dengan berat volume. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya, hubungan berat volume kering (γ_d), berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dengan persamaan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(3.10)$$



Gambar 3.5 Hubungan Antara kadar air dan berat volume kering tanah

3.7 Uji Triaksial Tipe UU (*Unconsolidated Undrained*)

Pengujian Triaksial ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kuat geser tanah. Pengujian ini digunakan untuk kuat geser tanah lempung pada kondisi tempat aslinya, dimana angka pori benda uji pada permulaan pengujian tidak berubah dari nilai aslinya.

Terdapat berbagai macam kemungkinan prosedur pengujian dengan alat Triaksial, tetapi hanya ada tiga jenis pengujian yang pokok, yaitu:

1. Tak terkonsolidasi-tak terdrainasi (*Unconsolidated-Undrained*). Contoh tanah mengalami tekanan sel tertentu, kemudian digunakan selisih tegangan utama secara tiba-tiba tanpa pengaliran pada setiap tahap pengujian.
2. Terkonsolidasi-tak terdrainasi (*Consolidated-Undrained*). Pengaliran pada contoh tanah diperbolehkan dibawah tekanan sel tertentu sampai konsolidasi selesai. Kemudian digunakan selisih tegangan utama tanpa pengaliran. Pengukuran tekanan air pori dilakukan dalam keadaan tanpa pengaliran.
3. Terdrainasi (*Drained*). Pengaliran pada contoh tanah diperbolehkan dibawah tekanan tertentu sampai konsolidasi selesai. Kemudian, dengan pengaliran yang masih diperbolehkan, digunakan selisih tegangan utama dengan kecepatan sedang untuk membuat kelebihan tekanan air pori tetap nol.

Pada pengujian Triaksial tipe UU (*Unconsolidation-Undrained*) benda uji mula-mula dibebani dengan penerapan tegangan sel (σ_3), kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator ($\Delta\sigma_{df}$) sampai mencapai keruntuhan.

Pada penerapan tegangan deviator selama penggeserannya tidak diijinkan air keluar dari benda ujinya dan selama pengujian katup drainasi ditutup. Karena pada pengujian air tidak diijinkan mengalir keluar, beban normal tidak ditransfer ke butiran tanahnya. Keadaan tanpa drainasi ini menyebabkan adanya tekanan kelebihan tekanan pori dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari butiran tanahnya

Untuk pengujian ini :

$$\text{Tegangan utama mayor total} = \sigma_3 + \Delta\sigma_{df} = \sigma_1$$

$$\text{Tegangan utama minor total} = \sigma_3$$

Persamaan kuat geser pada kondisi undrained dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\Delta\sigma_{df}}{2} = \frac{qu}{2} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dengan : C_u = kohesi *undrained*

$\Delta\sigma_{df}$ = tegangan deviator

3.8 Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Pengetahuan tentang kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berhubungan dengan stabilitas massa tanah. Bila suatu titik pada sembarang bidang dari suatu massa tanah memiliki tegangan geser yang sama dengan kekuatan gesernya, maka keruntuhan akan terjadi pada titik tersebut. Kekuatan geser tanah (σ_f) pada bidang tersebut pada titik yang sama, sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan\phi \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana c dan ϕ adalah parameter-parameter kuat geser, yang berturut-turut didefinisikan sebagai kohesi (*cohesion intercept* atau *apparent cohesion*) dan sudut tahanan geser (*angle of shearing resistance*). Berdasarkan konsep dasar

Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Kekuatan geser tanah dapat juga dinyatakan sebagai fungsi dari tegangan normal efektif sebagai berikut:

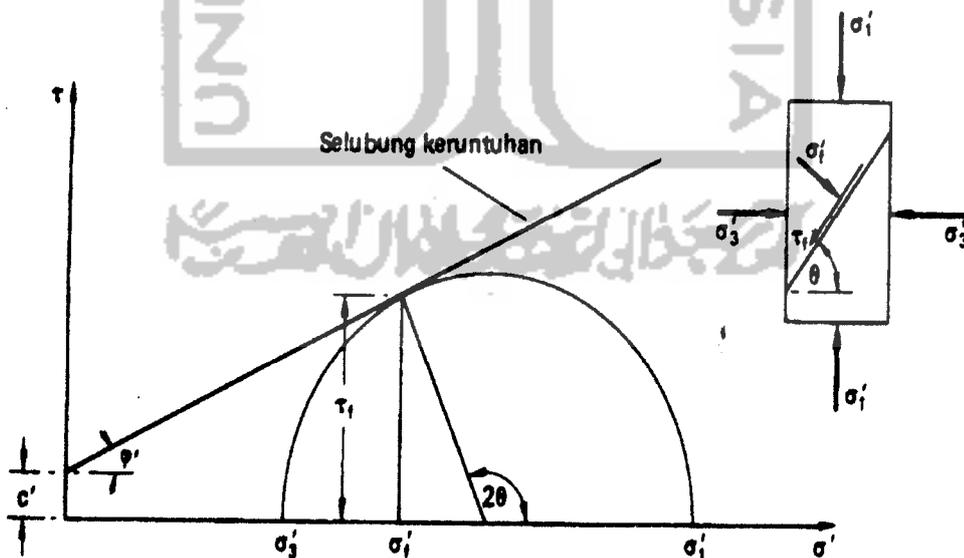
$$\tau_f = c' + \sigma'_f \tan \phi' \dots \dots \dots (3.13)$$

dimana c' dan ϕ' adalah parameter-parameter kekuatan geser pada tegangan efektif. Dengan demikian keruntuhan akan terjadi pada titik yang mengalami keadaan kritis yang disebabkan oleh kombinasi antara tegangan geser dan tegangan normal efektif.

Selain itu, kekuatan geser juga dapat dinyatakan dalam tegangan utama besar σ'_1 dan kecil σ'_3 pada keadaan runtuh dititik yang ditinjau. Garis yang dihasilkan oleh persamaan 3.13 pada keadaan runtuh merupakan garis singgung terhadap lingkaran Mohr yang menunjukkan keadaan tegangan dengan nilai positif untuk tegangan tekan, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.6. Koordinat titik singgungnya adalah τ_f dan σ'_f , dimana:

$$\tau_f = \frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin 2\theta \dots \dots \dots (3.14)$$

$$\sigma'_f = \frac{1}{2} (\sigma'_1 + \sigma'_3) + \frac{1}{2} (\sigma'_1 - \sigma'_3) \cos 2\theta \dots \dots \dots (3.15)$$



Gambar 3.6. Kondisi Tegangan pada Keadaan Runtu. h.

Sumber : Mekanika Tanah., R.F. Craig 1989, Hal 92

dan θ adalah sudut teoritis antara bidang utama besar dan bidang runtuh. Dengan demikian jelas bahwa:

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi'}{2} \dots\dots\dots(3.16)$$

3.9 Tanah Lempung

Lempung adalah tanah berbutir halus yang memiliki sifat kohesi, plastisitas tinggi, tidak memperlihatkan sifat dilatasi dan tidak mengandung jumlah butiran kasar yang berarti. Lempung bila ditinjau dari segi ukuran, didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (*L.D. Wesley, 1977*). Kohesi menunjukkan bahwa butir-butir tersebut melekat satu sama lain, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali pada bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau pecah-pecah.

Ditinjau dari segi mineral, tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu serta mempunyai sifat plastis bila tanah dicampur dengan air.

3.10 Kuat Dukung Tanah

Kuat dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung beban struktur dan meneruskan beban akibat berat struktur secara langsung ketanah yang terletak dibawahnya. Tanah yang diberi beban seperti beban fondasi akan mengalami distorsi dan penurunan, hal ini bila bertambah terus maka penurunan fondasi juga semakin besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa keruntuhan kapasitas telah terjadi.

Dari pengujian model yang mengamati kelakuan tanah selama mengalami pembebanan hingga terjadinya keruntuhan, terdapat kenampakan sebagai berikut :

4. Terjadi perubahan bentuk tanah yang berupa penggembungan kolom tanah tepat dibawah dasar fondasinya kearah lateral dan penurunan permukaan disekitar fondasinya.
5. Terdapat retakan lokal atau geseran tanah disekeliling fondasinya.

6. Suatu baji tanah terbentuk dilokasi tepat dibawah fondasinya yang mendesak tanah bergerak kebawah maupun keatas.
7. Pada saat keruntuhan terjadi, zona geser melebar dalam batas tertentu dan suatu permukaan geser berbentuk lengkungan berkembang yang disusul dengan gerakan fondasi turun kebawah. Permukaan tanah disekitar fondasi selanjutnya menggembung keatas yang diikuti oleh retakan dan gerakan muka tanah sekitar fondasinya. Keadaan ini menunjukkan keruntuhan geser telah terjadi.

Kuat dukung ultimit dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan. Dinyatakan dengan persamaan :

$$q_u = \frac{P_u}{A} \text{ dan } q_{ijin} = \frac{q_u}{SF} \dots\dots\dots(3.17)$$

dengan :

q_u = kapasitas dukung ultimit (kg/cm^2)

P_u = beban ultimit (kg)

A = luas beban (cm^2)

q_{ijin} = kapasitas dukung tanah ijin (kg/cm^2)

SF = Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

3.10.1 Analisis Kuat Dukung Tanah Berdasarkan Metode Ohsaki.

Analisis kuat dukung tanah dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan bersifat plastis. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Prandl, yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943), Meyerhoff (1955), De Beer, dan Vesic (1958). Mengenai koefisien kuat dukung maka Terzaghi memberikan harga-harga yang berlainan untuk keadaan keruntuhan umum dan keadaan keruntuhan setempat. Tetapi dalam praktek amatlah sulit untuk menduga macam keruntuhan yang akan terjadi.

Berdasarkan statistik percobaan pembebanan, Ohsaki mengusulkan rumus untuk kuat dukung batas yang merupakan modifikasi dari rumus Terzaghi.

$$q_u = \alpha \cdot c \cdot N_c + \beta \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma \cdot D_f \cdot N_q \dots\dots\dots(3.18)$$

dengan : α, β = faktor bentuk

- c = kohesi
 q_u = kuat dukung ultimit (kg/cm^2)
 B = lebar fondasi / diameter fondasi (bentuk lingkaran) (cm)
 D_f = kedalaman pondasi (cm)
 γ = berat volume tanah (kg/cm^3)
 N_c, N_γ, N_q = faktor kuat dukung

Nilai-nilai faktor kuat dukung (N_c , N_q , N_γ) dan faktor bentuk (α , β) dapat ditentukan berdasarkan Tabel 3.2. dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2. Nilai-nilai faktor kuat dukung dari Ohsaki

ϕ	N_c	N_γ	N_q
0°	5,3	0	1,0
5°	5,3	0	1,4
10°	5,3	0	1,9
15°	6,5	0,2	2,7
20°	7,9	2,0	3,9
25°	9,9	3,3	5,6
28°	11,4	4,4	7,1
32°	20,9	10,6	14,1
36°	42,2	30,5	31,6
40°	95,7	115,7	81,3
45°	172,3	325,8	173,3
50°	347,5	1073,4	415,1

Tabel 3.3 Faktor bentuk

Faktor Bentuk	Bentuk Pondasi			
	Menerus	Bujur sangkar	Persegi	Lingkaran
α	1,0	1,3	$1,0 + 0,3 (B/L)$	1,3
β	0,5	0,4	$0,5 + 0,1 (B/L)$	0,3

B : Sisi pendek

L : Sisi panjang

Sumber : Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, 1983,

3.11 Stabilisasi Tanah

Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan atau tanah lempung yang memiliki kuat dukung tanah serta kuat geser tanah yang rendah dan kadar air yang tinggi, sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi. Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut:

1. Menambah kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan atau tahanan geser yang timbul.
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah.
4. Merendahkan muka air (drainase tanah)
5. Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Setiap perubahan sifat fisik atau teknis dari massa tanah akan membutuhkan penyelidikan dari alternatif-alternatif ekonomis seperti relokasi tempat bangunan atau mempergunakan tempat bangunan alternatif. Pada saat ini sebagian besar lokasi bangunan di daerah perkotaan telah dipergunakan sehingga lokasi alternatif mungkin tidak akan praktis. Pada saat ini tempat-tempat seperti bekas penimbunan sampah, rawa-rawa, teluk, semak belukar, tepi bukit dan areal yang kurang baik lainnya telah dipakai sebagai tempat konstruksi, dan gejala ini terlihat telah berlangsung terus-menerus dan bahkan makin banyak terjadi. Apabila tempat alternatif tidak tersedia atau pertimbangan-pertimbangan lingkungan, oposisi dari masyarakat, dan pengaturan zone telah sangat membatasi yang tersedia, maka makin dibutuhkan modifikasi atau distabilisasi suatu lokasi

untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Suatu penyelesaian yang secara ekonomis menguntungkan adalah suatu tantangan bagi para insinyur geoteknik.

Stabilisasi dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan berikut:

1. Secara fisik, stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan termal yaitu tanah dipanaskan sehingga sifatnya berubah dari sifat aslinya.
2. Cara mekanik, dapat dilakukan dengan pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda-benda yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.
3. Cara kimiawi (bahan aditif), dapat dilakukan dengan menambahkan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampuran kimiawi seperti semen portland, kapur karbid, gamping, abu batubara (produk sampingan dari pembakaran batubara), semen aspal, sodium, dan kalsium klorida, limbah-limbah pabrik kertas dan lainnya (mengandung sodium silikat, polifosfat dan sebagainya)

Salah satu cara menstabilisasikan tanah lempung adalah dengan mencampurkan bahan aditif seperti disebutkan diatas dengan prosentase dan lama pemeraman tertentu sehingga menghasilkan kuat dukung tanah dan kuat geser tanah optimum. Tujuan pencampuran bahan aditif secara umum sebagai berikut :

1. Mengurangi permeabilitas
2. Menaikkan kuat gesernya.
3. Stabilitas volume
4. Mengurangi deformability

Secara garis besar tujuan stabilisasi pada tanah adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kualitas kuat dukung tanah.
2. Menjaga tanah agar tidak terpengaruh oleh faktor iklim dan cuaca yang dapat menurunkan kualitas kuat dukung tanah.

3.12 Serbuk Limbah Keramik

Keramik adalah bahan padat anorganik yang bukan logam. Bahan keramik adalah bahan dasar penyusun kerak bumi, yaitu: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O dst. Hasil analisis kandungan unsur kimia dari Laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada menunjukkan bahwa kandungan inti lantai keramik didominasi oleh dua unsur yaitu unsur silika (SiO_2) dengan rerata 53,24% dan unsur alumina (Al_2O_3) dengan rerata 15,66%. Hasil tersebut masih ditambah lagi dengan kandungan email glazur yang terdapat dilapisan permukaan lantai keramik. Pada umumnya keramik memiliki sifat-sifat yang baik, yaitu: keras, kuat dan stabil pada temperatur tinggi.

Serbuk keramik disini berasal dari penghancuran dengan penumbukan sisa-sisa potongan keramik lantai bangunan pada seluruh lapisannya (keramik dan glazur email) sehingga didapatkan serbuk keramik yang lolos saringan #40 atau dengan ukuran 0,425 mm

