

KORELASI ANTARA CBR, PI DAN KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Mego Purnomo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

Abstract: In a practical planning sometimes does not need to do a soil test as a whole. Therefore requires an approach from the soil properties. To obtain an approach tersebut perlu holding of repeated experiments in the laboratory, so it can be described in a graphical form of the relationship between nature-sifat land. From garfik if one of the factors / characteristics are known then the other properties can be determined. This study used clay from the site Pucang Ivoire (Semarang), Jalan Pedurungan-Genuk (Semarang), Karangawen (Demak), Hut (Purwodadi), Godong (Purwodadi). And conducted research in soil mechanics laboratory. From the research results obtained by the relationship between CBR and PI is $PI = 137.86 - 6.792 CBR$ and $PI = 90.796 - 4.574 CBR$, CBR at an angle with the shear angle in the ground: $\Phi = 18.379 + 1.155 CBR$ and $1.71 \Phi = 10.496 + CBR$, CBR connection and cohesion, namely: $CBR C = 0.165 - 0.279$ and $C = 0.174 CBR - 0.5996$, and PI relationship with the land gesr angle $\Phi = 49.916 - 0.4 PI$

Keywords: Plastic Index, California Bearing Ratio, Strength Scroll, Clay Soil

Abstrak: Dalam suatu perencanaan praktis kadang tidak perlu melakukan percobaan tanah secara keseluruhan. Oleh karena itu membutuhkan suatu pendekatan dari sifat-sifat tanah tersebut. Untuk memperoleh suatu pendekatan tersebut perlu diadakannya percobaan yang berulang-ulang di laboratorium, sehingga dapat digambarkan dalam suatu bentuk grafis hubungan antara sifat-sifat tanah tersebut. Dari garfik tersebut jika salah satu faktor /sifat diketahui maka dapat ditentukan sifat yang lain. Penelitian ini menggunakan tanah lempung dari lokasi Pucang Gading (Semarang), Jalan Pedurungan-Genuk (Semarang), Karangawen (Demak), Gubuk (Purwodadi), Godong (Purwodadi). Dan penelitian dilakukan di laboratorium mekanika tanah. Dari hasil penelitian diperoleh hubungan antara CBR dan PI yaitu $PI = 137,86 - 6,792CBR$ dan $PI = 90,796 - 4,574CBR$, CBR dengan sudut geser tanah dalam yaitu : $\Phi = 18,379 + 1,155CBR$ dan $\Phi = 10,496 + 1,71CBR$, hubungan CBR dan kohesi yaitu : $C = 0,165 CBR - 0,279$ dan $C = 0,174CBR - 0,5996$, dan Hubungan PI dengan sudut gesr tanah dalam $\Phi = 49,916 - 0,4PI$

Kata kunci: Plastik Indek, California Bearing Ratio, Kuat Geser, Tanah Lempung

PENDAHULUAN

Untuk membuat suatu konstruksi yang baik dan kuat diperlukan adanya data-data tanah yang lengkap dan teliti. Data-data tanah didapat dari percobaan di laboratorium. Mengenai pelaksanaan di laboratorium ada dua macam yaitu :

- a. penggambaran data-data lapangan (gambar situasi, gambar grafik sondir, profil bor)
- b. Penyelidikan contoh tanah (*sample*) yang didapat dari lapangan

Dari data contoh tanah dilakukan penelitian yang meliputi hal-hal sebagai berikut :

- a. Penyelidikan mengenai sifat-sifat fisik :
 1. berat jenis butir tanah
 2. kadar air (*water content*)
 3. Batas-batas konsistensi (*Atterberg limits*)
 4. Gradasi/klasifikasi (*grain size*)
- b. Penyelidikan mengenai sifat-sifat mekanis:
 1. *Unconfined compression test*
 2. *direct shear test dan triaxial test*
 3. Percobaan pemadatan meliputi : percobaan proctor dan *California Bearing Ratio* (CBR)
 4. Konsolidasi (*Consolidation test*)

Dari percobaan laboratorium akan dapat diketahui kesesuaian antara sifat-sifat fisik tanah tersebut dengan mekanismenya. Dalam suatu perencanaan praktis kadang tidak perlu melakukan percobaan tanah secara keseluruhan. Oleh karena itu membutuhkan suatu pendekatan dari sifat-sifat tanah tersebut. Untuk memperoleh suatu pendekatan tersebut perlu diadakannya percobaan yang berulang-ulang di laboratorium, sehingga dapat digambarkan dalam suatu bentuk grafis hubungan antara sifat-sifat tanah tersebut. Dari grafik tersebut jika salah satu faktor /sifat diketahui maka dapat ditentukan sifat yang lain.

Dalam konstruksi bangunan sipil Nilai CBR, PI, dan kuat geser tanah dasar berpengaruh dalam perencanaan suatu bangunan terutama pada perencanaan jalan, landas pacu lapangan terbang dan pada pelaksanaan pembangunan tanggul serta konstruksi-konstruksi timbunan lainnya. Karena nilai CBR tanah dasar mempengaruhi cara pelaksanaan maupun perencanaan ketentuan yang berlaku misalnya :

1. ($CBR \geq 30 \%$, $PI \leq 10 \%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi tanah.
2. Berbagai-bagai bahan alam atau setempat ($CBR \geq 50 \%$, $PI \leq 4 \%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

Klasifikasi Tanah

Dari sudut pandangan teknis, tanah-tanah itu dapat digolongkan ke dalam macam-macam pokok berikut ini :

- a. Batu Kerikil (*Gravel*)
- b. Pasir (*Sand*)

c. Lanau (*Silt*)

d. Lempung (*Clay*), yang terdiri dari lempung anorganik dan lempung organik

Golongan batu kerikil dan pasir seringkali dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak cohesive, sedang golongan lanau dan lempung dikenal sebagai bahan-bahan yang berbutir halus atau bahan-bahan yang cohesive.

Batu Kerikil dan Pasir

Golongan ini terdiri dari pecahan-pecahan batu dengan berbagai ukuran dan bentuk. Butir-butir batu kerikil biasanya terdiri dari pecahan-pecahan batu, tetapi kadang-kadang mungkin pula terdiri dari satu macam zat mineral tertentu, misalnya kwartz atau flint.

Butir-butir pasir hampir selalu terdiri dari satu macam zat mineral, terutama kwartz. Dalam beberapa hal, mungkin hanya terdapat butir-butir dari satu ukuran saja, dalam hal ini bahan tersebut dikatakan seragam. Pada macam lain, mungkin terdapat ukuran-ukuran butir yang mencakup seluruh daerah ukuran, dari ukuran batu besar sampai ke ukuran pasir halus, dan dalam hal ini bahan tersebut dikatakan bergradasi baik.

Lempung

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan cohesi. Cohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Lanau

Adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air dari pada lempung dan memperlihatkan sifat dilatasi yang tidak terdapat pada lempung.

Dilatasi ini menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu dirubah

Tabel 1. Batasan-batasan ukuran golongan tanah

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 -0.06	0.06 -0.002	<0.002
U.S. Departement of Agriculture (USDA)	>2	2 -0.05	0.05-0.002	<0.002
American Association Of State Highway and Transportation Officials (AASSHTO)	76.2 -2	2-0.075	0.07 - 0.002	<0.002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76.2-4.75	4.75 -0.075	Halus (yaitu lanau dan lempung) <0.0075	

Selain batasan-batasan ukuran seperti diatas, dikenal juga batasan-batasan ukuran butiran seperti dibawah ini yang juga dipakai sebagai titik tolak ukur untuk klasifikasi teknis dari tanah.

Tabel 2. Batas-batas ukuran butiran tanah

Macam Tanah	Batas-Batas Ukuran
Berangkal (<i>boulder</i>)	>8 inch (20 cm)
Kerakal (<i>Cobblestone</i>)	3 inch - 8 inch (8 - 20 cm)
Batu kerikil (<i>Gravel</i>)	2 mm - 3 inch (2 mm - 8cm)
Pasir kasar (<i>Course sandy</i>)	0.6 mm - 2 mm
Pasir sedang (<i>Medium sand</i>)	0.2 mm - 0.6 mm
Pasir halus (<i>Fine sand</i>)	0.2 mm - 0.6 mm
Lanau (<i>Silt</i>)	0.002 mm - 0.06 mm
Lempung (<i>Clay</i>)	<0.002 mm

Sumber : Dr. Ir. L.D. Wessley, Mekanika Tanah, Badan Penerbit PU, 1977

Sistem Klasifikasi Tanah yang Diunifikasi (USCS)

Sistem klasifikasi tanah yang diunifikasikan (The Unified Soil Classification System) yang digunakan oleh Corps Zeni Angkatan Darat Amerika, Biro Reklamasi dan lain-lain. Sistem ini berasal dari A. Casagrande, menempatkan tanah dalam 15 kelompok yang diidentifikasi dengan lambang nama dan huruf.

bentuknya. Juga lanau akan menunjukkan gejala untuk menjadi Quick (hidup) apabila diguncang atau digetarkan.

Pada tabel di bawah ini ditunjukkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah yang telah dikembangkan oleh beberapa organisasi, yaitu dari MIT, USDA, AASHTO dan USCS.

Tanah-tanah berbutir didefinisikan sebagai tanah dengan lebih dari 50 persen bahan yang lebih besar dari saringan No.200. Tanah berbutir halus dibagi menjadi tanah-tanah dengan kompresibilitas rendah (L) atau tinggi (H).

Sistem Klasifikasi AASHO

Metode AASHO diberikan oleh asosiasi pars pejabat jalan raya negara bagian Amerika (The American Association of State Highway Officials). Dalam Sistem ini, tanah dengan daya dukung beban yang kira-kira sama diklasifikasikan dalam tujuh kelompok dasar, disebut sebagai A-1 sampai dengan A-7.

Tanah terbaik untuk tanah dasar jalan raya diklasifikasikan sebagai A-1 (yang terbaik), selanjutnya sebagai A - 2 dan seterusnya.

Klasifikasi Tanah dengan Referensi Terhadap Pemampatan

Sulit untuk menggunakan sistem klasifikasi tanah konvensional untuk menentukan metode pemampatan yang paling sesuai dan jenis peralatan pemampatan. Satu

alasan penting ialah bahwa limit konsistensi (limit cairan dan lain-lain) yang digunakan dalam beberapa sistem klasifikasi yang tidak berhubungan langsung dengan kemampuan pemampatan.

Menurut sistem ini, gradasi tanah di kelompok I, II dan III ditentukan. Untuk kelompok IV, kekuatan tanah harus diukur misalnya dengan uji laboratorium mengenai kekuatan tekan tidak terbatas. Kekuatan itu harus diukur pada kandungan air yang akan dapat digunakan selama pemampatan.

Tabel 3. Sistem klasifikasi tanah dengan referensi terhadap pemampatan

Kelompok	Uraian
I	Urukan batuan dan tanah butiran dengan batu dan guling besar ^{*)} Pasir dan Kerikil ^{*)}
II	a. Digradasi baik b. Digradasi uniform Lumpur, tanah berlumpur, dll.
III	a. Pasir beriumpur, kerikil berlumpur, moraine b. Lumpur dan lumpur berpasir, pasir berlempung, kerikil berlempung Tanah liat
IV	a. Tanah liat dengan kekuatan rendah atau sedang ^{**)} b. Tanah liat dengan kekuatan tinggi ^{***)}

Keterangan :

^{*)} Dengan kurang dari 5 -10 % dari bahan yang lebih kecil dari 0,06 mm

^{**)} Kekuatan tekan tidak terbatas < 0,2 Mpa

^{***)} Kekuatan tekan tidak terbatas > 0,2 Mpa

Kelompok I dan II, yang terdiri dari blok (batuguling), batu (kerakal), kerikil atau pasir adalah tanah-tanah non kohesif dan bebas air. Kelompok ini biasanya sebagai bahan urukan dan relatif mudah dimampatkan. Sejumlah kecil butiran halus (lumpur dan lempung) dapat diterima dalam tanah-tanah yang termasuk pada kelompok I dan II.

Sifat-Sifat Umum Tanah

Tanah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian padat dan bagian rongga (pori). Bagian

yang padat terdiri dari beberapa partikel-partikel padat, sedangkan bagian rongga terdiri dari bagian cair dan bagian udara.



Gambar 1. Hubungan antara berat dan volume pada komposisi tanah

Untuk membuat hubungan volume-berat agregat tanah tiga fase (padat, air dan udara), elemen tanah dipisahkan seperti gambar diatas. Volume total tanah dinyatakan sebagai berikut :

$$V = Vs + Vv \\ = Vs + Vw + Va$$

keterangan :

Vs = Volume butiran padat

Vv = Volume pori

Vw = Volume air dalam pori

Va = Volume udara dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah adalah :

$$Wt = Ws + Ww$$

keterangan :

Wt = Berat total butir tanah

Ws = Berat butiran tanah

Ww = Berat air

Angka Pori (e)

Adalah perbandingan volume rongga Vv terhadap volume butir tanah Vs pada suatu volume tertentu.

$$e = \frac{Vv}{Vs}$$

Kadar Air (w)

Adalah perbandingan antara berat air Ww terhadap berat dari butir tanah Ws .

$$e = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

$$W = Gs = S \times e$$

keterangan :

G_s = Berat spesifik butiran padat
 S = Derajat kejenuhan

Derajat Kejenuhan (S)

Adalah perbandingan antara besarnya volume air V_w terhadap volume rongga V_v .

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

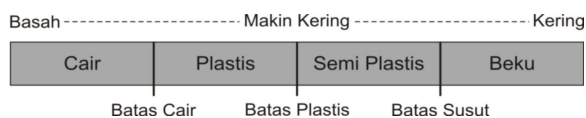
Berat Volume Kering (p_d)

Adalah harga perbandingan antara berat kering dari butiran tanah per satuan volume tanah.

$$p_d = \frac{V_v}{V_s}$$

Batas-Batas Konsistensi

Tanah berbutir yang dicampur air dapat diremas-remas tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini dapat disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung. Kemudian jika campuran ini diperbolehkan menjadi kering kembali secara sedikit demi sedikit, tanah ini akan melalui beberapa tahap keadaan dari keadaan cair sampai keadaan keras. Keadaan-keadaan tersebut digambarkan dalam bagan di bawah ini.



Gambar 2. Batas-batas konsistensi

a. Batas Cair (*Liquid Limit/LL*)

Merupakan kadar air tanah antara keadaan cair dan keadaan plastis.

b. Batas Plastis (*Plastic Limit/PL*)

Merupakan kadar air pada batas bawah daerah plastis.

c. Batas Lengket (*Sticky Limit*)

Kadar air dimana tanah kehilangan sifat adhesinya dan tidak dapat lengket lagi pada benda lainnya seperti jari atau permukaan yang halus dari logam. Batas ini berguna pada pekerjaan-pekerjaan tanah, karena tahanan pada alat penggaru akan bertambah apabila tanah cukup basah untuk menjadi lengket.

d. Batas Kohesi (*Cohesion Limit*)

Kadar air dimana butiran tanah tidak dapat melekat lagi, yaitu dimana pengambilan tanah tidak dapat menghasilkan lempengan-lempengan yang bersatu.

e. Indeks Plastis (*Plasticity Index/PI*)

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

$$PI = LL - PL$$

f. Indeks Kecairan (*Liquidity Index/LI*)

Kadar air tanah dalam keadaan aslinya biasanya terletak antara batas plastis dan batas cair.

$$LI = \frac{W - PL}{LL - PL} = \frac{W - PL}{IP}$$

Nilai LI berkisar antara 0 - 1. Semakin besar nilai LI tanah akan semakin lunak dan sebaliknya semakin kecil nilai LI tanah akan semakin kaku/kenyal.

g. Indeks Konsistensi (*IC*)

Nilai indeks konsistensi berkisar antara 0 sampai dengan 1. Nilai indeks ini didapat dari rumus sebagai berikut yaitu

$$IC = \frac{II - W}{IP}$$

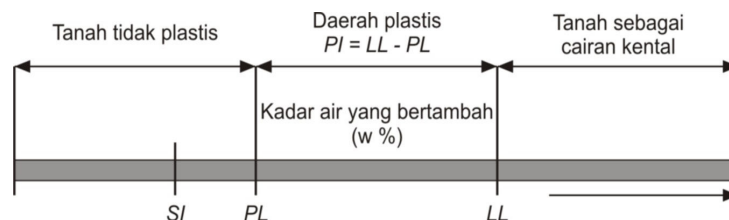
Tabel 4. Tabel konsistensi dalam *range plastic*

Konsistensi dalam range plastis	Li	Ic	Keterangan
Sangat lunak	1.0* - 0.5	0 - 0.5	*Batas Cair
Lunak	0.5 - 0.25	0.5 - 0.75	**Batas Plastic
Kaku/kenyal	0.25 - 0	0.75 - 1.0**	

h. Batas Pengerutan (Shrinkage Limit/SL)

Tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume. Kadar air dinyatakan dalam persen, dimana perubahan volume suatu tanah berhenti. Kadar air, yang didefinisikan pada derajat kejenuhan = 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah

bila dikeringkan terus. Batas ini cukup penting di daerah yang kering dan untuk tanah jenis tertentu yang mengalami perubahan volume yang cukup besar dengan berubahnya kadar air. Harus diketahui bahwa apabila batas susut ini makin kecil, maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume, yaitu semakin kecil SL, semakin sedikit air yang dibutuhkan untuk dapat mengubah volume. Berikut adalah lokasi-lokasi relatif dari LL, PL dan SL pada suatu Skala kadar air.



Gambar 3. Batas pengerutan

Batas susut dinyatakan dengan cara sebagai berikut :

$$SL = w_l (\%) - w (\%)$$

keterangan :

w_l = kadar air tanah mula-mula pada saat ditempatkan dalam mangkok uji batas susut.

w = perubahan kadar air (yaitu antara kadar air mula-mula dengan kadar air pada saat susut.

$$w_l (\%) = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\%$$

keterangan :

$$SL' = \frac{(M_1 - M_2) \times yW}{M_2} \times 100\% - \frac{(M_1 - M_2) \times yW}{M_2} \times 100\%$$

i. Aktifitas

Tepi-tepi mineral lempung mempunyai muatan negatif netto. Ini mengakibatkan terjadinya usaha untuk menyeimbangkan

M₁ = Massa tanah basah dalam cawan besi pada saat permulaan pengujian (gram)
M₂ = Massa tanah kering dalam cawan setelah dioven (gram)

$$w (\%) = \frac{(V_l - V_f) \times yW}{M_2} \times 100\%$$

keterangan :

V_l = Volume Oontoh tanah basah pada saat permulaan contoh pengujian = volume cawan (cc)

V_f = Volume tanah kering setelah dioven (cc)

yW = Kerapatan air = 1 gr/cc.

Maka didapat untuk perhitungan batas sudut (shrinkage limit/SL)

muatan dengan tambahan kation. Aktifitas ini bila dirumuskan sebagai berikut

$$Aktifitas = \frac{PI}{\text{Prosentase Lempung}}$$

Indikator aktifitas yang lebih praktis adalah batas susut. Batas susut adalah batas kadar air sebelum terjadinya perubahan volume. Aktifitas dalam kaitannya dengan perubahan volume merupakan pertimbangan utama dalam mengevaluasi tanah yang akan dipakai dalam pekerjaan tanah dan pondasi. Sebagian besar lempung akan mengembang bila jenuh.

Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser tanah diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah (bearing capacity), tegangan tanah terhadap dinding penahan (earth pressure), dan kesetabilan lereng (slope stability). Kekuatan geser tanah terdiri dari dua parameter, yaitu :

1. Bagian yang bersifat kohesi (C), yang tergantung pada macam tanah dan kepadatannya.
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan/frictional yang sebanding dengan tegangan efektif (r) yang bekerja pada dinding geser. Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = c' + (P - u) \tan \phi'$$

keterangan :

- S = Kekuatan geser
- P = Tegangan total pada dinding geser u tegangan air pori
- c' = Kohesi tanah
- ϕ' = Sudut perlawanan geser

Teori Daya Dukung Terzaghi

Pada umumnya persamaan teori daya dukung Terzaghi digunakan untuk pondasi dangkal, dimana $D < B$. Teori ini didasarkan pada anggapan bahwa kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus :

$$S = c' + \alpha \tan \phi$$

keterangan :

- S = kekuatan geser tanah
- α = Tegangan normal pada bidang geser
- c' = Kohesi
- ϕ = Sudut perlawanan geser

Teori terzaghi ini menghasilkan sebuah rumus daya dukung tanah sebagai berikut :

$$q = cNc + DNq + \frac{1}{2} yBNy \tan \phi$$

keterangan :

- q = daya dukung tanah (Ultimate Bearing Capacity) B = Lebar pondasi
- D = Kedalaman pondasi
- y = Berat Isi tanah
- c = Kohesi

Nc , Nq , dan Ny adalah faktor daya dukung yang tergantung pada besarnya sudut perlawanan geser.

Dari rumus tersebut sifat tanah yang perlu diketahui untuk menentukan daya dukung tanah adalah berat isi (y), dan konstanta kekuatan geser c dan ϕ . Bertambahnya harga, maka daya dukung tanah bertambah pula. Persamaan itu dapat juga digunakan untuk pasir padat, kerakal dan lempung keras.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan yaitu pendekatan pustaka dan metode survey.

a. Kajian Pustaka

Pendekatan yang dianggap seduai dalam menganalisa daya dukung tanah, stabilitas lereng dan pemecahannya. Pustaka yang dipakai adalah literatur mengenai Mekanika Tanah, Jalan Raya, Stabilisasi tanah dan lain-lain.

b. Metode Survey

Survey yang dilakukan adalah survey lapangan. Data yang diperoleh berupa data primer dan sekunder.

1. Data Primer

Yang termasuk data primer disini adalah

data mengenai kondisi, sifat-sifat serta jenis tanah pada lokasi penyelidikan, yang didapat melalui penyelidikan dilapangan dan di laboratorium. Penyelidikan ini akan membantu untuk menganalisa stabilitas lereng dan daya dukung tanah. Lokasi penelitian yang diambil adalah lima lokasi. Lokasi-lokasi tersebut Pucang Gading (Semarang), Jalan Pedurungan-Genuk (Semarang), Karangawen (Demak), Gubug (Purwodadi), Godong (Purwodadi).

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung dari data primer. Dari data sekunder ini dapat diketahui besarnya beban dan faktor lain yang mempengaruhi daya dukung tanah dan

stabilisasi lereng.

HASIL PENELITIAN

Dengan melakukan penyelidikan dan analisa data, baik di lapangan maupun di laboratorium mengenai karakteristik tanah, maka diharapkan akan diperoleh data yang akurat untuk keperluan suatu perencanaan.

Walaupun sebenarnya penentuan karakteristik tanah secara pasti cukup sulit, mengingat beberapa kandungan bahan tanah sangat sukar ditentukan dan rumit. Namun secara teknis, penyelidikan dan pengujian tanah baik di lapangan maupun di laboratorium cukup dapat digunakan sebagai acuan untuk keperluan suatu perencanaan. Di bawah ini hasil penelitian laboratorium mengenai karakteristik tanah :

Tabel 5. Hasil Percobaan Soil Test Rata-Rata

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
Kadar air (w) %	34.54	27.79	25.5	33.52	32.25
Spesifik Gravity	2.35	2.42	2.44	2.56	2.56
Unit weight gr/cm ³	1.48	1.38	1.47	1.50	1.47
Wet Density gr/cm ³	0.63	0.64	0.69	0.68	0.68
Dry Density gr/cm ³	1.10	1.09	1.17	1.12	1.11
Porositas %	53.21	55.07	51.95	56.07	56.63
Angka Pori	1.14	1.23	1.08	1.28	1.31

Tabel 6. Hasil Percobaan Aterberg Limit Rata-rata

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
Plastic Index %	61.14	46.03	39.34	33.705	52.06

Tabel 7. Hasil Percobaan CBR Test Rata-rata

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
CBR (10 Pukulan)	4.543	4.805	4.265	4.8775	5.8
CBR (25 Pukulan)	7.78	7.85	8.78	8.755	7.47
CBR (55 Pukulan)	10.78	10.445	2.335	13.815	8.945

Tabel 8. Hasil Percobaan CBR Design Rata-rata

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
CBR design	8.45	8.775	7.525	9.8	9.6

Tabel 9. Hasil Percobaan Direct Shear Test Rata-rata beban I

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
Kohesif (C) kg/cm ²	0.375	0.475	0.41	0.445	0.54
Sudut Geser Dalam (Φ^0)	23.5	22	20.5	23	23

Tabel 10. Hasil Percobaan Direct Shear Test Rata-rata beban II

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
Kohesif (C) kg/cm ²	0.85	0.85	0.93	0.925	0.72
Sudut Geser Dalam (Φ^0)	22.5	26.25	28.5	29	27

Tabel 6.11. Hasil Percobaan Direct Shear Test Rata-rata beban III

Unsur yang diteliti	Daerah Penelitian				
	Purwodadi		Semarang		Demak
	Godong	Gubug	Genuk	Pc. Gading	Kr. Awen
Kohesif (C) kg/cm ²	1.325	1.25	1.72	1.9	1.075
Sudut Geser Dalam (Φ^0)	31.5	32	33	35	26

Dari hasil penelitian tersebut diatas tanah lempung tergolong dalam kelompok lempung yang mempunyai potensi perubahan volume yang cukup tinggi karena rata-rata mempunyai Plastic Index (PI)>20. Tanah lempung akan mengalami pemuaiannya keika air bertambah dari referensinya. Penyusutan terjadi ketika kadar air berkurang dari nilai referensinya sampai batas susut. Tanah lempung ini mempunyai perubahan volume yang besar (ekspansif).

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin tanah lempung dipadatkan nilai CBR semakin besar dan kekuatan gesernya semakin besar pula.

Dalam penelitian ini Plastic Index (PI) mempengaruhi hasil CBR, semakin besar PI maka nilai CBR semakin kecil dan begitu sebaliknya. Selain itu PI mempengaruhi sifat mengembang dan menyusut dari tanah lempung. Bila tanah lempung tersebut terdapat mineral lain misalnya alanau ataupun pasir akan menyebabkan tanah tersebut mempunyai Plastic Index semakin kecil dan nilai CBR

bertambah besar jika dibandingkan dengan tanah lempung asli.

Dalam stabilisasi tanah lempung, khususnya tanah lempung ekspansif tujuannya yaitu selain meningkatkan daya dukung tanah adalah menurunkan Plastic Indexnya dengan mencampur bahan yang efektif dan ekonomis yaitu misalnya : penambahkan bahan pencampur seperti gamping yang terhidrasi (mati). Biasanya penambahan sebanyak 2 sampai 4 persen akan mengurangi PI sampai kurang dari 20. Dengan berkurangnya nilai Plastic Index ini akan mengurangi pula sifat mengembang dan menyusutnya yang terlalu besar, sehingga tanah dalam keadaan stabil.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai sudut geser tanah lempung daerah Godong, Gubug, Karangawen, Pucanggading, dan Genuk berkisar antara 19⁰ sampai 37⁰.

Semakin meningkatnya Plastic Index akan menyebabkan sudut geser dalam dari tanah lempung akan semakin kecil. Pada penelitian kekuatan geser untuk tanah lempung yang dipadatkan sudut gesernya berada pada

sudut geser maksimum jika dibandingkan dengan percobaan Kenney untuk tanah lempung asli (undisturbed) dan tanah lempung teremas (remolded). Jadi tanah lempung yang dipadatkan akan mempunyai sudut geser yang lebih besar dan begitu pula nilai CBRnya akan meningkat pula hal ini dapat dibuktikan dengan meningkatnya nilai CBR untuk banyaknya pukulan yang berbeda yaitu : CBR 10x pukulan nilainya lebih kecil dari CBR 25x pukulan dan begitu pula nilai kedua CBR ini lebih kecil dari CBR 55x Pukulan.

Dari hasil penelitian yang dibuat dalam bentuk grafik dapat ditentukan suatu rumus pendekatan hubungan antara CBR dengan PI, CBR dengan Sudut Geser dalam, CBR dengan kohesi, dan Plastic Index dengan sudut geser dalam dengan metode Least Squares sebagai berikut :

a. Hubungan CBR dengan PI :

$$Y_a = 137.86 - 6.79x$$

$$Y_b = 90.80 - 4.57x$$

keterangan :

Y_a = batas atas Plastic Index (%)

Y_b = batas Bawah Plastic Index (%)

x = Nilai CBR (%)

b. Hubungan CBR dengan Sudut geser dalam :

$$Y_a = 18.38 - 1.16x$$

$$Y_b = 10.50 - 1.71x$$

keterangan :

Y_a = batas atas Sudut Geser dalam ($^{\circ}$)

Y_b = batas Bawah Sudut Geser dalam ($^{\circ}$)

x = Nilai CBR (%)

c. Hubungan CBR dengan Korelasi

$$Y_a = 0.165x - 0.28$$

$$Y_b = 0.174x - 0.56$$

keterangan :

Y_a = batas atas Kohesi (kg/cm^2)

Y_b = batas Bawah Kohesi (kg/cm^2)

x = Nilai CBR (%)

d. Hubungan PI dengan sudut geser dalam :

$$\phi = 49.916 - 0.4 PI$$

Atau :

$$\sin \phi = 0.796566 - 0.00598 PI$$

keterangan :

ϕ = Sudut geser dalam ($^{\circ}$)

PI = Plastic Index (%)

KESIMPULAN

1. Tanah lempung pada penelitian tergolong dalam kelompok lempung yang mempunyai potensi perubahan volume yang cukup tinggi karena rata-rata mempunyai Plastic Index (PI) > 20.
2. semakin tanah lempung dipadatkan nilai CBR semakin besar dan kekuatan gesernya semakin besar pula.
3. semakin besar PI maka nilai CBR semakin kecil dan begitu sebaliknya
4. Semakin meningkatnya Plastic Index akan menyebabkan sudut geser dalam dari tanah lempung akan semakin kecil

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and material, *Annual Book of ASTM Standart Construction*, 1989
- Braja M. Das, Nur Endah, Indra Surya B. Muchtar, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, *Panduan Pengujian CBR Laboratorium*, 1987
- Irving S. Dunn, Loren R. Anderson, Fred W. Kiefer, *Fundamentals of Geotekchnical Analysis*, John Wiley and Son, 1980
- Sudjana, MA, MSc, Prof. Dr, *Metode Statistika*, Tarsito Bandung, 1992
- Suyono Sosrodarsono, Ir. Kasuto Nakazawa, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1980