

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah dalam pandangan Teknik Sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 1992, hal 1). 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. (Braja M Das, 1988). Tanah juga didefinisikan sebagai yang tidak mempunyai akumulasi partikel mineral atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara.

Tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanah, air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (*voids*). Apabila tanah sudah benar-benar kering maka tidak akan ada air sama sekali dalam porinya. Keadaan semacam ini jarang ditemukan pada tanah yang masih dalam keadaan asli dilapangan. Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita mengambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan di dalam oven (Wesley, L.D. 1977, Hal 1).

Menurut pengertian teknik secara umum, (Braja M Das, 1988) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat mineral – mineral padat yang dapat terikat secara kimia, antara satu sama lain dari bahan – bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong diantara partikel – partikel padat tersebut. Peranan tanah ini sangat penting dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan karena tanah tersebut berfungsi untuk mendukung beban yang ada di atasnya, oleh karena itu tanah yang akan dipergunakan untuk mendukung konstruksi harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai tanah dasar

(*Subgrade*).

Partikel tanah berukuran sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Ada beberapa sistem dalam pengklasifikasian tanah, klasifikasi tanah dimaksudkan untuk menentukan jenis tanah sehingga diperoleh gambaran sepintas tentang jenis tanah. Sebagaimana diketahui tanah terbentuk akibat perubahan cuaca, keadaan medan dan adanya tumbuh-tumbuhan selama kurun waktu yang cukup lama. Sehingga untuk mendeskripsikan tanah dibutuhkan pengetahuan tentang sifat-sifat asli tanah, formasi batuanannya, ukuran butirnya, warna, tekstur dan konsistensi dari tanah yang bersangkutan. Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

2.2 Jenis Tanah Berdasarkan Butiran

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi mulai dari partikel dengan ukuran yang lebih besar dari 100 mm hingga partikel dengan ukuran yang lebih kecil dari 0,001 mm.

Ukuran butiran tanah tergantung dari diameter partikel tanah yang membentuk massa tanah itu. Sedangkan untuk memperoleh komposisi tanah tersebut dapat dilakukan dengan cara pengujian laboratorium sehingga dapat diketahui perbandingan butir-butir halus dan kasarnya. Besarnya butir-butir tanah merupakan dasar untuk mengklasifikasikan tanah atau pemberian nama pada suatu tanah tertentu.

Ukuran butiran tanah dapat diketahui lebih jauh dengan penggambaran dalam suatu grafik yang disebut sebagai diagram pembagian ukuran butiran tanah. Penggunaan diagram tersebut digunakan untuk mengetahui meratanya campuran ukuran butiran dan persentase dari bagian-bagian yang terdiri dari kerikil, pasir,

lanau maupun lempung. Penggambaran grafik ukuran pembagian ukuran butiran tanah digunakan grafik semi logaritma yaitu grafik yang arah vertikal berskala biasa untuk persentase lolos dari butiran dan arah horizontal berskala logaritma untuk diameter butiran.

Nama tanah dan sifat-sifat tanah diketahui dengan prosentase dari macam-macam ukuran butirannya. Berikut diberikan batasan ukurannya:

a. Kerikil atau Gravel : 4,76 – 75 mm;

b. Pasir atau Sand : 0,074-0,76 mm;

Pasir adalah tanah yang kuat dan bersifat mudah dilalui air, butiran-butirannya lepas sehingga mudah longsor. Tanah pasir dibedakan menjadi tiga yaitu:

1) Pasir halus berdiameter antara 0,074 – 0,425 mm;

2) pasir sedang berdiameter antara 0,425 – 2,00 mm; dan

3) Pasir kasar berdiameter antara 2,00 – 4,76 mm.

c. Lanau atau silt : 0,005 – 0,074 mm; dan

Lanau merupakan peralihan antara pasir halus dan lempung.

d. Lempung (*clay*) : < 0,005 mm.

Sifat murni dari lempung adalah butiran-butirannya saling melekat (*kohesif*), rapat air dan dapat kembang susut oleh pengaruh basah dan kering.

Pembagian ukuran butiran tanah ini dapat dilakukan melalui analisa ayakan. Tanah yang akan dianalisa dikeringkan dalam oven/matahari, kemudian dengan saringan tanah tersebut diayak. Susunan saringannya adalah diameter besar berada diatas saringan yang berdiameter kecil.

2.3 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO Stabilisasi Tanah

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) yang dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 yang dipergunakan hingga sekarang. Sistem ini didasarkan pada kriteria berikut ini:

a. Ukuran butir dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung.

1) Kerikil adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm.

2) Pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,0075 mm.

3) Lanau & Lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 0,0075 mm.

- b. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian - bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (*IP*) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian - bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

Untuk menilai suatu bahan sebagai *subgrade* jalan raya, digunakan suatu angka indeks kelompok (*Group index = GI*). Indeks kelompok berfungsi untuk menentukan kelompok tanah dan sub kelompok tanah.

$$GI = (F - 35) - [0.20 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10) \quad (2.1)$$

dimana:

LL adalah Batas cair;

PI adalah indeks plastisitas; dan

F adalah persentase butiran yang lolos saringan No. 200.

2.4 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah digunakan untuk mendapatkan kondisi tanah yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Memperbaiki sifat - sifat tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni cara pemadatan (secara teknis), mencampur dengan tanah lain, mencampur dengan semen, kapur atau belerang (secara kimiawi), pemanasan dengan temperature tinggi, dan lain sebagainya.

Menurut Ingels dan Metcalf (1972), sifat - sifat tanah yang diperbaiki dengan stabilisasi dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan/keawetan. Metode untuk memperbaiki sifat - sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman. Hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat - sifat tanah terjadi proses kimia yang memerlukan waktu untuk zat kimia untuk bereaksi.

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan kimiawi. Stabilisasi mekanis digunakan untuk menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan mengatur gradasi butiran tanah, perbaikan struktur dan

perbaikan sifat-sifat mekanis tanah dengan berbagai macam alat mekanis, seperti mesin gilas, benda-benda berat yang dijatuhkan, peledak, dll. Stabilisasi kimiawi digunakan untuk menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan menambahkan bahan pencampur/tambahan (aditif) seperti: kerikil untuk kohesi (lempung), lempung untuk tanah berbutir kasar, pencampur kimiawi (semen *portland*, gamping/kapur, abu batu bara, semen aspal, dll).

Penelitian ini akan dilakukan stabilisasi tanah sebagai lapis pondasi perkerasan jalan dengan bahan pencampur kimiawi sebagai bahan pengikat yaitu semen. Stabilisasi tanah dengan semen biasa disebut dengan *Soil Cement*.

2.5 Stabilisasi Tanah Semen (*Soil Cement*)

Soil Cement merupakan stabilisasi atau campuran semen dan tanah untuk mendukung kekuatan tanah atau daya dukung tanah, yang apabila menyatu dengan air akan menjadi keras dan dapat digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. Apabila butir-butir tanah bercampur dengan semen dalam waktu tertentu sifatnya akan menjadi keras dan dimungkinkan tanah menjadi kedap air.

2.5.1 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang bila dicampur dengan air akan menjadi ikatan yang akan mengeras, karena terjadi reaksi kimia sehingga membentuk suatu massa yang kuat dan keras, yang disebut hidroulic cement. Istilah semen di Indonesia atau didunia perdagangan yang dimaksud adalah sebagai *Portland composite cement (PCC)*. *Portland composite cement* didefinisikan sebagai suatu hasil produksi yang terdiri dari sebagian besar kalsium silikat yang didapat dari pemanasan hingga meleburnya campuran homogen, bahan yang utamanya berisikan kapur CaO dan silikat (SiO₂) dengan sejumlah kecil alumunia (Al₂O₃) dan besi oksida (Fe₂O₃), (Sherwood, 1993). Distribusi ukuran butir semen portland adalah antara 0,5-100 mikron. Campuran tanah dengan semen umumnya berkisar antara (4-15)% dari berat tanah (Kreb & Walker, 1971).

2.5.2 Interaksi dan Sifat Campuran Tanah Dengan Semen (*Soil Cement*)

Semen merupakan material serbuk yang bersifat sebagai bahan pengikat untuk campuran bahan jalan sehingga memperbaiki sifat teknisnya. Ketika semen ditambahkan pada tanah maka akan terjadi reaksi, proses reaksi yang terjadi yaitu proses reaksi primer dan sekunder. Proses reaksi primer terdiri dari hidrolisis dan hidrasi semen yang oleh karenanya butiran semen membentuk jaringan-jaringan yang kuat untuk mengikat butiran mineral yang berdekatan. Sedang proses reaksi sekunder terdiri reaksi antara butiran tanah dan kalsium hidroksida yang dibebaskan selama hidrasi semen (Kreb & Walker, 1971). Reaksi kimia yang terjadi pada stabilisasi tanah dengan Semen Portland yaitu:

1. Absorpsi Air dan reaksi Pertukaran Ion;

Bila Semen Portland ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{++} dilepaskan melalui proses hidrolisa dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Bereaksinya semen dengan air yang terkandung pada tanah akan menimbulkan panas dan pada saat yang bersamaan, volume semen menjadi lebih besar dari pada volume asalnya sehingga menyebabkan turunnya kandungan air di dalam tanah.

2. Reaksi pembentukan kalsium silikat dan kalsium aluminat;

Contoh-contoh umum hidrasi adalah sebagai berikut :



Dari reaksi-reaksi kimia tersebut di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan ialah hidrasi dari A-lit ($3CaO.SiO_2$) dan B-lit ($2CaO.SiO_2$), sehingga membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang mengakibatkan kekuatan tanah meningkat.

3. Reaksi Pozzolan.

Reaksi antara silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, sehingga dapat bereaksi dengan semen dan air. Hasil reaksi adalah terbentuknya kalsium silikat hidrat seperti: tobermorit, kalsium aluminat hidrat $4CaO.Al_2O_3.12H_2O$ dan gehlenit hidrat $2CaO.Al_2O_3.SiO_2.6H_2O$ yang tidak larut dalam air. Pembentukan senyawa-senyawa ini berlangsung lambat dan menyebabkan tanah menjadi

lebih keras, lebih padat dan lebih stabil.

Umumnya ada dua istilah yang muncul dalam stabilisasi tanah dengan semen, yaitu modifikasi dan sementasi. Modifikasi meliputi penambahan sejumlah kecil semen (sekitar 0,5% sampai 3% dari berat tanah) untuk mengurangi plastisitas, mengendalikan pengembangan, memperbaiki plastisitas, memperbaiki sifat kekuatan tanpa banyak mengeras atau tanpa peningkatan yang berarti kuat tekan atau tarik dalam keadaan ini derajat sementasi sangat kecil.

Ketika semen berada didalam tanah granular, sementasi sepertinya menyerupai beton kecuali bahwa pasta semen tidak mengisi rongga butiran tanah, melainkan butiran semen kebanyakan mengalami sementasi pada titik kontak. Juga semakin padat gradasi bahan granular akan memerlukan sedikit semen dan makin efektif distabilisasi daripada bahan yang bergradasi seragam.

Jumlah semen dalam campuran tergantung pada klasifikasi tanah yang akan distabilisasi. Jumlah semen yang diperlukan akan lebih besar pada tanah berbutir halus daripada tanah granular, karena permukaan butiran yang diliputi lebih luas untuk terjadinya sementasi pada titik kontak. Menentukan perkiraan persentase semen sebagai bahan pengikat dalam *Soil Cemen*, dapat dilihat pada Tabel 2.1 penentuan perkiraan perentase semen yang dibuthkan, Tabel 2.2 kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kepasiran dan Tabel 2.3 kebutuhan semen rata-rata untuk tanah kelanauan dan kelempungan berikut ini:

Tabel 2. 1 Penentuan Perkiraan Persentase Semen Yang Dibutuhkan

Klasifikasi Tanah (AASHTO)	Rentang Umum Kadar Semen Yang Diperlukan	Perkiraan Kadar Semen Untuk Uji Pematatan
	% Berat	% Berat
A-1.a	3-8	5
A-1.b	5-8	6
A-2	5-9	7
A-3	7-11	9
A-4	7-12	10
A-5	8-13	10
A-6	9-15	12
A-7	10-16	13

Sumber: Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstuksi jalan

Tabel 2. 2 Kebutuhan Semen Rata-Rata Untuk Tanah Kepasiran

Tanah Tertahan Saringan No.4	Bahan < 0,05 mm, %	Kadar semen, % berat					
		Berat isi maksimum, ton/m ³					
		1,40-1,50	1,76-1,83	1,84-1,91	1,92-1,99	2,00-2,07	≥2,08
0-14	0-19	10	9	8	7	6	5
	20-39	9	8	7	7	5	5
	40-50	11	10	9	8	6	5
15-29	0-19	10	9	7	6	5	5
	20-39	9	8	7	6	6	5
	40-50	12	10	9	8	7	6
30-45	0-19	10	8	7	6	5	5
	20-39	11	9	8	7	6	5
	40-50	12	11	10	9	8	6

Sumber: Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan

Tabel 2. 3 Kebutuhan Semen Rata-Rata Untuk Tanah Kelanauan Dan Kelempungan

Grup Indeks (GI)	Bahan antara 0,05 dan 0,005 mm, %	Kadar semen, % berat						
		Berat isi maksimum, ton/m ³						
		1,40-1,50	1,51-1,59	1,60-1,67	1,68-1,75	1,76-1,83	1,84-1,91	≥1,92
0-3	0-19	12	11	10	8	8	7	7
	20-39	12	11	10	9	8	8	7
	40-50	13	12	11	9	9	8	8
	≥60	-	-	-	-	-	-	-
4-7	0-19	13	12	11	9	8	7	7
	20-39	13	12	11	10	9	8	8
	40-50	14	13	12	10	10	9	8
	≥60	15	14	12	11	10	9	9
8-11	0-19	14	13	11	10	9	8	8
	20-39	15	14	11	10	9	9	9
	40-50	16	14	12	11	10	10	9
	≥60	17	15	13	11	10	10	10
12-15	0-19	15	14	13	12	11	9	9
	20-39	16	15	13	12	11	10	10
	40-50	17	16	14	12	12	11	10
	≥60	18	16	14	13	12	11	11
16-20	0-19	17	16	14	13	12	11	10
	20-39	18	17	15	14	13	11	11
	40-50	19	18	15	14	14	12	12
	≥60	20	19	16	15	14	13	12

Sumber: Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan

2.6 Renolith

Renolith merupakan bahan aditif cair yang berfungsi memperbaiki kondisi

tanah dasar. *Renolith* adalah bahan aditif yang penggunaannya dibantu dengan semen. *Renolith* akan meningkatkan elastisitas, meningkatkan kekuatan tanah, menutup pori-pori tanah sehingga tanah menjadi lebih kedap air.

(www.renolithindonesia.com)

2.6.1 Fleksibilitas *Renolith*

Konsep pembebanan yang terjadi pada lapisan perkerasan jalan, merupakan beban dinamis. Bila ditinjau pada satu titik jalan yang terkena beban dinamis (F) maka, akan terjadi tegangan yang tanpa disadari akan membuat lapisan perkerasan akan menjadi “berkerut” walaupun perkerasan itu tidak dibebani lagi.

Fleksibilitas yang tinggi diperlukan pada lapisan perkerasan jalan agar jalan tidak mengalami perubahan bentuk maupun penurunan sehingga tidak terjadi keretakan. Diantara partikel-partikel tanah, *renolith* terlihat seperti karet yang memiliki kemampuan untuk tetap melekat satu sama lain. Partikel-partikel ini memiliki kemampuan yang dimiliki oleh partikel-partikel jalan biasa. *Renolith* membuat partikel ini memiliki kemampuan untuk kembali ke posisi awal pada saat beban hilang.

Pada lapisan perkerasan yang ditambah dengan *renolith*, modulus elastisitas lapisan perkerasan lebih tinggi sehingga penurunan atau perubahan lapisan perkerasan bisa terjadi dengan beban dinamis F yang lebih besar daripada beban yang telah diberikan pada lapisan perkerasan. Dan karena *renolith* memiliki fleksibilitas yang tinggi, maka perubahan bentuk akibat beban dinamis F tidak bisa terjadi lagi. Sehingga hal ini membuktikan bahwa *renolith* memperpanjang usia perkerasan jalan.

2.6.2 *Renolith* Memberikan Perlindungan Terhadap Rembesan Air

Rembesan air ke dalam lapisan perkerasan jalan akan membawa dampak yang berbahaya bagi lapisan perkerasan di atasnya. Pada daerah yang memiliki iklim tropis, air yang berada di dalam perkerasan akan menjadi uap air yang panas akibat terkena matahari. Pada saat air itu menjadi uap, maka akan terbentuk kapiler-kapiler pada perkerasan jalan yang akan menunjang terjadinya penyerapan air ke dalam lapisan perkerasan.

Hal ini diakibatkan karena lubang-lubang kapiler yang ada cukup dalam.

Pada saat terjadi penyerapan air, maka kondisi lapisan tanah dasar akan terganggu dan akan merusak perkerasan jalan. *Renolith* mampu menutup lubang pada kapiler-kapiler itu secara acak dan membentuk semacam pelindung yang menahan air untuk dapat menguap sehingga tidak terjadi penguapan air ke dalam lapisan perkerasan.

2.6.3 *Renolith Water Supply System*

Masalah penyerapan air akan terlihat pada saat curing selesai. Tetapi pada saat proses curing, kelembaban perlu dijaga agar kondisi tanah tetap optimum. Bila tanah kehilangan kandungan airnya karena proses penguapan, maka akan terjadi retak akibat volume tanah yang menyusut pada lapisan tersebut.

Renolith mencegah agar tanah tidak kehilangan kandungan airnya pada proses curing berlangsung. Hal ini terjadi karena *renolith* dapat mendistribusikan air yang ada pada lapisan tersebut ke seluruh system yang ada sehingga tanah tidak akan kekurangan kandungan airnya. Dengan demikian *renolith* mencegah tanah untuk berkembang ataupun menyusut dan kondisi lapisan tanah pun tetap optimum seperti yang diharapkan. Keretakan lapisan ini pun dapat dihindarkan.

2.6.4 Keuntungan *Renolith*

Renolith digunakan dalam proses stabilisasi tanah dengan cara mencampurkan *renolith* ke dalam bahan lain, dalam hal ini adalah semen, untuk meningkatkan kinerja bahan-bahan tersebut, misalnya CBR, daya dukung tanah terhadap rembesan air, daya tahan dan kekuatan. Dengan menggunakan *renolith*, kita cukup memanfaatkan tanah yang ada menggunakan semen yang lebih sedikit sehingga dapat lebih mengurangi tingkat kekenyalan tanah, banyak memanfaatkan air serta meningkatkan daya tahan dan hasilnya lebih kuat. Proses pencampuran tanah-semen-*renolith* biasanya dilakukan ditempat konstruksi.

Keuntungan utama adalah minimnya campuran tambahan untuk menstabilkan material setempat yang mungkin kurang dalam aspek teknisnya. Menunjukkan penghematan jika dibandingkan dengan metode lainnya, memungkinkan konstruksi efisien dan cepat, mengurangi konsumsi energy, mendukung prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan, karena melestarikan

sumber daya alam yang berharga dengan cara memaksimalkan pemanfaatan bahan yang ada. (Rantinurlia, 2007).

Kadar penggunaan renolith berdasarkan persentasi kadar semen terhadap berat kering tanah yang akan diuji. Dari perusahaan renolith telah mengeluarkan spesifikasi penggunaan kadar semen dan kadar renolith berdasarkan jenis tanah yang akan digunakan sebagai bahan timbunan. Dengan penambahan 5-10% *renolith* (terhadap berat semen) kedalam campuran tanah-semen akan menghasilkan campuran yang setelah pemadatan dan perawatan akan meningkatkan kekerasan jalan dengan elastisitas yang tinggi sehingga strukturnya kuat dan menyatu. (www.renolithindonesia.com)

2.7 Keaslian Penelitian

Pada penelitian stabilisasi *soil cement* dengan *renolith* sudah pernah dibahas pada penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya membahas soil cement dengan kadar *soil cement* dan *renolith* yang berbeda-beda.

2.7.1 Universitas Islam “45” (Nur Kholis, Dkk) 2018

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah, berat jenis tanah, indeks plastisitas, CBR, UCS dan direct shear tanah asli dan tanah stabilisasi. Proses stabilisasi tanah ini dilakukan dengan cara mencampur tanah asli menggunakan semen dan renolith dengan variasi persentase 10% semen dan renolith 3%, 6 % terhadap berat kering tanah. Nilai CBR tertinggi didapat pada variasi 10% semen tanpa renolith dengan peningkatan nilai CBR sebesar 552,35% terhadap nilai CBR tanah asli. Begitu pula pada nilai UCS, peningkatan nilai UCS tertinggi terdapat pada variasi 10% semen tanpa *renolith* yaitu sebesar 163,33% terhadap nilai UCS tanah asli. Hasil pengujian direct shear menunjukkan peningkatan nilai sudut geser sebesar 1% terhadap tanah asli pada variasi 10% semen dan 6% renolith. Kekurangan dari penelitian ini tidak signifikannya kenaikan nilai pengujian yang terjadi pada *soil cement* + *renolith* yang disebabkan oleh waktu pengeringan 3 hari.

2.7.2 Politeknik Samarinda (Raudah Ahmad) 2011

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air jenis tanah, berat

jenis tanah, indeks plastisitas, CBR, proctor, *direct shear* dan UCS tanah asli. Dan tanah yang stabilisasi mengetahui nilai tingkat kepadatan, nilai CBR (*California Bearing Ratio*), nilai konsolidasi dan kuat tekan bebas. Proses stabilisasi tanah ini dilakukan dengan cara mencampur tanah asli menggunakan semen dan *renolith* dengan variasi persentase 6 %, 8 %, dan 10 % semen dan *renolith* 5% dilakukan pemeraman selama 3 hari. Hasil pengujian diperoleh bahwa klasifikasi tanah yang diuji dengan sistem AASHTO masuk kedalam golongan tanah A-4 dengan butiran tanah yang lolos >35%. Dari hasil pengujian CBR rendaman diperoleh nilai CBR yang lebih tinggi pada penambahan *renolith* 5% terhadap berat semen. Nilai CBR 120% yang disyaratkan mampu dicapai untuk campuran *soil cement* 9%, sedangkan setelah penambahan *renolith* 5% terhadap campuran *soil cement* maka CBR yang disyaratkan mampu dicapai pada semen 8%. Nilai kuat tekan bebas mengalami kenaikan dan nilai *swelling* (pengembangan) serta nilai penurunan konsolidasi tanah tersebut mengalami penurunan akibat adanya penambahan *renolith* pada campuran *soil cement*. Kekurangan dari penelitian ini nilai dari pengujian yang sudah distabilisasi belum mengetahui optimum dari *soil cement + renolith* serta belum mengetahui turunya nilai *soil cement + renolith*.

2.8 *Handboring*

Handboring merupakan pengeboran secara manual dengan menggunakan tangan untuk pengambilan sampel tanah, yaitu tanah *disturb* (tanah terganggu) dan tanah *undisturb* (tanah tidak terganggu) untuk keperluan penyelidikan lebih lanjut di laboratorium). Pengujian *boring* dan *sampling* merupakan pengujian dengan membuat lubang pada tanah dengan alat *handbor* dengan ukuran tertentu, dan dilakukan dengan manual menggunakan tenaga manual manusia. Pengujian *boring* dan *sampling* ini bertujuan untuk mendapatkan atau mendiskripsikan susunan lapisan tanah. Dari pengeboran ini dapat dilakukan pengambilan sampel data tanah sebagai bahan untuk penelitian tanah selanjutnya yang akan dilakukan di laboratorium (Munawir, 2008).

Pengambilan *Undisturbed* dilakukan dengan cara hati-hati untuk melindungi struktur asli tanah tersebut. *Undisturbed sample* adalah contoh tanah yang masih menunjukkan sifat asli tanah tanpa ada perubahan dari karakteristik tanah asli

tersebut. Contoh *undisturbed* ini secara ideal tidak mengalami perubahan struktur, kadar air, dan susunan kimia. Contoh tanah yang benar-benar asli tidak mungkin diperoleh, tetapi untuk pelaksanaan yang baik maka kerusakan contoh dapat dibatasi sekecil mungkin.

2.9 Kadar Air

Menurut Das (1985), tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air, dan bahan padat. Ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.

Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan antar berat air (W_c) dengan berat butiran (W_s) dalam tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Cara penetapan kadar air dapat dilakukan dengan sejumlah tanah basah yang dikeringkan dalam oven menurut (Budi, 2011).

$$W_c = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

W_c adalah kadar air (*water content*)

W_w adalah berat air

W_s adalah berat tanah dalam keadaan kering (*oven dry*)

Jenis tanah dapat diketahui dari hasil perhitungan kadar air. Jenis tanah menurut Braja M. DAS (1995), dapat dilihat pada Tabel 2.4 tipe tanah.

Tabel 2. 4 Tipe Tanah

Tipe Tanah	Kadar air (%)
Lempung kaku	21
Lempung lembek	30-50
Tanah (loess)	25
Lempung organik lembek	90-120
Glacial till	10

(Sumber: Braja M. Das jilid 1, 1995)

Oleh sebab itu, pengujian atas kadar air tanah ini merupakan salah satu pengujian yang selalu dilakukan setiap penyelidikan tanah. Pengujian menggunakan metode kering oven (*oven drying method*), yaitu memanaskan benda uji pada suhu

(110±5)°C selama 16 s/d 24 jam. Pada keadaan khusus apabila tanah yang diuji berupa jenis lempung dari mineral *nonmorolinote/holosite*, gypsum atau bahan-bahan organik (misalnya tanah gambut), maka suhu pengeringan maksimum dibatasi sampai 60°C dengan waktu pengeringan yang lebih lama. Penentuan kadar air tanah sedapat mungkin dilakukan segera setelah penyiapan benda uji, terutama bila cawan yang digunakan mudah berkarat.

2.10 Berat Volume

Menurut ASTM D-2049, yang dimaksud dengan berat volume basah tanah asli adalah perbandingan antara berat tanah asli seluruhnya dengan isi tanah asli seluruhnya. Untuk keadaan tanah asli yang besar atau padat langsung dengan air raksa. Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah kering hanya akan terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah jenuh terdapat dua bagian, yaitu bagian padat dan air pori. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat, pori udara dan air pori.

Keragaman berat volume tanah sangat bergantung pada jenis fraksi penyusunan tanah termasuk tekstur tanah. Tanah-tanah yang bertekstur jarang biasanya mempunyai berat volume yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang agak pejal. Pertumbuhan akar akan terhambat pada tanah-tanah yang mempunyai berat volume lebih dari 1,6 g/cm³. Perkembangan akar akan terhenti pada tanah yang mempunyai berat volume antara 1,7 hingga 1,9 g/cm³ sementara itu nilai berat jenis sangat mendekati 2,65 g/cm³ dengan standar deviasi tidak lebih dari 0,15 g/cm³. Nilai BV dari B_j yang terendah ditemui pada horizon O yang banyak mengandung bahan organik dan tertinggi pada horizon B (Suhardi, 1997).

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

(2.3)

Dimana

γ adalah berat volume (gram/cm³)

W adalah berat tanah (gram)

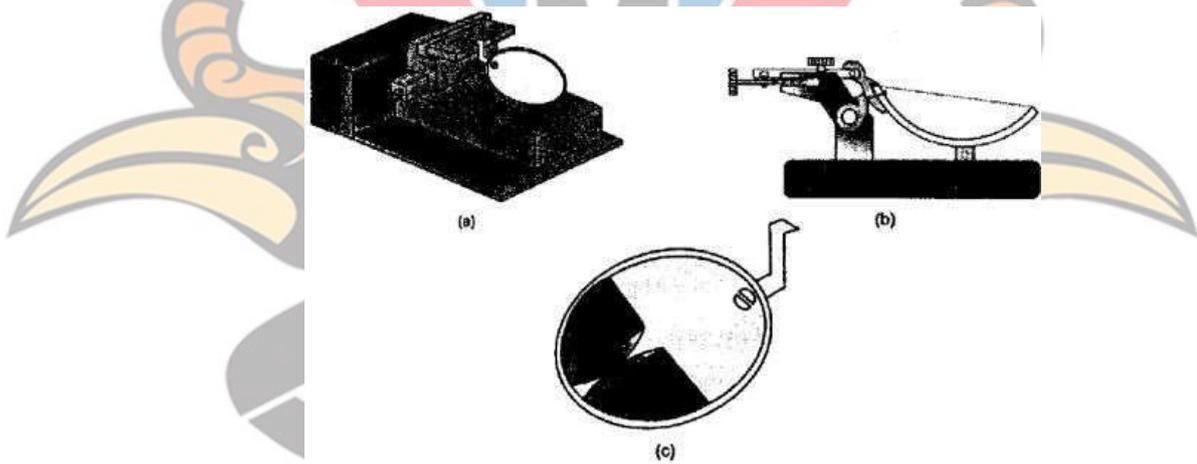
V adalah volume total

2.11 Batas-batas konsistensi www.itk.ac.id

Batas-batas Batas Atterberg diperkenalkan oleh Albert Atterberg pada tahun 1911 dengan tujuan untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus dan menentukan sifat indeks property tanah. Batas Atterberg meliputi batas cair, batas plastis, dan batas susut.

2.11.1 *Liquid Limit* (Batas cair)

Batas cair adalah nilai kadar air tanah dalam kondisi tanah antara cair dan plastis. Batas plastis adalah nilai kadar air tanah dalam kondisi antara plastis dan semi padat. Batas susut/kerut adalah nilai kadar air tanah dalam kondisi antara semi padat dan padat. Tanah berbutir halus yang mengandung mineral lempung sangat peka terhadap perubahan kandungan air. Pengujian batas cair dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Pengujian Batas Cair

(Sumber : Braja, 1995)

Tujuan dari pemeriksaan batas cair adalah untuk menentukan kadar air suatu tanah pada batas keadaan cair. Batas cair adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. US Waterways Experiment Station Vicksburg, Missisipi (1949) mengajukan suatu persamaan empiris untuk menentukan batas cair, yaitu:

$$LL = w_N \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta} \quad (2.4)$$

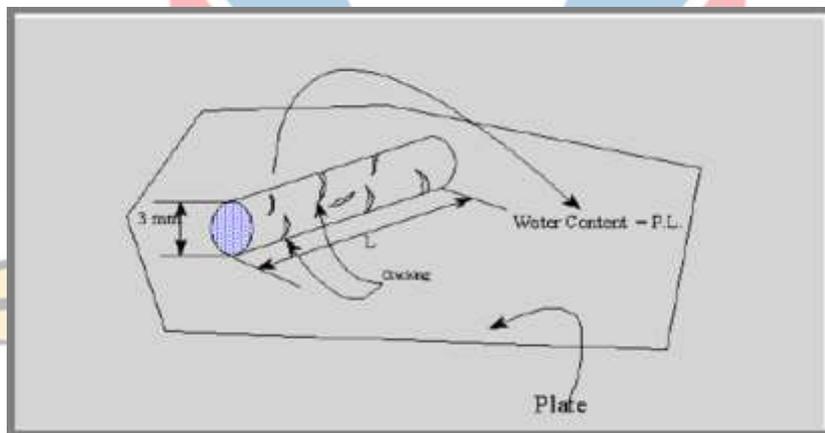
Dimana:

N adalah jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menutup goresan selebar 0.5 in pada

dasar contoh tanah yang diletakkan dalam mangkok kuning dari alat uji batas cair. w_N adalah kadar air dimana untuk menutup dasar goresan dari contoh tanah dibutuhkan pukulan sebanyak N . $\tan \beta$ adalah 0.121

2.11.2 Plastic Limit (Batas plastis)

Batas plastis tanah (PL) adalah kadar air minimum (dinyatakan dalam persen) bagi tanah tersebut yang masih dalam keadaan plastis. Tanah ada pada keadaan plastis, apabila tanah digiling menjadi batang-batang berdiameter 3 mm mulai menjadi retak-retak. Pengujian batas plastis dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Pengujian Batas Plastis
(Sumber : Braja, 1995)

Index plastisitas sesuatu tanah adalah bilangan (dalam persen) yang merupakan selisih antara batas cair dan batas plastisitasnya. Dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus:

$$PI = LL - PL \quad (2.5)$$

Nilai IP yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut peka terhadap perubahan kadar air, dan mempunyai sifat kembang susut yang besar, serta besar pengaruhnya terhadap daya dukung tanah atau kekuatan tanah. Klasifikasi potensi kembang pada pengujian tanah asli dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Tingkat keplastisan dan kohesifitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 5 Klasifikasi Potensi Kembang Pada Pengujian Tanah Asli

Nilai Indeks Plastic (IP)	PI (%)
0% - 10%	Rendah
10% - 20%	Sedang

20% - 35%	Tinggi
>35%	Sangat Tinggi

(Sumber: Soedarmo 1993)

Tabel 2. 6 Tingkat Keplastisan Dan Kohesifitas Tanah

Macam Tanah	PI (%)	Plasticity	Kohesif
Pasir (<i>Sand</i>)	0	<i>Non Plasticity</i>	<i>Non Cohesive</i>
Lanau (<i>Silt</i>)	< 7%	<i>Low Plasticity</i>	<i>Partly Cohesive</i>
Lanau berlempung (<i>Silty Clay</i>)	7-17 %	<i>Medium Plasticity</i>	<i>Cohesive</i>
Lempung berlanau (<i>Clay Silt</i>)	7-17 %	<i>Medium Plasticity</i>	<i>Cohesive</i>
Lempung (<i>Clay</i>)	>17%	<i>High Plasticity</i>	<i>Non Cohesive</i>

Sumber: Mekanika Tanah I

2.11.3 Shrinkage Limit (Batas Susut)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air dimana pengurangan kadar air pada tanah tidak lagi mempengaruhi volume total tanah. Suatu contoh tanah akan menyusut sebanding dengan volume air di dalam pori tanah yang menguap. Namun terdapat suatu batas dimana berkurangnya air di dalam pori tanah tidak mengurangi volume tanah yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 batas susut sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Batas Susut

(Sumber : Braja, 1995)

Batas susut dapat dihitung dengan perumusan menurut Budi (2011) sebagai berikut:

$$SL = Wc - \frac{V - V_0}{W_0} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana:

SL adalah batas susut

Wc adalah kadar air pada pasta tanah

W_0 adalah berat kering pasta tanah

V_0 adalah volume air raksa yang masuk kedalam gelas ukur

V adalah volume gelas ukur

Harga-harga atterberg limit untuk mineral lempung dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Harga-Harga Atterberg Limit Untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut
Montmorillonite	100 – 900	50 – 100	8,5 – 15
Nontronite	37 – 72	19 – 27	
Illite	60 – 120	35 – 60	15 – 17
Kaolinite	30 – 110	25 – 40	25 – 29
Halloysite terhidrasi	50 – 70	47 – 60	
Halloysite	35 – 55	30 – 45	
Attapulgite	160 – 230	100 – 120	
Chlorite	44 – 47	36 – 40	
Allophane	200 – 250	130 – 140	

(Sumber: Das B.M,1994)

2.12 Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama dan pada temperatur tertentu. Berat jenis tanah diperlukan untuk menghitung indeks properties tanah, seperti mencari angka pori, berat isi tanah, derajat kejenuhan dan karakteristik pemampatan. Berat jenis merupakan pengujian laboratorium, sebagai bahan pengujian adalah sample tanah, dan ukuran butiran tanah yang lolos saringan no. 4. Pengujian menggunakan alat piknometer.

$$G_s = \frac{\text{Berat volum butiran tanah padat}}{\text{Berat volum air } t^{\circ}\text{C}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.7)$$

Dimana:

G_s adalah *specific Gravity*

γ_s adalah berat volum butiran tanah padat

γ_w adalah berat volum air

Pengujian berat jenis dapat menentukan sifat tanah secara umum, misal tanah organik mempunyai berat jenis yang kecil, sedangkan tanah non organik yang memiliki kandungan minerak maka berat jenisnya akan besar. Berikut merupakan tingkat keplastisan dan kohesifitas tanah yang dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Tingkat Keplastisan Dan Kohesifitas Tanah

Macam Tanah	PI (%)
-------------	--------

Pasir (<i>Sand</i>)	2,65-2,68
Kerikil (<i>Gravel</i>)	2,65-2,68
Lanau Anorganik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

Sumber: Hardiyatmo, 2002

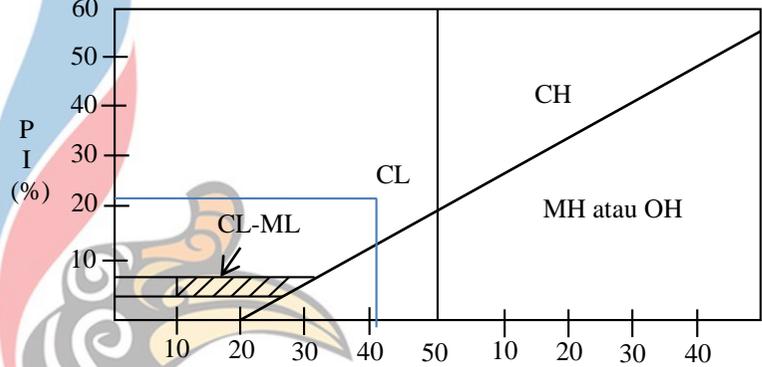
2.13 Analisis Ayakan dan Analisis Hidrometer

Analisis ayakan (*Sieve Analysis*) adalah suatu percobaan menyaring contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan kebawah, cara ini biasanya digunakan untuk menyaring material atau partikel berdiameter $\geq 0,075$ mm. Ukuran butiran tanah ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada paling atas dan makin kebawah makin kecil. Jumlah tanah yang tertahan pada saringan tersebut disebut salah satu dari ukuran butir contoh tanah itu. Pada kenyataannya pekerjaannya hanya mengelompokkan sebahagian dari tanah terlekat di antara dua ukuran (Hanafiah, 2010).

Analisis hidrometer digunakan untuk partikel-partikel tanah yang memiliki diameter lebih kecil dari 0,075 mm menurut Das (1995). Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan beratnya. Klasifikasi tanah dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.9. klasifikasi tanah.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Tanah

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis		Kriteria Laboratorium			
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0.075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4.75 mm)	GW	Ketika gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan presentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saingan no.200 : GW, GP, SW, SP lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SM, SC, 5%, 12% lolos saringan no. 200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}} 1-3$			
			GP		Ketika gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kriteria untuk GW		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil berpasir-lempung		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
			GC				Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> di atas garis A atau $PI > 7$
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} 1-3$	Tidak memenuhi kriteria untuk SW		
			SP				Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau				Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC ₄					

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200(0.075 mm)	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	 <p>Diagram plastisitas, Untuk mengklasifikasikan kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol</p>
	CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>*lean clays*</i>)	
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Tanah berbutir halus >50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>*fat clays*</i>)	
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut (<i>*peat*</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM <i>Designation D-2488</i>

2.14 Direct Shear

Percobaan geser langsung merupakan salah satu jenis pengujian tertua dan sangat sederhana untuk menentukan parameter kuat geser tanah C dan φ . Dalam percobaan ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung dan cepat nilai kekuatan geser tanah dengan kondisi tanpa pengaliran atau dalam konsep tegangan total. Pengujian ini diperuntukan bagi tanah non-koheusif, namun dalam perkembangannya dapat pula diterapkan pada jenis tanah koheusif. Pengujian lain dengan tujuan yang sama, yakni: Kuat tekan bebas dan Triaksial serta percobaan Geser Baling, yang dapat dilakukan di laboratorium maupun di lapangan.

Prinsip dasar dari pengujian ini adalah dengan pemberian beban geser/horizontal pada contoh tanah melalui cincin/kotak geser dengan kecepatan yang tetap sampai tanah mengalami keruntuhan. Sementara itu tanah juga diberi beban vertikal yang besarnya tetap selama pengujian berlangsung. Selama pengujian dilakukan pembacaan dial regangan pada interval yang sama dan secara bersamaan dilakukan pembacaan beban dial geser pada bacaan regangan yang bersesuaian, sehingga dapat digambarkan suatu grafik hubungan regangan dan tegangna geser yang terjadi. Nilai kekuatan geser tanah antara lain digunakan dalam merencanakan kestabilan lereng, serta daa dukung tanah pondasi, dan lain sebagainya. Nilai kekuatan geser ini dirumuskan oleh Coloumb dan Mohr dalam persamaan berikut ini:

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \quad (2.8)$$

dimana:

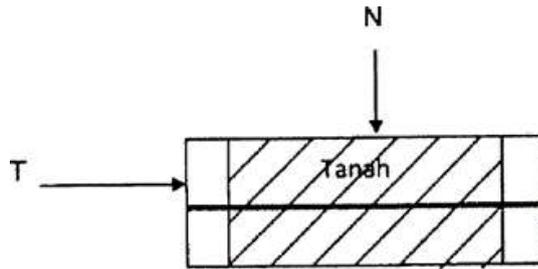
τ adalah kuat geser tanah (kN/m^2)

C adalah kohesi tanah

σ adalah tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

φ adalah sudut geser dalam tanah (derajat)

Skema pembebanan pada pengujian direct shear ditampilkan pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Skema Pembebanan Direct Shear
 Sumber: Budi, 2011

Berdasarkan gambar di atas, maka besarnya tekanan normal (σ) dapat diperoleh dari rumusan:

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (2.9)$$

dimana:

σ adalah tekanan normal

N adalah gaya Normal

A adalah luas penampang

dan tegangan geser (τ) dapat diperoleh dari rumusan:

$$\tau = \frac{T}{A} \quad (2.10)$$

dimana:

τ adalah tegangan geser

T adalah gaya geser

A adalah luas penampang

Penentuan jenis tanah dengan menggunakan Tabel 2.10 jenis tanah menurut sudut geser.

Tabel 2. 10 Jenis Tanah menurut sudut geser

Jenis Tanah	Sudut geser dalam ($^{\circ}$)
Kerikil berpasir	35 - 40
Kerikil berkaral	36 - 40
Pasir padat	37 - 40
Pasir lepas	30
Lempung kelanauan	25 - 30
Lempung plastisitas rendah	25
Lempung plastisitas Tinggi	20

Sumber: Wesly 1997

2.15 CBR (*California Bearing Ratio*)

Nilai CBR adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch² dengan kecepatan 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus bahan standard tertentu. Tujuan dilakukan pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Untuk menentukan kekuatan lapisan tanah dasar dengan cara percobaan CBR diperoleh nilai yang kemudian dipakai untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang nilai CBRnya tertentu (Wesley, 1977).

Kekuatan tanah diuji dengan uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989. Nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya. Prinsip dasar dari pengujian CBR adalah membandingkan besarnya beban (gaya) yang diperlukan untuk menekan torak dengan luas penampang 3 inch² ke dalam lapisan perkerasan sedalam 0,1 inch (2,54 mm) atau 0,2 inch (5,08 mm) dengan beban standar. Besarnya beban standar untuk penetrasi 0,1 inch adalah 3000 lbs (pound) atau sekitar 1350 kg, sedangkan besarnya beban standar untuk penetrasi 0,2 inch adalah 4500 lbs atau sekitar 2025 kg. Rumus CBR dihitung dengan persamaan menurut Budi (2011) sebagai berikut:

$$CBR_{0,1} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0.1'' [lbs]}{3000 [lbs]} \times 100\% \quad (2.11)$$

Atau dengan perumusan:

$$CBR_{0,2} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0.2'' [lbs]}{3000 [lbs]} \times 100\% \quad (2.12)$$

Klasifikasi CBR dapat dilihat pada Tabel 2.11 Klasifikasi CBR menurut ASTM.

Tabel 2. 11 Klasifikasi CBR Menurut ASTM

Nilai CBR (%)	Deskripsi
0 - 3	<i>Very poor</i>
3 - 7	<i>Poor</i>
7 - 20	<i>Fair</i>
20 - 50	<i>Good</i>
> 50	<i>Excellent</i>

(Sumber: Seed et al (1962))

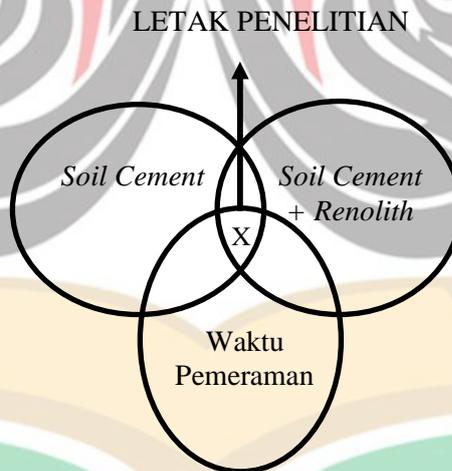
2.16 Letak Penelitian

Penelitian yang dilakukan berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dipelajari oleh penulis. Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, terdapat persamaan dengan penelitian saat ini sehingga penelitian-penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini. Secara umum, posisi penelitian dapat dijabarkan melalui Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Posisi Penelitian

NO.	Sumber	<i>soil cement</i>	<i>Soil cement + renolith</i>	Waktu Pemeraman
1.	Raudah Ahmad (2011)	√	√	√
2.	Nur Kholis (2013) (2018)	√	√	√
3.	Penelitian yang dilakukan	√	√	√

Berdasarkan penjelasan yang dipaparkan, aspek-aspek pada penelitian terdahulu memiliki persamaan dengan penelitian yang dilakukan saat ini. Perbedaan yang terdapat pada penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini adalah persentase nilai semen dan *renolith*, selain itu waktu pemeraman yang digunakan dalam penelitian. Letak penelitian yang dimaksud akan dijelaskan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Posisi Penelitian

Pada Gambar 2.5 terdapat huruf “X” yang merupakan penelitian tugas akhir ini yaitu Stabilisasi Tanah Dasar (*Subgrade*) menggunakan Campuran Semen dan *Renolith* (Studi Kasus : Jalan Tol Balikpapan-Samarinda).

www.itk.ac.id



"Halaman Sengaja Dikosongkan"

www.itk.ac.id