

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan mineral yang berasal dari sisa-sisa pelapukan dari batuan dan dalam ilmu teknik sipil tanah sangat memegang peranan penting untuk konstruksi. butiran antar tanah dapat di pengaruhi oleh karbonat, oksida dan zat organik. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. Pelapukan yang membentuk tanah dari batuan dapat berupa pelapukan kimia dan pelapukan fisika. Pelapukan fisika merupakan proses pelapukan dari batuan yang diakibatkan adanya pengaruh faktor fisik pada batuan, misalnya terjadi akibat pengikisan erosi, angin, air, es, manusia atau perubahan suhu atau cuaca. Pelapukan kimia merupakan suatu proses pelapukan yang diakibatkan perubahan struktur kimiawi yang ada pada batuan melalui reaksi tertentu, misalnya terjadi pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses kimia yang lain. Hasil pelapukan menajdi dua tipe yaitu tanah residual (*residual soil*) yaitu ketika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, dan tanah berpindah (*Transported soil*) jika tanah hasil pelapukan berpindah-pindah dari tempat asalnya.

Untuk menggambarkan jenis-jenis butiran tanah yang akan diidentifikasi biasanya dipakai istilah pasir, lanau, dan lempung. Namun, istilah pasir, lanau, dan lempung juga biasa dipakai dalam menggambarkan sifat tanah yang khusus. Misalnya istilah tanah lempung dipakai untuk menggambarkan tanah kohesif dengan daya dukung yang rendah. Sedangkan istilah tanah pasir biasa dipakai untuk menggambarkan jenis tanah yang lebih kaku dan mudah hancur.

Pengertian tanah menurut (Bowles, 1989), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang salah satunya atau seluruh jenis berikut ini:

1. Berangkal (*Boulder*) merupakan potongan batuan batu besar, yang biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan juga untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).

2. Pasir (*sand*) merupakan partikel-partikel batuan ukurannya 0,074 mm sampai 5 mm, yang mana berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.
3. Lanau (*silt*) merupakan partikel batuan yang ukurannya dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.
4. Lempung (*clay*) merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
5. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan ukurannya lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2 Klasifikasi Tanah

Untuk mengetahui bagaimana karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah diperlukan klasifikasinya. Sistem klasifikasi tanah tersebut adalah sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*), USCS (*Unfied Soil Clasification System*), USDA (*United State Department of Agriculture*).

2.2.1 Sistem Klasifikasi AASTHO (American Association Of State Highway and Transporting Official)

Dikembangkan sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem tersebut telah mengalami beberapa perubahan, yang berlaku saat ini diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi AASHTO tersebut bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

1. Ukuran butir

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm yang tertahan pada saringan 2 mm (No.10).

Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 2 mm yang tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No.200).

Lanau & Lempung: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

2. Plastisitas

Plastisitas adalah kemampuan butir-butir tanah halus untuk mengalami perubahan bentuk tanpa terjadi perubahan volume atau pecah. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat maupun padat.

3. Apabila ditemukan batuan (yang ukurannya lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentase dari batuan tersebut yang dikeluarkan harus dicatat.

Indeks kelompok (*group index*/GI) dapat digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$GI = (F-35) [0,005(LL-40)] + 0,01 (F-15) (PI-10)$$

Dimana:

GI = indeks kelompok

F = persen material lolos saringan no.200 (0,075)

LL = batas cair

PI = indeks plastisitas

Dalam sistem klasifikasi AASHTO mengklasifikasi tanah tersebut menjadi 7 kelompok, A-1 sampai A-7 sudah termasuk sub-sub kelompok. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2 dan A-3 merupakan tanah berbutir dengan 35% atau kurang dari jumlah butiran yang lolos saringan no.200 sedangkan tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-4, A-5, A-6 dan A-7 merupakan tanah berbutir dengan lebih 35% dari jumlah butiran tanah yang lolos saringan no.200.

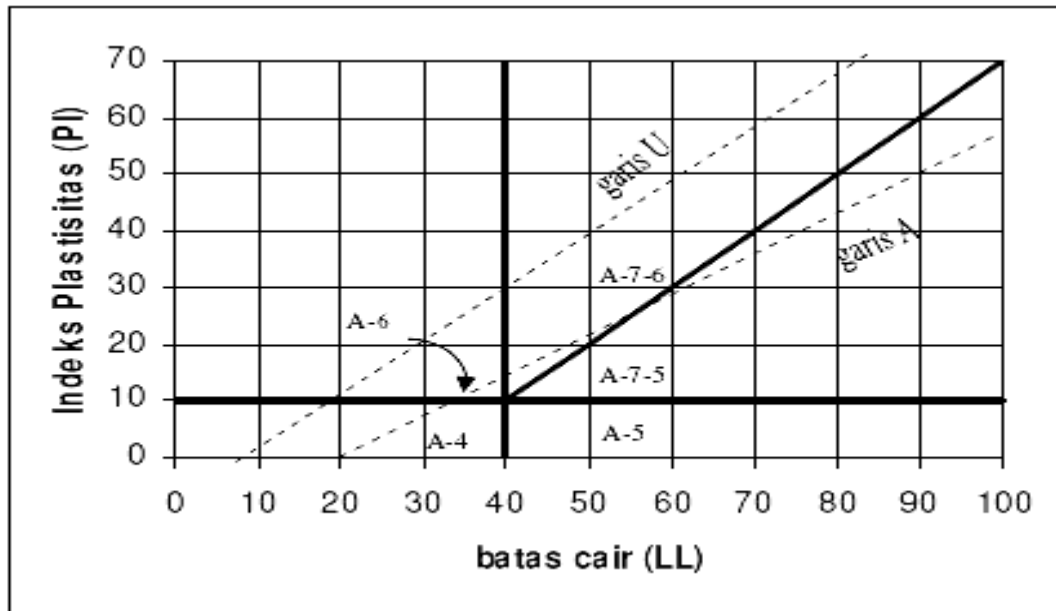
Untuk mengklasifikasi tanah tersebut, data yang didapat dari percobaan laboratorium disamakan dengan angka yang diberikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.20 0	Maks50 Maks30 Maks15	Maks50 Maks25	Min51 Maks10	Maks35	Maks35	Maks35	Maks35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks40 Maks10	Min41 Maks10	Maks40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atauberlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7			
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.20 0	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36			
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 40 Maks 11	Min 41 Min 11			

Sumber: Das, 1995

Gambar dibawah ini dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2



Gambar 2. 1 Nilai batas-batas Atterberg untuk kelompok tanah

Sumber: Hary Christady, 1992

2.2.2 Sistem USCS (Unified Soil Clasification System)

Menurut (Sukirman,1992) Cassagrande membagi tanah atas 3 kelompok yaitu:

1. Tanah berbutir kasar, < 50% lolos saringan No.200.
2. Tanah berbutir halus, > 50% lolos saringan No.200.
3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Tabel 2. 2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	$w_L < 50 \%$	L
Organik	O	$w_L > 50 \%$	H
Gambut	Pt		

Sumber: Bowles, 1989

Dimana :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik).

P = *Polly Graded* (tanah dengan gradasi buruk).

L = *Low Plasicity* (plastisitas rendah, $LL < 50$).

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, $LL > 50$).

Tabel 2. 3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified

Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butir tertahan saringan No. 200		Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasartertahan saringan No. 4		Klasifikasi berdasarkan prosentase butir halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no.200; GM, 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		
Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4		Kerikil bersih(hanya kerikil)				
Tanah	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Pasir dengan butiran halus	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik , pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \times$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
				SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
Tanah	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Pasir dengan butiran halus	Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \times$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
				GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
Tanah	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Pasir dengan butiran halus	Kerikil bersih (hanya pasir)	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \times$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
				SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	Pasir dengan butiran halus	Kerikil dengan Butiran halus	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butir halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan
					Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai	

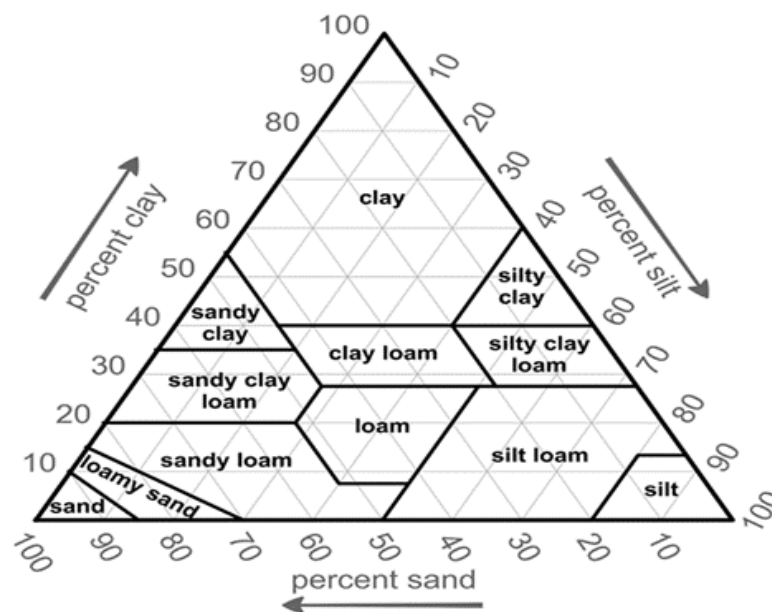
Sumber: Hary Christady, 1992

2.2.3 Klasifikasi Tanah USDA (United States Department of Agriculture)

Klasifikasi tanah ini telah disusun antara lain sistem klasifikasi Dudal-Soepraptohardjo, *Sistem Soil Taxonomy* (USDA), *Sistem World Reference Base for Soil Resources*, *Sistem Unified Soil Classification System* (USCS) dan *Sistem American Association Of State Highway and Transporting Official* (AASHTO).

Kehalusan tanah terjadi karena terdapat perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, lanau dan lempung yang terkandung pada tanah (Badan Pertanahan Nasional). Dari ketiga fraksi tersebut partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2 – 0.05 mm, lanau berukuran 0.05 – 0.002 mm dan lempung yang ukurannya < 0.002 mm (penggolongan berdasarkan USDA). Kondisi tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah yang lain seperti struktur tanah, permeabilitas tanah porositas dan lain-lain.

Menurut sistem Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) Tahun 1938 dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 2 Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

2.3 Tanah Lunak

Dalam panduan Geoteknik 1, penggunaan istilah tanah lunak berkaitan dengan tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan dalam jangka panjang yang tidak dapat ditolerir. Tanah tersebut memiliki kuat geser yang rendah dan kompreibilitas yang tinggi.

Tanah lunak menurut Rachlan (1986) dan Bina Marga (1999) merupakan tanah yang umumnya terdiri dari tanah lempung termasuk material pondasi yang sangat jelek karena kadar airnya yang tinggi, permeabilitas rendah dan sangat *compressible* dan tanah secara visual dapat ditembus dengan ibu jari minimum sedalam ± 25 mm, atau mempunyai kuat geser 40 kpa berdasarkan uji geser baling lapangan.

Menurut Oltz dan Kovacs (1981), tanah lunak adalah sebagai tanah yang mempunyai sebagian besar ukuran butirnya sangat halus atau lolos ayakan no. 200.

2.3.1 Sifat Umum Tanah Lunak

Menurut Dini (2014), ada beberapa sifat tanah lunak sebagai berikut:

1. Gaya gesernya kecil.
2. Kemampatan yang besar.
3. Permeabilitas tinggi.
4. Tanah lunak memiliki sifat kompresibilitas yang sangat tinggi. Salah satunya faktor penyebab tingginya kompreibilitas pada tanah lunak adalah karena jenis tanah ini memiliki angka pori yang tinggi.
5. Memiliki kadar air yang tinggi sehingga menyebabkan tanah lunak memiliki daya dukung yang sangat rendah dan memiliki masalah penurunan yang besar selama dan setelah konstruksi dibangun.

Menurut Panduan Geoteknik 1, tanah lunak dibagi menjadi dua tipe:

1. Lempung Lunak

Tanah ini mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah.

2. Gambut

Suatu tanah yang pembentuk utamanya terdiri dari sisa-sisa tumbuhan. Tipe tanah yang ketiga yaitu, lempung organik merupakan suatu material transisi antara lempung dan gambut, tergantung pada jenis dan kuantitas sisa-sisa tumbuhan mungkin berperilaku seperti lempung atau gambut.

Dalam rekayasa geoteknik, klasifikasi ketiga tipe tanah tersebut dibedakan berdasarkan kadar organiknya, sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Tipe tanah berdasarkan kadar organik

Jenis Tanah	Kadar Organik %
Lempung	<25
Lempung Organik	25-75
Gambut	>75

2.4 Stabilitas Tanah Lunak

Stabilisasi tanah adalah suatu usaha untuk memperbaiki sifat tanah secara teknis dengan menggunakan bahan-bahan tertentu. Pekerjaan ini pada umumnya dilakukan dengan mencampur tanah dengan tanah yang lain sehingga gradasi yang di inginkan bisa didapatkan. Maksud hal tersebut juga untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya.

Demikian dapat kita diketahui dari keempat tujuan stabilisasi tanah adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperbaiki (meningkatkan) daya dukung tanah.
2. Untuk memperbaiki (memperkecil) penurunan lapisan tanah.
3. Untuk memperbaiki (menurunkan) permeabilitas dan *swelling* potensial tanah.
4. Untuk menjaga (mempertahankan) potensi tanah yang ada (*existing strength*).

Dari keempat tujuan tersebut suatu tindakan stabilisasi sangat jarang dicapai secara bersamaan. Akan tetapi harus selalu diupayakan agar dapat tercapai perbaikan parameter yang diinginkan, dengan tanpa mengakibatkan pengrusakan parameter lainnya.

Untuk mencapai tujuan tersebut, proses stabilisasi dapat dilakukan dengan cara paling sederhana seperti pemadatan, hingga menggunakan teknik yang lebih efektif dan juga memerlukan dana yang cukup besar, yakni dengan mencampur tanah dengan pasir, semen, *grouting* atau injeksi semen, abu terbang dan lain sebagainya.

Terdapat juga 2 cara umum yang bisa dilakukan menstabilkan tanah, antara lain adalah:

1. Stabilisasi secara mekanis

Cara ini dilakukan dengan mencampur dua atau lebih macam tanah dengan gradasi berbeda sehingga materialnya menjadi lebih baik, kuat dan memenuhi syarat. Cara ini juga bisa dilakukan dengan membongkar tanah di lokasi, kemudian mengantinya dengan material yang lebih memenuhi syarat.

2. Stabilisasi dengan Bahan Tambahan

Cara ini dilakukan dengan menambahkan bahan tertentu pada tanah agar dapat memenuhi syarat. Bahan yang ditambahkan biasanya dari pabrik dan dicampur dengan perbandingan yang tepat sehingga meningkatkan sifat tanah dan membuatnya lebih kuat serta memenuhi syarat.

2.5 Uji Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan di laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisis pada tanah asli yang digunakan dalam penelitian ini. Hal tersebut dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik dan serta sifat-sifat tanah yang akan diuji.

Terdapat pengujian yang akan dilakukan di laboratorium untuk memperoleh nilai serta sifat fisik dan mekanik diantaranya adalah:

2.5.1 Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%). Pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam tanah.

Analisa kadar air tanah dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Secara sistematis kadar air tanah dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air (W)} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.1)$$

2.5.2 Berat Volume Tanah

Berat volume tanah bertujuan untuk mengetahui berat volume dari suatu sampel tanah sehingga tanah dapat diklasifikasikan sesuai standar yang sudah ditentukan. Dalam ilmu mekanika tanah, tanah disederhanakan menjadi model untuk memahami perilakunya. Tanah terdiri dari butiran padat dan rongga pori (*void*). Rongga pori dapat berupa air dan udara ataupun juga keduanya, apabila tanah dalam kondisi jenuh air rongga pori akan terisi sepenuhnya oleh air. Berat volume tanah tersebut secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Berat Volume Tanah } (\gamma) = \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{Volume}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.5.3 Berat Jenis

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu tanah (G_s). Berat jenis (*specific gravity*) tanah didefinisikan sebagai angka perbandingan antara berat dari suatu volume tanah (γ_s) terhadap dari berat volume air (γ_w). Berat jenis tanah tidak mempunyai satuan dimensi. Rumus yang digunakan untuk mencari berat jenis adalah:

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w \dots\dots\dots (2.3)$$

2.5.4 Analisa Saringan

Sifat-sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirannya. Besar butiran tersebut dijadikan sebagai dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya. Oleh karena itu pengujian analisa saringan sangat sering dilakukan.

Analisa butiran tanah merupakan penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang pada saringan tertentu.

Analisa ini juga mempunyai tujuan umum yaitu untuk mengetahui presentase susunan butir tanah sesuai dengan batas klasifikasinya sehingga dapat diketahui jenis contoh tanah yang akan diuji. Dalam pengujian ini menggunakan standar ASTM D422-63 (1990). Percobaan ini terdiri dari 2 macam percobaan, yaitu:

1. Analisa Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

Percobaan ini adalah untuk mengetahui diameter butir tanah yang lebih kecil dari 0,074 mm atau lolos saringan no. 200. Analisa hidrometer ini didasarkan pada prinsip sedimentasi butir-butir tanah dalam air. Contoh dari tanah yang akan diuji dilarutkan di dalam air, dan dalam keadaan jatuh bebas butir-butir tanah turun mengendap ke dasar tabung tempat larutan tanah air itu ditempatkan. Kecepatan mengendap dari butir-butir tanah berbeda-beda, tergantung dari ukuran butir tanah tersebut. Ukuran butir yang lebih besar dan lebih berat akan mengalami sedimentasi (mengendap) terlebih dahulu dengan kecepatan mengendap lebih besar dari butiran yang lebih kecil ataupun lebih ringan. Agar gumpalan tanah tersebut cepat terurai maka digunakanlah bahan dispersi.

2. Analisis Butiran (*Sieve Analysis*)

Adalah untuk mengetahui diameter butir tanah yang lebih besar dari 0,074 mm atau tertahan saringan no. 200.

2.5.5 Batas Cair Atterberg

Batas cair merupakan kadar air tanah pada keadaan batas peralihan antara cair dan plastis. Tujuannya adalah untuk menentukan batas cair suatu tanah. tanah yang dalam keadaan batas cair apabila diperiksa dengan alat *cassagrande*, kemudian

diketuk sebanyak 25 kali dengan alat tersebut, tanah sudah dapat merapat (sebelumnya terpisah dalam jalur yang dibuat dengan *grooving tool*).

2.5.6 Batas Plastis Atterberg

Batas plastis merupakan kadar air minimum (dinyatakan dalam persen) dari tanah dimana masih dalam keadaan plastis dan juga dalam keadaan semi plastis. Tanah pada keadaan plastis jika tanah yang digiling batang-batang dengan diameter 3 mm mulai terjadi retak-retak. Tujuan tersebut adalah untuk mengetahui kadar air tanah pada batas atas daerah plastis.

2.5.7 Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas merupakan perbedaaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah.

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (2.4)$$

Indeks plastisitas digunakan sebagai identifikasi sifa plastis tanah. jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika IP rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo,2002

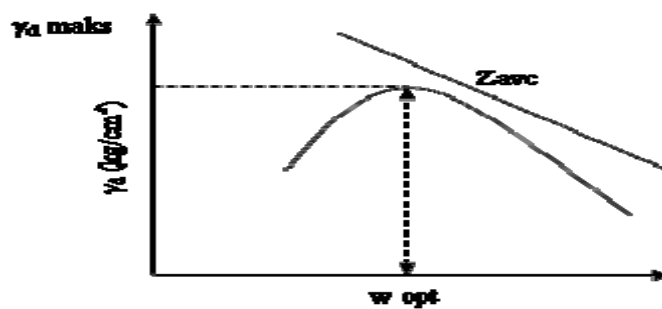
2.5.8 Pematatan

Pematatan tanah merupakan suatu proses memadatkan suatu partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Untuk suatu jenis tanah yanag akan dipadatkan dengan daya pematatan tertentu, kepadatan yaang dicapai tergantung pada banyaknya air (kadar air) tanah

tersebut. Besarnya kepadatan tanah, biasanya dinyatakan dalam nilai berat isi kering (γ_d).

Proctor (1933) telah mengamati ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Sehingga terdapat suatu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume tanah kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering (γ) dan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam rumus dan kurva pemadatan pada gambar 2.3

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$$



Gambar 2. 3 Kurva pemadatan

Keterangan:

W_{opt} = kadar air optimum

Merupakan kadar air yang menghasilkan nilai kepadatan maksimum ($\gamma_d \text{ max}$)

$\gamma_d \text{ max}$ = kepadatan maksimum

merupakan kepadatan yang didapat dari pemadatan tanah dengan daya pemadatan tertentu pada kadar air optimum ($\gamma_w \text{ opt}$)

Maksud dari pemadatan di laboratorium adalah untuk menentukan nilai kadar air optimum ($\gamma_w \text{ opt}$) dan kepadatan maksimum ($\gamma_d \text{ max}$) dari suatu tanah yang dipadatkan dengan suatu daya pemadatan tertentu.

Energi pemadatan merupakan suatu pengukur energi mekanik yang diterapkan ke tanah. Bila energi pemadatan membesar, maka tanah menjadi semakin padat. Di laboratorium, energi pemadatan diberikan dengan menjatuhkan pemukul beberapa kali pada contoh tanah dalam *mould*. Kenaikan berat volume

kering oleh pemadatan, bergantung pada kadar air tanah dan energi pemadatan yang diterapkan. Dengan kadar air tertentu, kenaikan energi pemadatan menghasilkan susunan partikel yang lebih rapat, sehingga menaikkan berat volume kering. Jika pemadatan dilanjutkan, volume udara yang tinggal di dalam rongga pori berkurang pada suatu nilai tertentu, dan pemadatan selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume yang berarti:

Energi pemadatan per volume satuan (E) dinyatakan dalam persamaan:

$$E = \frac{N_b \cdot N_l \cdot W \cdot H}{V} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

Nb = jumlah pukulan per lapis

Nl = jumlah lapisan

W = berat pukulan

H = tinggi jatuh pukulan

V = volume mould

2.5.9 California Bearing Ratio

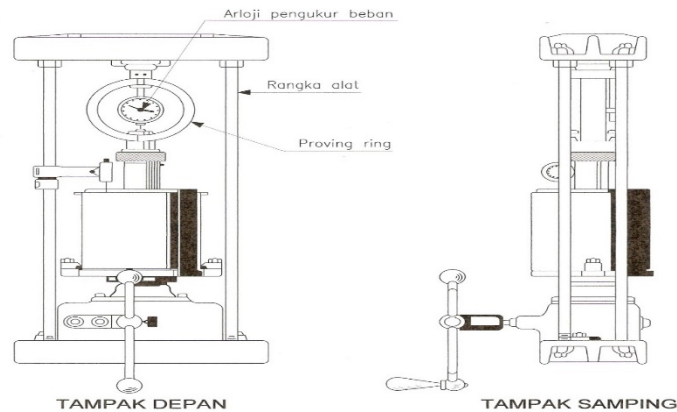
California Bearing Ratio (CBR) adalah sebuah percobaan daya dukung tanah yang dikembangkan *California State Highway departement*. Prinsip pada pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan menusukan benda ke dalam benda uji. Dengan cara ini akan mendapatkan nilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipergunakan untuk membuat perkerasan.

Kekuatan tanah diuji dengan pengujian CBR berdasarkan dengan SNI-1744-2012. Nilai kekuatan tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya.

Nilai CBR adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat sebesar 3inch dengan kecepatan 0,05 inch per menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus bahan *standard* tertentu. Tujuan untuk melakukan pengujian CBR

adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Untuk mencari nilai CBR memakai rumus:

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{beban penetrasi}}{\text{Beban penetrasi standard}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.6)$$



Gambar 2. 4 Alat uji penetrasi CBR

2.6 Pasir

Pasir merupakan contoh bahan material butiran. Butiran pasir pada umumnya berukuran antara 0,0625 sampai 2 milimeter, bentuknya bervariasi dari bulat hingga persegi. Bentuk-bentuk yang dihasilkan dari abrasi dan peralutan adalah sehubungan dengan jarak transportasi sedimen. Perilaku terjadinya massa disebabkan oleh jarak pori di antara butiran masing-masing yang bersentuhan. Mineral pasir yang lebih dominan adalah kwarsa yang pada dasarnya stabil, lemah dan tidak merubah bentuk.

Secara permeabilitas, pasir merupakan material yang mempunyai permeabilitas tinggi, mudah ditembus air. Kapilaritas pasir dapat dikatakan rendah, sehingga dapat diabaikan. Kekuatan hancur pasir diperoleh dari gesekan antar butiran, dan berkenaan dengan kekuatan hancur. Perlu diperhatikan bahwa pada pasir lepas tersementasi dapat menyebabkan keruntuhan struktur tanah. Dalam hal berkemampuan deformasi, pasir dapat bereaksi terhadap beban cepat seperti tertutupnya pori-pori dan padatnya butiran akibat pengaturan kembali.

Deformasi atau perubahan bentuk pasir pada dasarnya plastis, dengan beberapa pemampatan elastis yang terjadi di dalam butiran-butiran. Jumlah

pemampatan tersebut dihubungkan dengan gradasi kerapatan yang relatif dan besarnya tegangan yang bekerja. Dalam terjadinya kerapatan pasir disebabkan karena disebabkan getaran keras dan material-material yang siap dipadatkan. Kehancuran ini dapat terjadi pada butiran-butiran pada saat tegangan-regangan yang bekerja relatif rendah.

2.7 Statistik

Ketidakpastian merupakan hal yang selalu dihadapi oleh semua kejadian yang ada di dunia ini, mulai asal insiden yang di alami sampai kejadian yang dirancang oleh manusia termasuk hal-hal yang bekerjasama dengan keteknikan. Contoh ketidakpastian yang dihadapi oleh seorang insinyur teknik sipil meliputi: tegangan tanah, kuat tarik baja, kuat tekan beton, aliran lalu lintas, banjir, curah hujan dan lain-lain. Ketidakpastian tersebut akan meningkat sejalan dengan perubahan alam sehubungan dengan sifat-sifat bahan, perbedaan hubungan antara bahan dengan menggunakan unsur-unsur penyusunnya, faktor-faktor lingkungan atau faktor-faktor penyebab lainnya. Untuk mengatasi ketidakpastian, para ahli statistik termasuk ahli teknik sipil harus mencari data sampel, seperti pengambilan data di laboratorium, data lapangan, maupun data yang telah diambil dengan metode-metode lainnya. Data-data yang telah disebutkan diatas digunakan untuk menentukan secara statistik maupun probabilitas suatu peristiwa yang terjadi pada suatu populasi. Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan secara statistik serta probabilitas, seorang ahli statistik harus bisa mengambil keputusan dengan sempurna.

Dalam arti luas, statistik merupakan suatu ilmu yang mempelajari cara pengumpulan, pengolahan, penyajian serta analisis data dan cara pengambilan keputusan secara umum berdasarkan hasil penelitian tertentu. Dari pengertian diatas, statistik lebih difokuskan kepada urutan kegiatan didalam mengumpulkan data sampai data tersebut bermanfaat sebagai dasar pengambilan keputusan. Misalnya jika seorang atau suatu perusahaan membutuhkan data untuk pengambilan suatu keputusan, maka data tersebut harus dikumpulkan, diolah, ditampilkan serta di analisis, yang kemudian baru di ambil keputusan. Pada penelitian ini akan digunakan metode-metode statistik yaitu berupa analisa regresi

dan korelasi untuk menemukan hubungan korelasi dan regresi antar energi pemadatan dan nilai CBR tanah lunak di Kota Pontianak.

Kesimpulan tersebut bahwa statistik adalah sekumpulan metode dan aturan mengenai pengumpulan, analisis, pengolahan, dan penafsiran data dari angka-angka yang menjelaskan data atau hasil pengamatan.

2.7.1 Analisis Parametrik

Sebelum akan melakukan pengujian, ada beberapa hal yang harus dipenuhi persyaratan analisis terlebih dahulu, dengan asumsi bahwa data harus:

- a. Dipilih secara acak (random).
- b. Homogen, artinya data yang dibandingkan harus sejenis atau bersifat homogen, maka perlu uji homogenitas.
- c. Bersifat linier, artinya data yang dihubungkan berbentuk garis linier, maka perlu uji linieritas.
- d.... Berpasangan, artinya data yang dihubungkan mempunyai pasangan yang sama sesuai dengan subjek yang sama, jika salah satu tidak terpenuhi untuk persyaratan analisis korelasi atau regresi tidak dapat dilakukan (Riduwan, 2001:115).

Dengan demikian pentingnya uji homogenitas dan linieritas adalah berkaitan dengan syarat dilakukan uji parametrik.

1. Uji Asumsi Homogenitas

Uji asumsi homogenitas adalah uji perbedaan antara dua kelompok, yaitu dengan melihat perbedaan varians kelompoknya. Pengujian ini dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa dua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama. Pengujian homogenitas varians suatu kelompok data, dapat dilakukan dengan cara Uji Fisher karena hanya terdiri dari dua kelompok data, dimana rumus Uji Fisher ini adalah:

$$F_{hitung} = \frac{\text{varian terbesar}}{\text{varian terkecil}} \quad (2.7)$$

Dengan varian (S^2) dari 32 standar X dan Y adalah sebagai berikut:

$$S_X^2 = \frac{\sqrt{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}}{n(n-1)} \quad (2.8)$$

$$S_Y^2 = \frac{\sqrt{n\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}}{n(n-1)} \quad (2.9)$$

Dengan:

S_X^2 = Standar kesalahan dari b

S_Y^2 = Kesalahan standar estimasi

X = Variabel bebas (*independent variable*)

Y = Variabel terikat (*dependent variable*)

n = Jumlah data

Kriteria Pengujian:

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ (0,05; dk1; dk2), maka H_0 ditolak (homogen)

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ (0,05; dk1; dk2), maka H_0 diterima

2. Uji Asumsi Linieritas

Asumsi linieritas adalah asumsi yang menyatakan bahwa hubungan antar variabel yang hendak dianalisis itu mengikuti garis lurus. Artinya peningkatan atau penurunan kualitas di satu variabel, akan diikuti secara linier oleh peningkatan atau penurunan kualitas di variabel yang lainnya. Jika nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} maka ada hubungan yang linier secara signifikan antara variabel bebas dan variabel terikat. Tetapi jika nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka tidak ada hubungan yang linier secara signifikan antara variabel bebas dan variabel terikat. Kuatnya hubungan antara dua variabel belum tentu diikuti oleh kuatnya estimasi hubungan kedua variabel tersebut. Rumus yang digunakan dalam asumsi linier adalah:

$$F = \frac{RJK_{TC}}{RJK_E} \quad (2.10)$$

$$JK_{reg(a)} = \frac{(\Sigma Y)^2}{n} \quad (2.11)$$

$$JK_{reg(b/a)} = b \cdot \Sigma X \cdot Y - \frac{ZKZF}{n} \quad (2.12)$$

$$JK_{res} = \Sigma Y^2 - JK_{reg(b/a)} - JK_{reg(a)} \quad (2.13)$$

$$RJK_{reg(b/a)} = JK_{reg(b/a)} \quad (2.14)$$

$$JK_{reg(a)} = JK_{reg(a)} \quad (2.15)$$

$$RJK_{res} = \frac{JK_{res}}{n-2} \quad (2.16)$$

$$JK_E = \sum_k \left(\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{n} \right) \quad (2.17)$$

$$JK_{TC} = JK_{res} - JK_E \quad (2.18)$$

$$RJK_{TC} = \frac{JK_{TC}}{k-2} \quad (2.19)$$

$$RJK_E = \frac{JK_E}{n-k} \quad (2.20)$$

Dengan:

RJK_{TC} = rata-rata jumlah kuadrat tuna cocok

RJK_E = rata-rata jumlah kuadrat eror

$JK_{reg(a)}$ = jumlah kuadrat regresi (a)

$JK_{reg(b/a)}$ = jumlah kuadrat regresi (b | a)

JK_{res} = jumlah kuadrat residu

$RJK_{reg(b/a)}$ = rata-rata jumlah kuadrat regresi (b | a)

$RJK_{reg(a)}$ = rata-rata jumlah kuadrat regresi (a)

JK_{TC} = jumlah kuadrat tuna cocok

JK_E = jumlah kuadrat eror

RJK_{TC} = rata-rata jumlah kuadrat tuna cocok

RJK_E = rata-rata jumlah kuadrat eror

2.7.2 Analisis Regresi Sederhana

Analisis regresi sederhana adalah metode statistik yang dapat digunakan untuk mempelajari hubungan antar sifat permasalahan yang sedang diselidiki. Prediksi jumlah bangkitan dan tarikan dengan metode regresi memiliki dua variabel yaitu variabel dependen atau variabel terikat (Y) dan variabel independen atau variabel bebas (X). Hubungan tersebut secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan linier berikut (Tamin, 2000):

$$Y = a + bX \quad (2.21)$$

Dimana:

Y = Variabel Dependen (Terikat)

X = Variabel Independen (Bebas)

a = Konstanta regresi

b = Koefisien Regresi

N = Jumlah Data Pengamatan

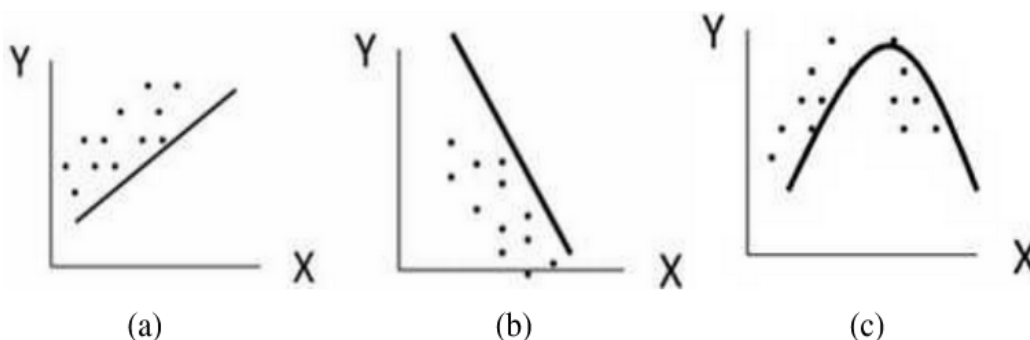
Nilai parameter a (Nilai Konstanta) dan b (Nilai Koefisien Regresi) dapat dicari dengan metode sebagai berikut yaitu:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.22)$$

$$b = \frac{N(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2.23)$$

2.7.3 Diagram Pencar

Dalam analisis data sering dilakukan pembuatan grafik untuk mewakili hubungan suatu rangkaian data yang diberikan dalam suatu koordinat x - y . Grafik ini disebut diagram pencar, yang menunjukkan titik-titik tertentu. Setelah grafik terbentuk diharapkan dapat mewakili titik-titik data tersebut. Macam-macam bentuk penyebaran data pada grafik yang membentuk kurva linier ataupun non-linier.



Gambar 2. 5 Diagram Pencar

1. Kurva linier positif:

Jika semua titik (X, Y) pada diagram pencar mendekati bentuk garis lurus dan jika arah perubahan kedua variabel sama \rightarrow jika X naik, Y juga naik

2. Kurva linier negatif:

Jika arah perubahan kedua variabel tidak sama \rightarrow jika X naik, Y turun

3. Kurva non linier:

Jika semua titik (X, Y) pada diagram pencar tidak membentuk garis lurus

2.7.4 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi merupakan nilai yang bertujuan untuk mengukur kuat atau tidaknya hubungan linier antar dua variabel. Persamaan teoritik yang dapat digunakan untuk mengukur hubungan linier antara variabel X dan Y adalah koefisien korelasi pearson (R). Koefisien korelasi tersebut didefinisikan sebagai:

$$r = \frac{n \sum X.Y - \sum X. \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) \cdot (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2.24)$$

Dengan:

n = Jumlah data

Y = Variabel terikat (dependen variable)

X = Variabel bebas (independent variable)

Nilai koefisien korelasi harus terdapat batas-batas $-1 < r < 1$. Bila r mendekati -1 atau 1, maka dapat dikatakan bahwa ada hubungan yang erat antara variabel bebas dan variabel terikat. Bila r mendekati 0, maka dapat dikatakan bahwa hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sangat rendah atau bahkan tidak ada.

Tabel 2. 6 Pedoman untuk memberikan Interpretasi terhadap Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,199	Sangat rendah
0,20-0,399	Rendah
0,40-0,599	Cukup Kuat
0,60-0,799	Kuat
0,8-1,000	Sangat kuat

(Sumber: Sugiyono, 2010)

Tabel 2. 7 Nilai koefisien korelasi dan kekuatan hubungan antar variabel

Nilai Koefisien Korelasi	Keterangan
1	Hubungan positif sempurna

0,6 – 1	Hubungan langsung positif baik
0 - 0,6	Hubungan langsung positif lemah
0	Tidak terdapat hubungan linier
-0,6 – 0	Hubungan langsung negatif lemah
-1 - -0,6	Hubungan langsung negatif baik
-1	Hubungan negatif sempurna

(Sumber: Soewarno, 1995)

2.7.5 Koefisien Diterminasi

Koefisien ditermiansi adalah besaran yang akan mengukur ketetapan garis regresi. Koefisien determinasi menunjukkan persentase besarnya variabilitas dalam data yang dijelaskan oleh model regresi. Simbol yang digunakan adalah $R^2=0$, maka antara variabel tidak memiliki pengaruh. R^2 semakin kecil, maka pengaruh hubungan antara-antara variabel lemah. Semakin besar nilai R^2 , semakin baik model regresi yang diperoleh. Rumus koefisien determinasi sebagai berikut:

$$R^2 = \left(\frac{n \sum X.Y - \sum X.\sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2).(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \right) \quad (2.25)$$

Dengan:

n = Jumlah data

Y = Variabel terikat (dependent variable)

X = Variabel bebas (independent variable)

Tabel 2. 8 Akurasi regresi linier berdasarkan koefisien determinasi R²

Nilai R ²	Akurasi Model Regresi
<0,25	Tidak Baik
0,25-0,55	Relatif Baik
0,56-0,75	Baik
>0,75	Sangat baik

(Sumber: Marto, 1996)

2.7.6 Kesalahan Standar Estimasi

Ketepatan persamaan estimasi dapat dicari dengan mengukur besar kecilnya kesalahan standar estimasi. Semakin kecil nilai kesalahan standar estimasi maka semakin tinggi ketepatan persamaan estimasi dihasilkan untuk menjelaskan nilai variabel yang sesungguhnya. Dan sebaliknya, semakin besar nilai kesalahan standar estimasi maka semakin rendah ketepatan persamaan estimasi yang dihasilkan untuk menjelaskan nilai variabel dependen yang sesungguhnya. Kesalahan standar estimasi dapat ditentukan dengan persamaan (2.26):

$$Se = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - a \sum Y - b \sum X.Y}{n - 2}} \quad (2.26)$$

Dengan:

Se = Kesalahan Standar Estimasi

Y = Variabel terikat (dependent variable)

X = Variabel bebas (independent variable)

a = Konstanta

b = Koefisien Regresi

n = Jumlah Data

2.7.7 Pengujian Hipotesis

Rancangan pengujian hipotesis ini dinilai dengan penetapan hipotesis nol dan hipotesis alternatif, penelitian uji statistik dan perhitungan nilai uji statistik, perhitungan hipotesis, penetapan tingkat signifikan dan penarikan kesimpulan. Hipotesis yang akan digunakan dalam penelitian ini berkaitan dengan ada tidaknya pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Hipotesis nol (H_0) tidak dapat pengaruh yang signifikan dan Hipotesis alternatif (H_a) menunjukkan adanya pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat. Untuk menguji hipotesis, menggunakan uji t.

Uji t merupakan uji yang menilai apakah mean dan keragaman dari dua kelompok berbeda secara statistik satu sama lain. Analisis ini digunakan apabila kita ingin membandingkan mean dan keragaman dari dua kelompok data, dan cocok sebagai analisis dua kelompok rancangan percobaan acak. Untuk menguji hipotesis digunakan statistik yang dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$t_{hitung} = \frac{b}{Sb} \quad (2.27)$$

$$Sb = \frac{Se}{\sqrt{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{n}}} \quad (2.28)$$

Dengan:

b = Koefisien regresi

Sb = Standar eror dari b

Se = Kesalahan standar estimasi

X = Variabel bebas (independent variabel)

n = Jumlah data

Nilai t hasil perhitungan ini selanjutnya dibandingkan dengan t_{table} dengan menggunakan tingkat kesalahan 0,05. Kriteria yang digunakan sebagai dasar perbandingan sebagai berikut:

Ho diterima jika nilai $-ttabel < thitung < ttabel$

Ho ditolak jika nilai $thitung > ttabel$ atau $thitung < -ttabel$

Bila terjadi penerimaan Ho maka dapat disimpulkan suatu pengaruh adalah tidak signifikan, sedangkan bila Ho ditolak artinya suatu pengaruh adalah signifikan.

Tabel 2. 9 Tabel Distribusi t (Titik Persentase Distribusi t (df = 1-200))

df	0.99	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
1	1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884	
2	0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712	
3	0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453	
4	0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318	
5	0.72689	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343	
6	0.71756	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763	
7	0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529	
8	0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079	
9	0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681	
10	0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370	
11	0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470	
12	0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963	
13	0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198	
14	0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739	
15	0.69120	1.34081	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283	
16	0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615	
17	0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577	
18	0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048	
19	0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940	
20	0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181	
21	0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715	
22	0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499	
23	0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496	

(Sumber: google)

Tabel 2. 10 Tabel Distribusi

1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

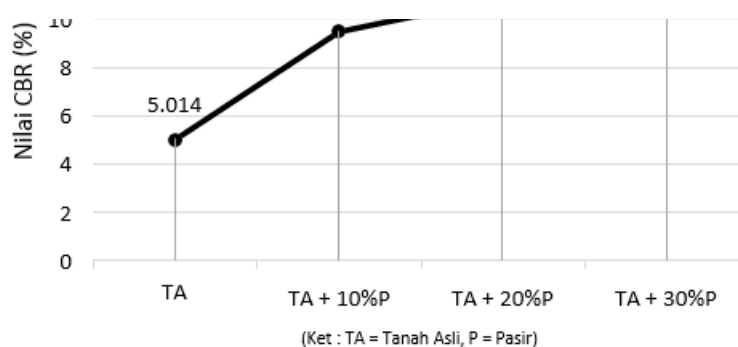
(Sumber: google)

2.8 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian terdahulu digunakan penulis untuk acuan dalam melakukan penelitian ini yaitu penelitian yang dilakukan oleh Arief Rachmansyah dengan judul skripsi “Pengaruh Presentase Pasir Pada Kaolin Yang Dipadatkan Dengan Pemadatan Standar Terhadap Rasio Daya Dukung California (CBR). bahwa dengan adanya presentase pasir maka nilai CBR-nya akan meningkat kemudian penambahan pasir akan berpengaruh pada perubahan kadar air optimum dan berat isi kering. Dapat disimpulkan dari hasil penelitian tersebut bahwa penambahan pasir dan pengurangan kadar air dapat meningkatkan CBR tanah.

Penelitian yang dilakukan Reztya Asy'ari Ardy Utami dengan judul skripsi “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Bahan Tambah Pasir Dan Kapur Terhadap Nilai CBR”.

Gambar 2. 6 Grafik Hasil Pengujian CBR Unsoaked Tanah Asli + 10%, 20%, 30% Pasir (Reztya Asy'ari Ardy, 2020)



Bahwa nilai CBR dengan penambahan 10%, 20%, dan 30% pasir mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Nilai CBR untuk campuran tanah dengan penambahan pasir 10% pasir sebesar 9,485%, untuk campuran tanah dengan penambahan 20% pasir sebesar 10,885%, dan campuran tanah dengan penambahan 30% pasir sebesar 13,234%.

Penelitian yang dilakukan oleh Ludgerus dengan judul skripsi yaitu “Korelasi Koefisien Permeabilitas Dan Koefisien Konsolidasi Tanah Lunak Di kota Pontianak”. Terdapat bahwa korelasi sangat kuat antara nilai koefisien permeabilitas (k) laboratorium terhadap nilai koefisien konsolidasi (Cv) laboratorium pada tanah campuran pasir dengan rasio 10%,20% dan 30% dengan

persamaan regresi linier $y = 1295.5x + 0.0003$ dan memiliki nilai koefisien korelasi $r = 0.7994$ dan juga semakin besar persentase campuran pasir pada tanah asli akan meningkatkan nilai koefisien permeabilitas, nilai berat jenis, dan pengaruhnya terhadap nilai koefisien konsolidasinya.