

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan - endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida - oksida yang mengendap di antara partikel - partikel. Ruang diantara partikel - partikel dapat berisi air udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel - partikel yang lebih kecil terjadi akibat pengaruh erosi angin, air, es, manusia atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel - partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk - bentuk diantaranya. Umumnya pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses - proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempat disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Istilah pasir, lempung, dan lanau digunakan untuk membedakan jenis - jenis tanah. Akan tetapi istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

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 dengan butir - butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm. Gambar 2.1 menunjukkan batas interval ukuran butiran lempung,lanau, pasir

dan kerikil menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT dan *International Nomenclature*. (Hardiyatmo, 2002).

Unified Class System	1,70 mm	0,38		0,075							
	Kasar	Sedang		Halus	Butiran Halus (Lanau dan Lempung)						
Pasir											
ASTM	2,00 mm	0,42		0,075	0,005			0,001 mm			
	Pasir Sedang		Pasir Halus		Lanau			Lempung	Lempung Koloid		
Pasir											
Lempung											
MIT Nomenclature	2,00 mm	0,60	0,20	0,06	0,006			0,002	0,0006	0,0002 mm	
	Kasar	Sedang	Halus	Kasar	Sedang	Halus	Kasar	Sedang	Halus		
Pasir				Lanau			Lempung				
International nomenclature	2,00 mm	1,00	0,50	0,20	0,10	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
	Sangat Kasar	Kasar	Sedang	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Sangat Halus
Pasir				Mo		Lanau		Lempung			

Gambar 2.1 Klasifikasi Butiran Tanah Menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT, Dan *International Nomenclature*

Sumber : Hardiyatmo (2002)

2.2 Tanah Lempung

Tanah liat atau lempung adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung mengandung leburan silika dan aluminium yang halus. Unsur - unsurnya terdiri dari silikon, oksigen, dan aluminium adalah unsur yang paling banyak menyusun kerak bumi. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi.

Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air. Sifat ini ditentukan oleh jenis mineral lempung yang mendominasinya. Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya. Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel *mikroskopis* dan *submikroskopis* (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan - lempengan pipih dan merupakan partikel - partikel dari mika. Pada gambar2-1 lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian di beberapa kasus partikel

berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung. Di sini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral - mineral lempung (*clay minerals*). Dari segi mineral (bukan ukurannya) yang disebut tanah lempung tetapi mineral lempung ialah yang mempunyai partikel - partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat - sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air" (Grim, 1953). Jadi dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non-clay soils*) meskipun terdiri dari partikel - partikel yang sangat kecil (partikel - partikel *quartz*, *feldspar*, dan *mika* dapat berukuran *submikroskopis*, tetapi umumnya mereka tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis tanah. Dari segi ukuran, partikel - partikel tersebut memang dapat digolongkan sebagai partikel lempung. Untuk itu, akan lebih tepat bila partikel - partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron ($=2\mu$), atau < 5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain disebut sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung saja. Partikel - partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($< 1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung. (Braja, 1995)

2.3 Lempung Sebagai Tanah Kohesif

Suatu tanah kohesif dapat didefinisikan sebagai kumpulan dari partikel - partikel mineral yang mempunyai indek plastisitas sesuai dengan batas Atterberg dimana pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sehingga diperlukan suatu gaya untuk memisahkan butiran mikroskopinya. Jumlah kohesi tergantung pada ukuran relatif dari butiran dan jumlah dari butiran tanah serta dan bahan *argillacius* yang ada. Pada umumnya apabila lebih dari 50% dari deposit mengandung partikel - partikel sebesar 0,002 mm dan kecil deposit itu tersebut lempung.

Plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk di ubah - ubah tanpa perubahan isi atau kembali ke bentuk aslinya dan tanpa ada retakan - retakan atau pecah - pecah (Wesley, 1977). Kohesif adalah kateistik fisik yang terdapat dalam butiran - butiran tanah dimana pada pengeringan yang menyusul butir - butir tanah

bersatu sesamanya sehingga suatu gaya akan diperlukan untuk memisahkan dalam keadaan kering (Bowles, 1984).

2.4 Sistem Klasifikasi Tanah

Adalah menempatkan suatu contoh tanah dalam kelompok – kelompok tertentu atau sekelompok tanah yang mempunyai persamaan dalam beberapa karakteristik yang penting. Tujuannya adalah untuk mendapatkan keterangan tentang suatu contoh tanah yang dikenal secara tetap (Bobby, 1982).

2.5 Sifat Fisik Tanah Lempung

Yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang untuk menentukan jenis tanah. Sifat - sifat yang dimiliki tanah lempung adalah:

2.5.1 Ukuran Butiran

Tanah Lempung termasuk jenis tanah yang berbutir halus dengan ukuran butiran lebih kecil dari 2 Mikron ($0 < 0,002\text{mm}$).

2.5.2 Berat Jenis (Gs)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir dengan volume butir tanah dengan volume air pada temperatur tertentu.

$$G_s = \frac{W}{W_s \times V_s} \quad (2.1)$$

Dimana:

W_s = berat butir tanah

V_s = Volume butir

W = berat isi air

2.5.3 Kadar Air (w)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \quad (2.2)$$

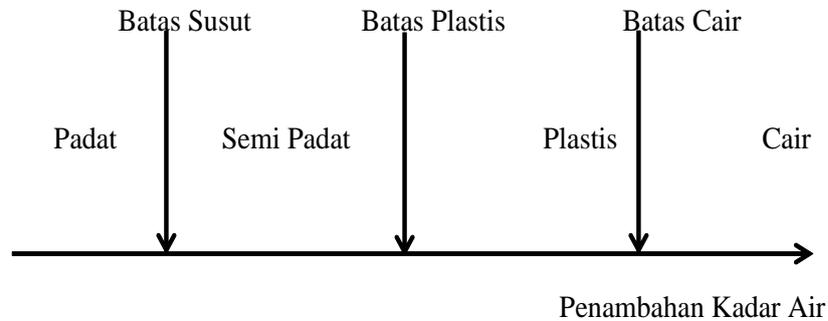
Dimana:

W_w = Berat air

W_s = Berat butir

2.6 Batas - Batas Atterberg

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak - retak atau remuk.



Gambar 2.2 Batas - Batas Atterberg

Sumber : Hardiyatmo (2002)

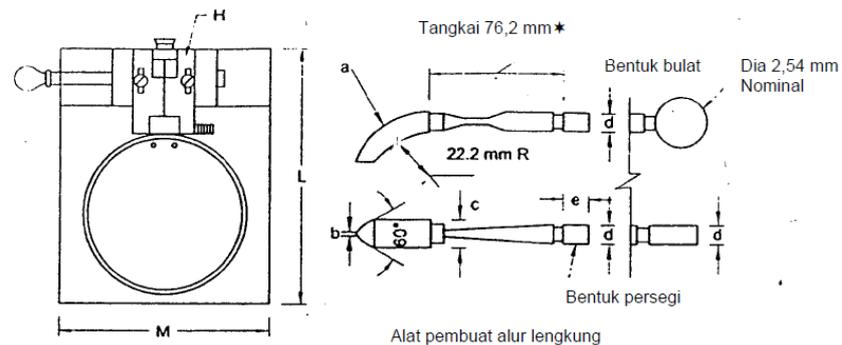
Bergantung pada kadar air tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat, kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan *kation* yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang tetap terpelihara. Pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah.

Atterberg (1991), memberikan cara untuk menggambarkan batas – batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas – batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*).

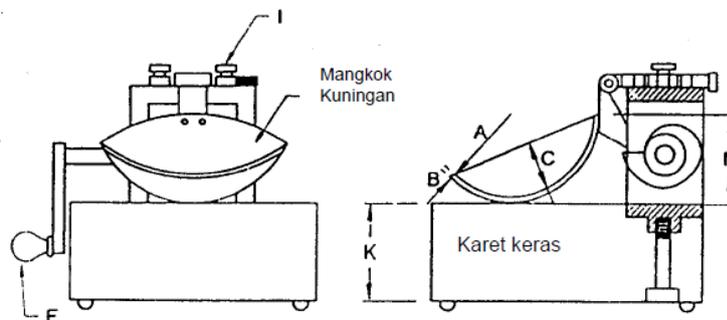
2.6.1 Batas cair (*Liquid Limit*)

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

ditentukan dari uji Casagrande (1948). Gambar skematis dari alat pengukur batas cair dapat dilihat gambar 2.3 dibawah.



Dimensi	Alat Pembuat Alur				
	a	b	c	d	e*
Deskripsi	Ketebalan	Pemotong	Lebar	Tebal	Panjang
Ukuran,mm	10,0	2,0	13,5	10,0	15,9
Toleransi,mm	0,1	0,1	0,1	0,2	-



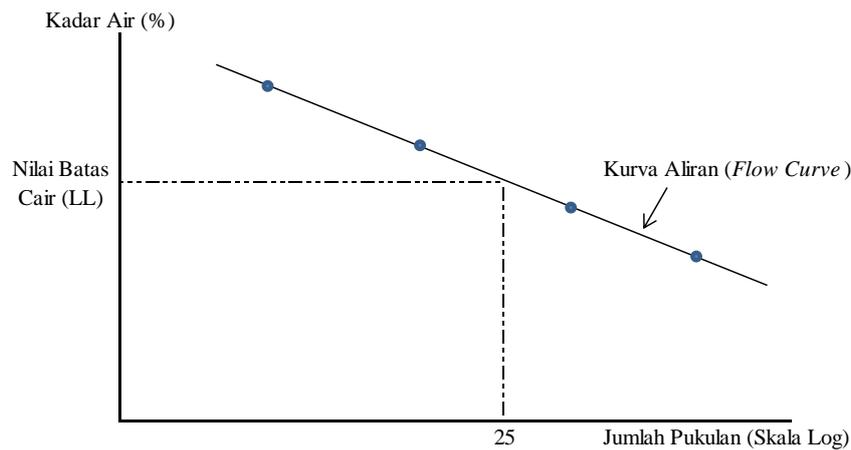
Keterangan

Dimensi	Peralatan Uji Batas Cair				Alas karet		
	Ukuran Mangkok		Mangkok		Alas karet		
Deskripsi	A	B	C	N	K	L	M
Deskripsi	Jari-jari mangkok	Tebal mangkok	Kedalaman mangkok	Cantelan mangkok	Ketebalan	Panjang	Lebar
Ukuran,mm	54	2,0	27	47	50	150	125
Toleransi,mm	2	0,1	0	1,5	5	5	5

Gambar 2.3 Skema Alat Uji Batas Cair

Sumber : SNI 1967:2008 (2008)

Dari hasil pengujian yang dilakukan dibuatkanlah sebuah kurva dengan kemiringan sesuai pengujian yang telah dilakukan. Dimana dari kurva tersebut akan didapat persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran batas cair.



Gambar 2.4 Kurva Pada Penentuan Batas Cair Tanah Lempung
 Sumber : SNI 1967:2008 (2008)

Kemiringan dari garis dalam kurva didefinisikan sebagai indeks aliran (*flow index*) dan dinyatakan dalam persamaan:

$$I_F = \frac{w_1 - w_2}{\text{Log} \left(\frac{N_2}{N_1} \right)} \quad (2.3)$$

Dengan :

- I_F = Indeks aliran
- w_1 = Kadar air(%) pada N_1 Pukulan
- w_2 = Kadar air(%) pada N_2 Pukulan

Perhatikan bahwa nilai w_1 dan w_2 dapat ditukarkan untuk memperoleh nilai positifnya, walaupun kemiringan kurva sebenarnya negatif.

Dari banyaknya uji batas cair, *Waterways Experiment Station* di *Vicksburg, Mississippi* (1949), mengusulkan persamaan batas cair.

$$LL = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{t_{g\beta}} \quad (2.4)$$

Dimana :

- LL = Batas cair (*Liquid Limit*)
- N = Jumlah pukulan, untuk menutup celah 0,5 in (12,7 mm)
- W_N = Kadar air

$tg\beta = 0,121$ (tapi $tg \beta$ tidak sama dengan $0,121$ untuk semua jenis tanah).

2.6.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas Plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak – retak ketika digulung. Pendekatan untuk menentukan indeks palstisitas tanah adalah :

$$\text{Batas Plastis} = \frac{\text{Berat Massa Air}}{\text{Berat Massa tanah Kering}} \times 100\% \quad (2.5)$$

2.6.3 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.

Percobaan batas susut dilaksanakan dalam laboratorium dengan cawan porselin diameter 44,4 mm dengan tinggi 12,7 mm. Bagian dalam cawan dilapisi dengan pelumas dan diisi dengan tanah jenuh sempurna, kemudian dikeringkan dalam oven. Volume ditentukan dengan mencelupkannya dengan air raksa. Batas susut dinyatakan dalam persamaan :

$$SL = \left\{ \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{v_2} \right\} \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana :

SL = Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

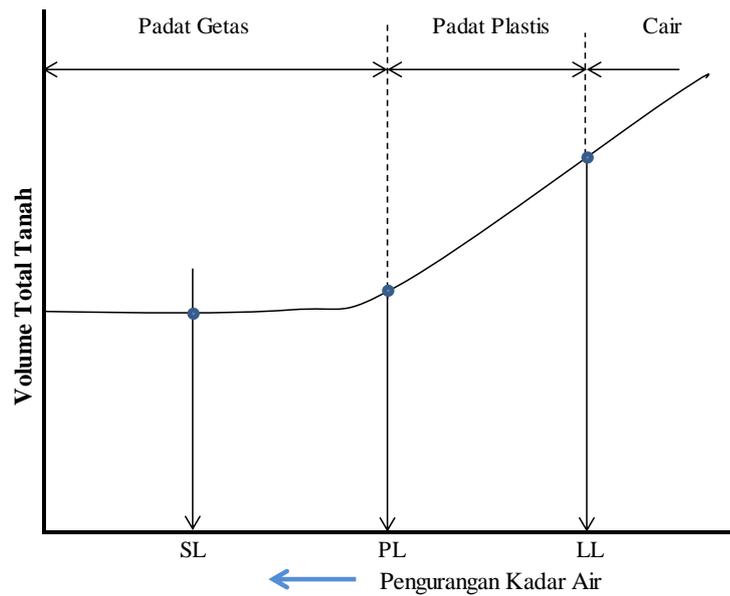
m_1 = Berat tanah basah dalam cawan percobaan (g)

m_2 = Berat tanah kering oven (g)

v_1 = Volume tanah basah dalam cawan (cm^3)

v_2 = Volume tanah kering oven (cm^3)

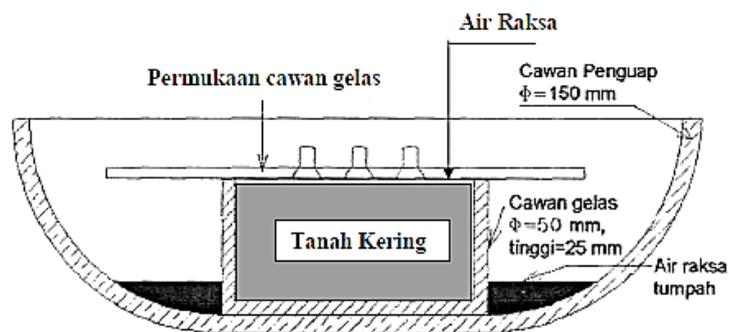
γ_w = Berat volume air (g/cm^3)



Gambar 2.5 Variasi Volume Dan Kadar Air Pada Kedudukan Batas Cair, Batas Plastis, Dan Batas Susut

Sumber : SNI 3422:2008 (2008)

Pada gambar 2.5 menunjukkan hubungan variasi kadar air dan volume total tanah pada kedudukan batas cair, batas plastis, dan batas susut. Batas – batas Atterberg sangat berguna untuk identifikasi dan klasifikasi tanah. Batas – batas ini sering digunakan secara langsung dalam spesifikasi, guna mengontrol tanah yang akan digunakan untuk membangun struktur urugan tanah.



Gambar 2.6 Cawan Penguap Untuk Pengujian Batas Susut Tanah

Sumber : SNI 3422:2008 (2008)

2.6.4 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis, rumusnya adalah :

$$PI = LL - PL \quad (2.7)$$

Dimana :

PI = Indeks Plastisitas

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air di mana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks elastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI 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 2.1 dibawah.

Tabel 2.1 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)

2.7 Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif

Metode uji kuat tekan bebas tanah kohesif dimaksudkan untuk menentukan kuat tekan bebas contoh tanah yang memiliki kohesi, baik tanah terganggu (*disturbed*), dicetak ulang (*remolded*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted*). Dan digunakan untuk menentukan suatu nilai perkiraan kekuatan tanah kohesif yang dinyatakan dalam tegangan total.

Ini berlaku hanya untuk material kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*Cemented Soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan (air keluar dari tanah akibat deformasi / perubahan bentuk). Untuk tanah kering dan mudah hancur (rapuh), material yang retak, lanau, gambut dan pasir tidak dapat diuji dengan metode ini karena

memperoleh nilai kuat tekan bebas yang tidak valid. Rumus yang digunakan untuk menguji kuat tekan tanah kohesif :

1. Menghitung Regangan Aksial (ε_1), sampai 0,1 % terdekat, sesuai dengan beban yang diberikan, sebagai berikut:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (2.8)$$

Keterangan:

ε_1 adalah regangan aksial, dinyatakan dalam %

ΔH adalah perubahan tinggi benda uji sesuai bacaan pada arloji ukur deformasi, dinyatakan dalam mm

H_0 adalah tinggi benda uji semula, dinyatakan dalam mm

2. Luas penampang rata - rata atau luas terkoreksi (A_c) dihitung, sesuai dengan beban yang diberikan, sebagai berikut:

$$A_c = \frac{A_0 \times 10^{-6}}{(1 - \varepsilon_1)} \quad (2.9)$$

Keterangan :

A_c adalah luas penampang rata-rata atau luas terkoreksi, dinyatakan dalam m^2

A_0 adalah luas penampang rata-rata benda uji semula, dinyatakan dalam satuan mm^2

ε_1 adalah regangan aksial untuk beban yang diberikan, dinyatakan dalam bilangan desimal

3. Hitung tegangan tekan (σ_c), sampai 1 kN/m² (1 kPa) terdekat, sesuai dengan beban yang diberikan, sebagai berikut:

$$\sigma_c = \frac{P}{A_c} \quad (2.10)$$

Keterangan :

σ_c adalah tegangan tekan, dinyatakan dalam kN/m²

A_c adalah luas penampang rata-rata atau luas terkoreksi, sesuai dengan beban yang diberikan, dinyatakan dalam m^2

P adalah beban yang diberikan, dinyatakan dalam kN

2.8 Semen

Semen adalah perekat *hidraulis* yang digunakan untuk merekat batu, bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya. *Hidraulis* dalam artian disini adalah semen akan jadi perekatan bila bercampur dengan air. Begitu pentingnya semen, sehingga nyaris tidak ada bangunan yang bebas dari penggunaan semen. Bahkan, semen telah digunakan sejak zaman dahulu, terbukti dengan banyaknya bangunan bersejarah yang sampai saat ini masih bisa kita lihat. Awalnya, semen terbentuk dari penggilingan beberapa material, seperti batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi, sehingga membentuk *klinker*. Ditambah sejumlah gypsum dan mineral lainnya, maka terbentuklah semen. Semen tersebut dapat bekerja sebagai perekat jika ditambah air. Dewasa ini, industri semen telah memproduksi tipe - tipe semen yang berbeda, tetapi yang paling banyak dijumpai di pasaran dalam kemasan kantong adalah semen untuk keperluan aplikasi umum, yaitu semen tipe I dan *Portland Cement Composite* (PCC).

Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 macam yaitu *klinker/terak* (70% hingga 95%, merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan lempung), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang, dan lain - lain. Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3 % umumnya masih memenuhi kualitas tipe 1 atau OPC (*Ordinary Portland Cement*). Namun bila kandungan material ketiga lebih tinggi hingga sekitar 25% maksimum, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (*Portland Composite Cement*).

2.9 Jenis Semen

2.9.1 Semen Portland Putih

Jenis semen ini dibuat dari batu kapur yang bebas besi, *quartz*, pasir dan *kaolin*. Semen putih menunjukkan suatu produk dari teknologi tertinggi yang dapat dicapai oleh industri semen. Sesuai syarat - syarat untuk semen portland dapat dipenuhinya. Oleh karena penggilingan serbuknya mahal, demikian juga bahan bakunya, maka semen putih termasuk jenis semen portland yang mahal.

2.9.2 Semen Portland Pozolan / *Portland Pozzolan Cement (PPC)*

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen Portland dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama - sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk *pozolan*, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar *pozolan* 6 % sampai dengan 40 % massa semen *portland pozolan*.

Jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton. Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.

2.9.3 Semen Portland Komposit / *Portland Composite Cement (PCC)*

Menurut (SNI 15-7064-2004, 2004) Semen *Portland Komposit* adalah Bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama - sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozolan*, senyawa *silikat*, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35 % dari massa semen *portland komposit*.

Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti : pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

2.10 Tipe Semen

2.10.1 Portland Cement Type I (*Ordinary Portland Cement*)

Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0,0% - 0,10% dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung - gedung bertingkat, perkerasan jalan, dan struktur rel.

2.10.2 Portland Cement Type II (*Moderate Sulfat Resistance*)

Semen Portland Tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen Portland Tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase. Semen Portland tipe II ini disarankan untuk dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,10% - 0,20%) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam - dam, bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom – kolom.

2.10.3 Portland Cement Type III (*High Early Strength Portland Cement*)

Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki temperatur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin. Kegunaan pembuatan Jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

2.10.4 Portland Cement Type IV (*Low Heat Of Hydration*)

Tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis. Cocok digunakan untuk daerah yang bersuhu panas.

2.10.5 Portland Cement Type V (*Sulfat Resistance Cement*)

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah

dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi. Contohnya untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir (SM-Biro, 2013).