

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dinding Penahan Tanah

Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil. Kestabilan dinding penahan tanah diperoleh terutama dari berat sendiri struktur dan berat tanah yang berada di atas pelat pondasi. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah, sangat bergantung pada gerakan tanah relatif ke arah lateral terhadap dinding (H. C. Hardiyatmo: 2010). Tekanan tanah ini cenderung menggulingkan dan menggeserkan struktur dinding (C. K. Wang, dkk: 1993).

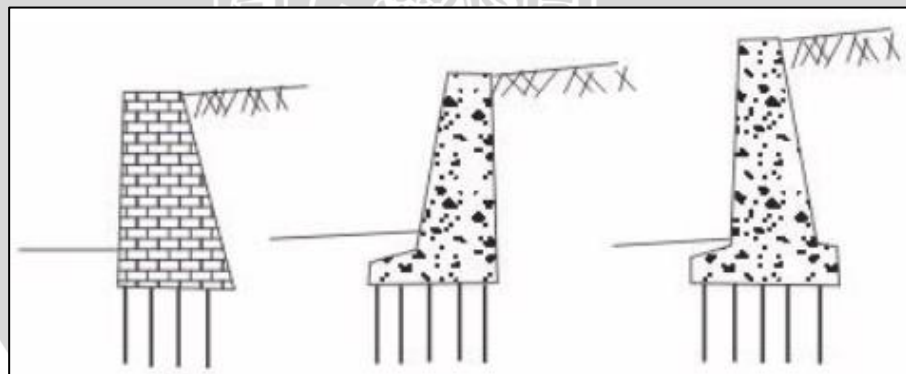
2.1.1 Tipe-Tipe Dinding Penahan Tanah

2.1.1.1 Dinding Penahan Tanah Kaku

Terdapat beberapa tipe dinding penahan tanah berdasarkan strukturnya:

1. Dinding gravitasi (*gravity wall*)

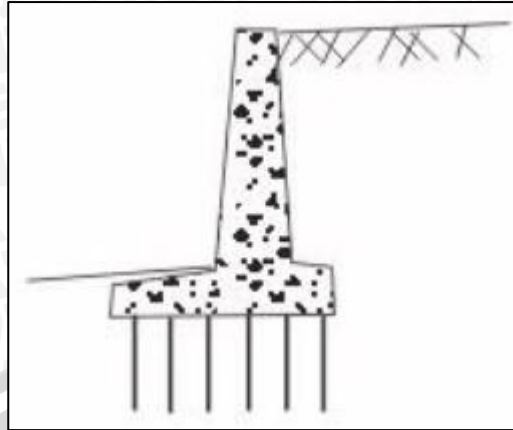
Dinding penahan ini terbuat terbuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu kali. Terkadang terdapat sedikit tulangan pada permukaan dinding beton untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan temperatur (H. C. Hardiyatmo: 2010). Biasanya tinggi dinding ini mencapai 10 kaki (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.1. Dinding gravitasi

2. Dinding semi gravitasi (*semi gravity wall*)

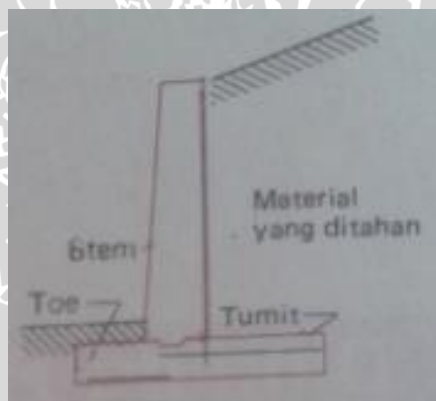
Dinding ini merupakan dinding gravitasi yang berbentuk agak ramping. Karena ramping, pada strukturnya diperlukan penulangan beton vertikal yaitu hanya pada bagian dinding saja. Tulangan beton ini berfungsi sebagai pasak untuk menghubungkan bagian dinding dan pondasi. (H. C. Hardiyatmo: 2010). Biasanya tinggi dinding ini mencapai 13 kaki (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.2. Dinding semi gravitasi

3. Dinding kantilever (*cantilever wall*)

Dinding ini merupakan dinding penahan tanah yang paling umum digunakan. Dinding kantilever terdiri dari kombinasi dinding dan pondasi beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian ini relatif tipis dan secara penuh dipasang tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja (H. C. Hardiyatmo: 2010). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*stem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya tinggi dinding ini sekitar 10 kaki hingga 25 kaki (C. K. Wang, dkk: 1993).

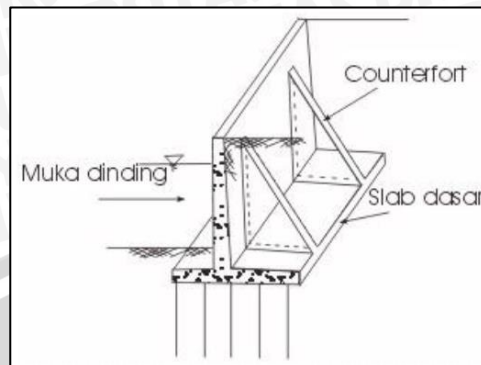


Gambar 2.3. Dinding kantilever

4. Dinding *counterfort* (*counterfort wall*)

Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang disatukan dan didukung oleh pelat atau dinding transversal yang disebut *counterfort* atau dinding penguat (H. C. Hardiyatmo: 2010). *Counterfort* ditempatkan di atas pelat pondasi pada jarak atau interval tertentu yang diisi dengan tanah urug diantara *counterfort*nya. Fungsi pemasangan *counterfort* ini sebagai ikatan tarik di dalam menyokong

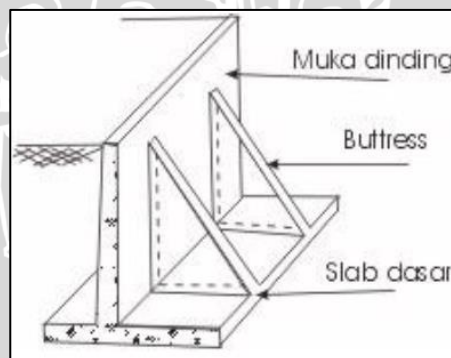
badan dinding. Biasanya tinggi dinding ini mencapai 25 kaki (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.4. Dinding *counterfort*

5. Dinding galang (*buttress wall*)

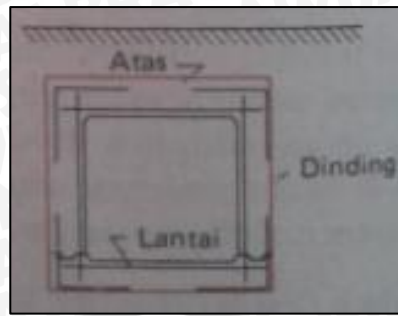
Dinding sejenis ini menyerupai dinding *counterfort*, tapi dinding penahan transversal ditempatkan di pihak yang berlawanan dari tanah yang bekerja dan berfungsi sebagai batang tekan. Namun dinding ini lebih jarang dipakai dari pada dinding *counterfort*. Hal ini disebabkan karena penempatan dinding *counterfort* tersembunyi di bawah permukaan tanah yang bekerja. Sedangkan dinding penggalang membutuhkan ruangan yang dapat digunakan di depan dinding. Biasanya tinggi dinding ini hampir sama dengan dinding *counterfort* yaitu mencapai 25 kaki (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.5. Dinding galang

6. Boks *culvert* (*culvert box*)

Boks seperti ini dapat dibuat dari satu atau dua lubang yang berfungsi sebagai portal kaku tertutup. Dinding penahan tanah ini tidak hanya menahan tekanan tanah lateral tetapi juga beban vertikal dari tanah atau struktur di atas tanah (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.6. Boks culvert

2.1.1.2 Dinding Penahan Tanah Lentur

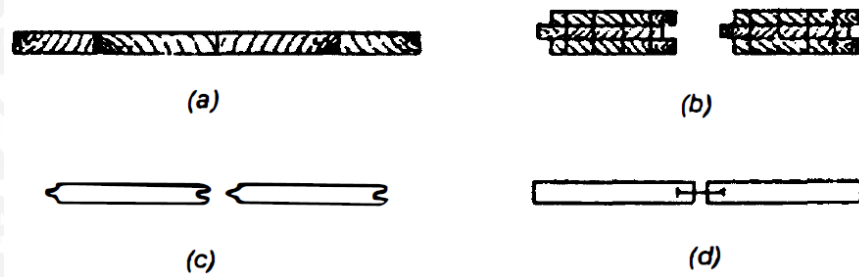
Turap merupakan suatu material yang disusun menyerupai bentuk dinding berfungsi sebagai penahan tebing, penahan tanah galian sementara, bangunan-bangunan di pelabuhan, penahan tanah sekitar tepian sungai atau laut dan lain-lain. Material yang digunakan dalam turap ada beberapa macam, yaitu turap dari material kayu, turap dari material beton, turap dari bahan baja (*steel*). Turap disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan perencana..

Turap dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. Dinding turap tidak cocok untuk menahan tanah timbunan yang sangat tinggi karena akan memerlukan luas tampang bahan turap yang besar. Selain itu, dinding turap juga tidak cocok digunakan pada tanah yang mengandung banyak batuan-batuan, karena menyulitkan pemancangan (Hardiyatmo, 2008:1).

Tipe turap dapat dibedakan menurut bahan yang digunakan, antara lain:

- Turap Kayu

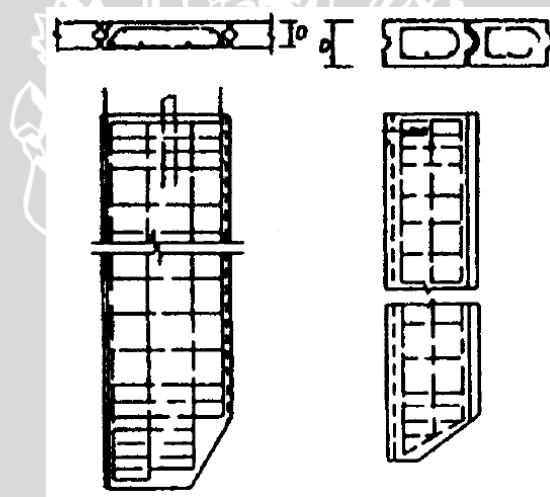
Turap kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi, karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. Turap ini tidak cocok digunakan pada tanah berkerikil, karena turap cenderung pecah bila dipancang. Bila turap kayu digunakan untuk bangunan permanen yang berada di atas muka air, maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk. Turap kayu banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan sementara, misalnya untuk penahan tebing galian (Hardiyatmo, 2008:1). Bentuk-bentuk susunan turap kayu dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Turap kayu.

- Turap Beton

Turap beton merupakan balok-balok beton yang telah dicetak sebelum dipasang dengan bentuk tertentu. Balok-balok turap dibuat saling mengkait satu sama lain (**Gambar 2.8**). Masing-masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban-beban yang bekerja pada turap, juga terhadap beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya. Ujung bawah turap biasanya dibentuk meruncing untuk memudahkan pemancangan (Hardiyatmo, 2008:1-2).

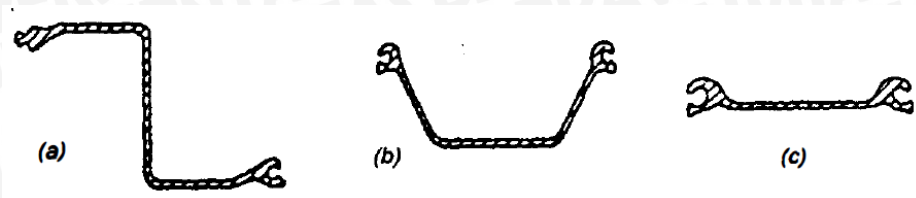


Gambar 2.8 Turap beton.

- Turap Baja

Turap baja pada **Gambar 2.9** sangat umum digunakan, karena lebih menguntungkan dan mudah penanganannya. Keuntungan-keuntungannya antara lain:

1. Turap baja kuat menahan gaya-gaya benturan pada saat pemancangan.
2. Bahan turap relatif tidak begitu berat.
3. Turap dapat digunakan berulang-ulang.
4. Turap baja mempunyai keawetan yang tinggi.
5. Penyambungan mudah, bila kedalaman turap besar (Hardiyatmo, 2008:2).

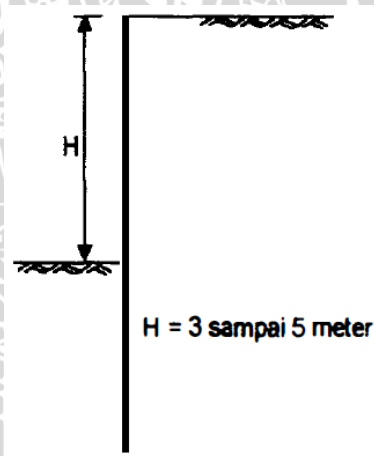


Gambar 2.9 Turap baja.

Terdapat 4 tipe dinding turap yaitu:

- Dinding Turap Kantilever

Dinding turap kantilever (**Gambar 2.10**) merupakan turap yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah di depan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever. Karena luas tampang bahan turap yang dibutuhkan bertambah besar dengan ketinggian tanah yang ditahan (akibat momen lentur yang timbul), turap kantilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian sedang (Hardiyatmo, 2008:3).

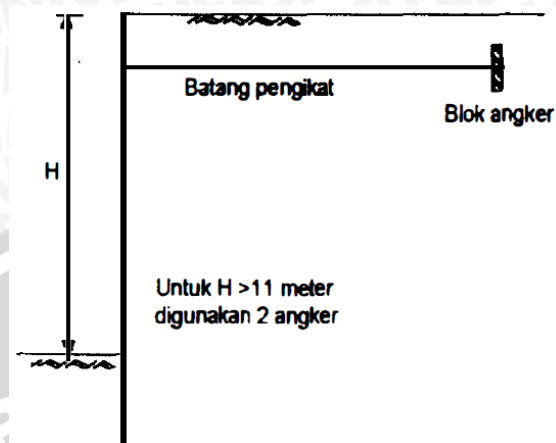


Gambar 2.10 Dinding turap kantilever.

- Dinding Turap Diangker

Dinding turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi masih juga bergantung pada kondisi tanah (**Gambar 2.11**). Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dengan di bantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya. Kedalaman turap menembus tanah bergantung pada besarnya tekanan tanah. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Stabilitas dan tegangan-tegangan pada turap yang diangker bergantung pada

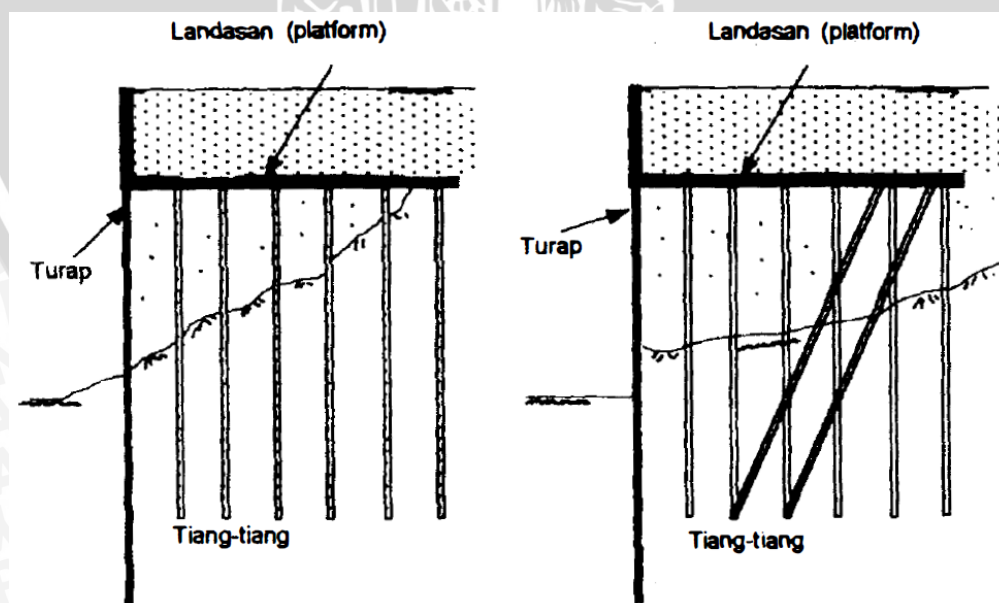
banyak faktor. Misalnya kekakuan relatif bahan turap, kedalaman penetrasi turap, kemudah mampatan tanah, kuat geser tanah, keluluhan angker dan lain-lainnya (Hardiyatmo, 2008:3).



Gambar 2.11 Dinding turap diangker.

- Dinding Turap dengan Landasan (*Platform*)

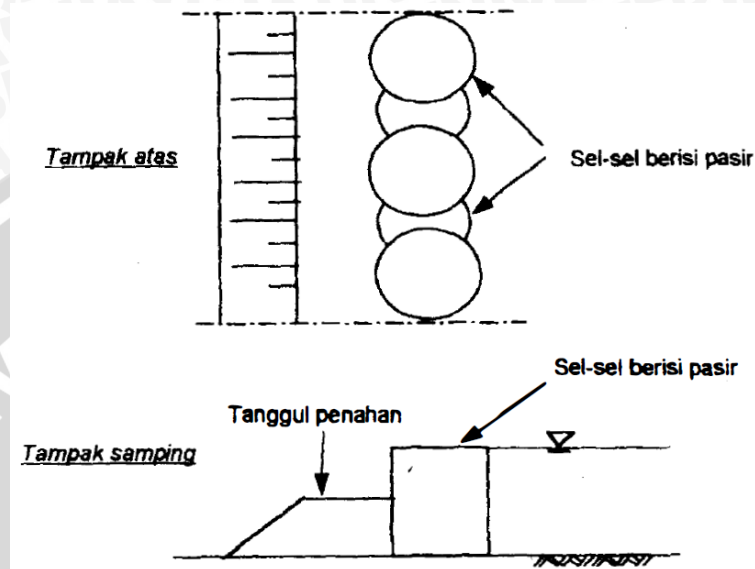
Dinding turap semacam ini dalam menahan tekanan tanah lateral dibantu oleh tiang-tiang, dimana di atas tiang-tiang tersebut dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu (**Gambar 2.12**). Tiang-tiang pendukung landasan juga berfungsi untuk mengurangi beban lateral pada turap. Dinding turap ini dibuat bila di dekat lokasi dinding turap direncanakan akan dibangun jalan kereta api, mesin derek, atau bangunan-bangunan berat lainnya (Hardiyatmo, 2008:4).



Gambar 2.12 Dinding turap dengan landasan yang didukung tiang-tiang.

- Bendungan Elak Seluler

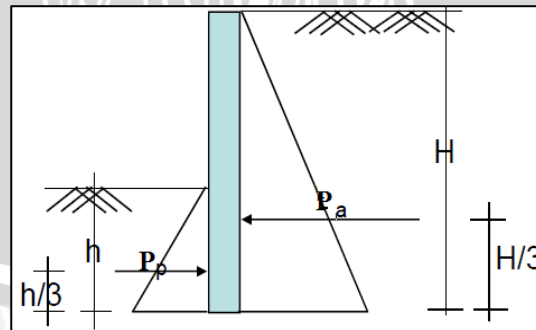
Bendungan elak seluler (*cellular cofferdam*) merupakan turap yang berbentuk sel-sel yang diisi dengan pasir (**Gambar 2.13**). Dinding ini menahan tekanan tanah dengan mengandalkan beratnya sendiri (Hardiyatmo, 2008:4).



Gambar 2.13 Bendungan elak seluler.

2.1.2 Gaya-Gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi dinding sehingga mengalami guling dan geser. Gaya-gaya tersebut adalah akibat tekanan tanah lateral dan beban di atas permukaan tanah (C. K. Wang, dkk: 1993).



Gambar 2.14. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding

2.1.2.1 Tekanan Tanah Lateral

Terdapat tiga kondisi tanah saat memberikan tekanan terhadap dinding, antara lain:

1. Tekanan tanah aktif untuk tanah tak berkoheesi

Tekanan tanah yang timbul karena tanah bergerak di arah yang sama dengan gerakan perpindahan dinding atau dinding menjauhi tanah. Besar tekanan tanah aktif total (P_a) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan oleh persamaan (Hardiyatmo, 2011:455):

$$P_a = 0,5 K_a \gamma H^2$$

dengan arah garis kerja tekanan yang sejajar permukaan tanah urug dan bekerja pada ketinggian $H/3$ dari dasar dinding penahan.

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ untuk permukaan tanah horizontal } (\beta) = 0$$

dengan, P_a = tekanan tanah aktif total (kN)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah urug (kN/m^3)

ϕ = sudut gesek dalam tanah

β = sudut kemiringan permukaan tanah urug terhadap horizontal

2. Tekanan tanah pasif untuk tanah tak berkoheesi

Tekanan tanah yang timbul pada saat struktur bergerak melawan tanah aktif. Besar tekanan tanah pasif total (P_p) untuk dinding penahan tanah setinggi H dinyatakan oleh persamaan (Hardiyatmo, 2011:456):

$$P_p = 0,5 K_p \gamma H^2$$

Titik tangkap gaya tekanan tanah pasif terletak pada $H/3$ dari dasar dinding penahan dan arahnya sejajar dengan permukaan tanah.

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \text{ untuk permukaan tanah horizontal } (\beta) = 0$$

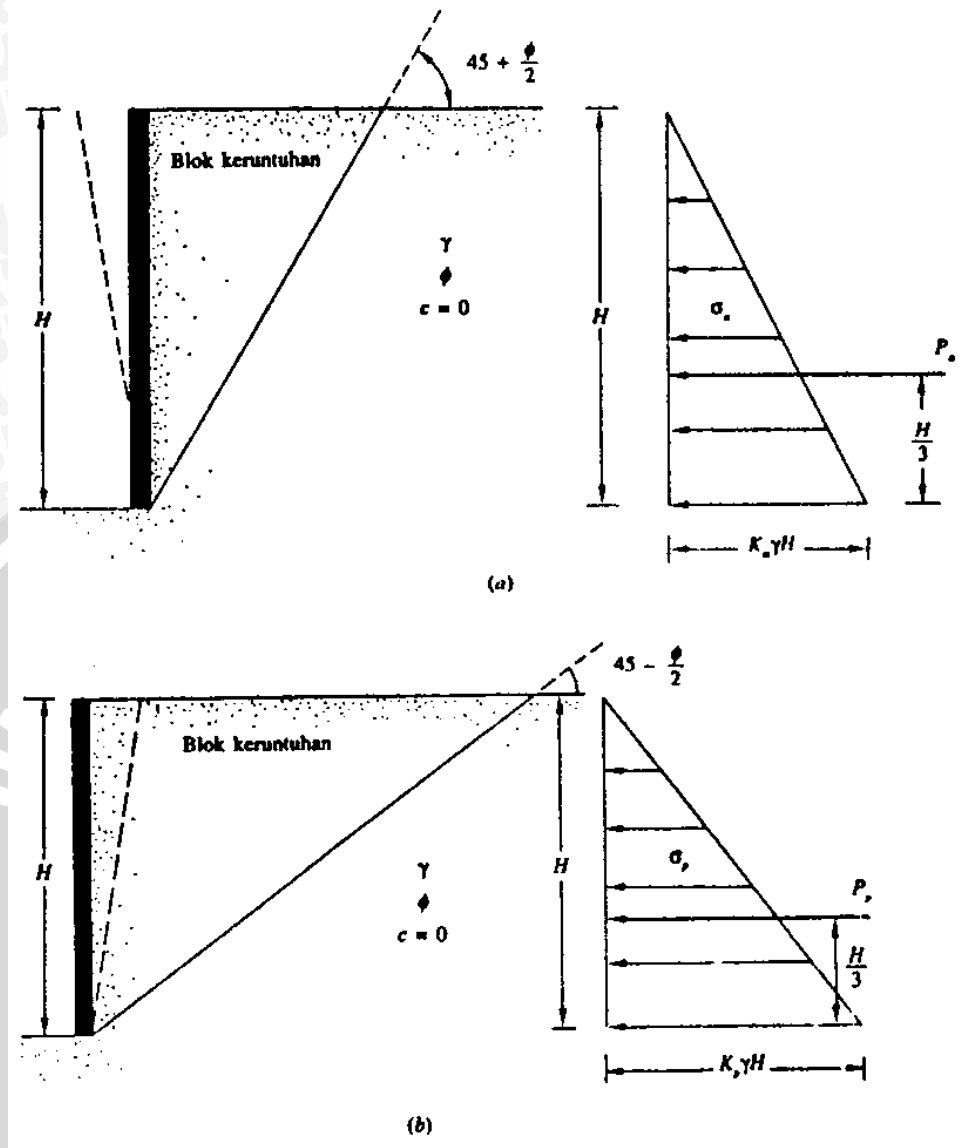
dengan, P_a = tekanan tanah aktif total (kN)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

γ = berat volume tanah urug (kN/m^3)

ϕ = sudut gesek dalam tanah

β = sudut kemiringan permukaan tanah urug terhadap horizontal

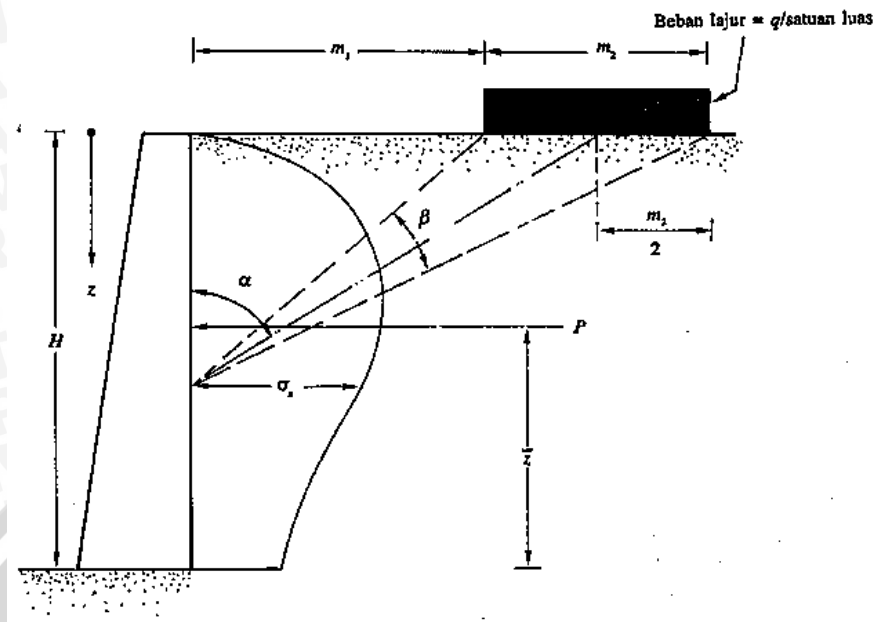


Gambar 2.15 Distribusi tekanan pada tembok untuk urugan tanah tak berkohesi ($c=0$) yang permukaannya datar; (a) tekanan tanah aktif menurut Rankine; (b) tekanan tanah pasif menurut Rankine.

3. Tekanan tanah diam atau seimbang

Tekanan tanah pada saat dinding dan tanah pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam kondisi elastis. Tekanan tanah seimbang mempunyai nilai tengah antara kedua tekanan di atas. Penetapan besarnya cukup sulit sehingga dalam struktur lebih sering dipakai tanah aktif dan pasif.

2.1.2.2 Beban di Atas Permukaan Tanah



Gambar 2.16 Tekanan ke samping pada tembok yang disebabkan oleh beban lajur.

Gambar 2.16 menunjukkan suatu beban lajur sebesar q /satuan luas terletak pada jarak m_1 dan tembok yang mempunyai ketinggian H . Menurut teori elastisitas, tegangan arah horisontal σ_x pada kedalaman z , yang bekerja pada tembok, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_x = \frac{q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

Sudut α dan β dapat dilihat dalam **Gambar 2.9**. Untuk perilaku tanah yang sesungguhnya, persamaan di atas dapat dimodifikasi menjadi

$$\sigma_x = \frac{2q}{H} (\beta - \sin \beta \cos 2\alpha)$$

Perilaku distribusi tegangan σ_x dengan kedalaman diberikan dalam Gambar 2.9. Gaya P , per satuan lebar tembok yang disebabkan oleh beban lajur dapat dihilung dengan cara mengintegrasikan σ_x , dengan batas-batas dan z sama dengan not sampai dengan H . Jarquio (1981) telah menuliskan besarnya P dalam bentuk sebagai berikut (Das, 1993:94):

$$P = \frac{q}{90} [H(\theta_2 - \theta_1)]$$

dengan

$$\theta_1(\text{derajat}) = \tan^{-1}\left(\frac{m_1}{H}\right)$$

$$\theta_2(\text{derajat}) = \tan^{-1}\left(\frac{m_1 + m_2}{H}\right)$$

2.1.3 Pengaruh Tekanan Rembesan pada Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Pada waktu hujan deras, berat volume tanah di belakang dinding penahan tanah akan bertambah akibat naiknya kadar air tanah. Jika perlengkapan drainase tidak diberikan, air akan merembes ke bawah melewati dasar pondasi dan naik sampai dipermukaan tanah di depan dinding. Akibat rembesan air yang melewati tanah ini sebagai berikut:

1. Berat tanah urug bertambah. Akibatnya, tekanan tanah juga bertambah karena berat volume tanah (γ) bertambah. Karena itu, jika perancangan pada tanah berupa lanau atau lempung sebaiknya didasarkan pada kondisi jenuh air. Karena tanah-tanah ini cenderung menahan air pada jangka waktu yang lama.
2. Gaya angkat (*uplift*) akan timbul pada permukaan bidang runtuh.
3. Gaya angkat timbul pada dasar pondasi dinding penahan
4. Pengurangan tekanan tanah pasif di depan dinding

Tekanan rembesan pada bagian depan dinding yang arahnya ke atas akan berakibat mengurangi berat volume efektif tanah. Bila tekanan rembesan sangat besar maka tanah bagian depan dapat kehilangan beratnya sehingga tanah dalam kondisi mengapung (H. C. Hardiyatmo: 2010).

$$\gamma' = \gamma_b = \gamma \text{ sub}$$

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w \quad (\text{Pers. 2.6})$$

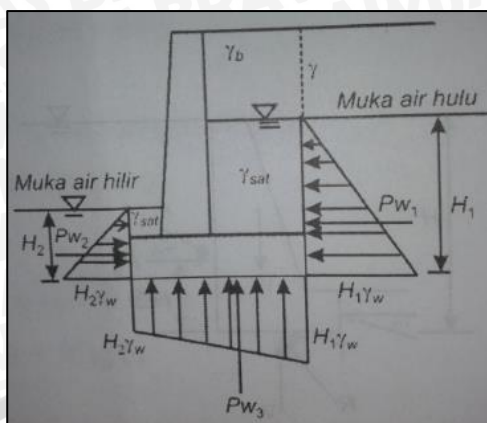
dimana:

$$\gamma = \text{berat isi tanah (t/m}^3\text{)}$$

$$\gamma' = \gamma_b = \gamma \text{ sub} = \text{berat isi tanah terendam (t/m}^3\text{)}$$

$$\gamma_w = \text{berat isi air} = 1 \text{ t/m}^3 \quad \text{untuk air tawar}$$

$$= 1,03 \text{ t/m}^3 \quad \text{untuk air laut (J. Hadihardaja: 1997)}$$



Gambar 2.17. Tekanan air di sekeliling dinding penahan tanah

Untuk mengurangi tekanan rembesan yang terlalu besar tersebut, struktur dinding penahan tanah dilengkapi dengan bangunan drainase. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan material granular sebagai bahan timbunan yang dilengkapi dengan bangunan drainase. Tekanan rembesan dalam massa tanah dapat ditentukan dengan cara jaring arus (*flow-net*). Dari gambar jaring arus tersebut, kecuali gaya tekanan air total ke dinding penahan dapat dihitung dan tekanan air ke atas (*uplift*) pada dasar pondasi dapat pula ditentukan yaitu dengan memperhatikan perpotongan garis-garis ekipotensial dengan dasar pondasi dinding. Dalam perancangan, tekanan air di sekeliling dinding penahan tanah diasumsikan berdistribusi linier. Umumnya, tekanan air (P_w) akan mengurangi faktor aman (H. C. Hardiyatmo: 2010).

2.1.4 Drainase pada Dinding Penahan Tanah

Dalam perancangan, umumnya lebih diinginkan memasang sistem drainase pada tanah. Jika tidak, tekanan lateral yang besar akan timbul di bagian belakang dinding akibat jenuhnya tanah di saat hujan lebat. Drainase dinding penahan tanah dapat dibuat dari yang sederhana sampai dengan yang lebih baik sesuai fungsi dinding penahan tanah. Adapun jenis-jenis drainase dinding penahan tanah dapat dibedakan sebagai berikut:

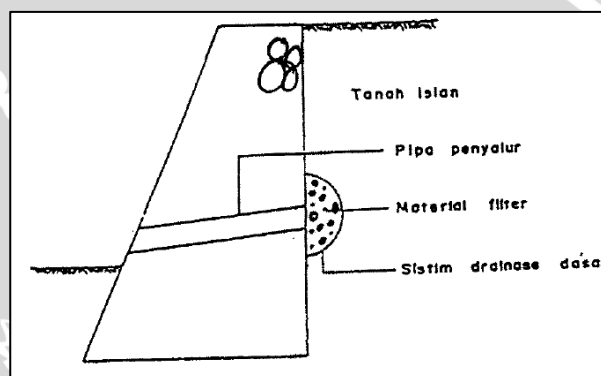
2.1.4.1 Drainase dasar (*bottom drain*)

Drainase ini merupakan sistem drainase yang paling sederhana untuk digunakan pada dinding penahan tanah. Drainase ini bertujuan mengumpulkan air yang berada di belakang (air yang terdapat pada tanah). Air yang terkumpul tersebut kemudian dialirkan ke depan dinding melalui saluran, pipa, atau lubang yang menembus dinding penahan tanah. Supaya drainase pengumpul tidak tersumbat oleh partikel tanah,

maka drainase harus dikelilingi dengan filter granular. Bahan filter harus memenuhi syarat sebagai material filter.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merancang sistem drainase ini adalah:

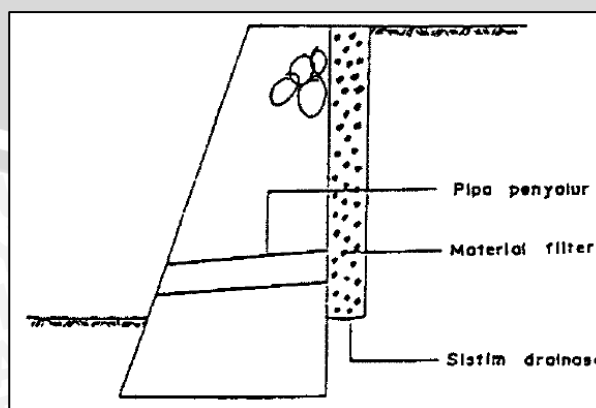
- Cara ini tidak dianjurkan untuk tanah liat atau tanah lanau karena tanah tersebut mempunyai permeabilitas rendah sehingga kecepatan air menuju sistem drainase berjalan lambat, akibatnya mungkin termobilisasi tekanan air yang ada di bagian belakang dinding (terutama pada saat musim hujan lebat).
- Cara ini cocok untuk tanah yang mempunyai permeabilitas tinggi (J. Hadihardaja: 1997)



Gambar 2.18. Drainase dasar

2.1.4.2 Drainase Belakang (*back drain*)

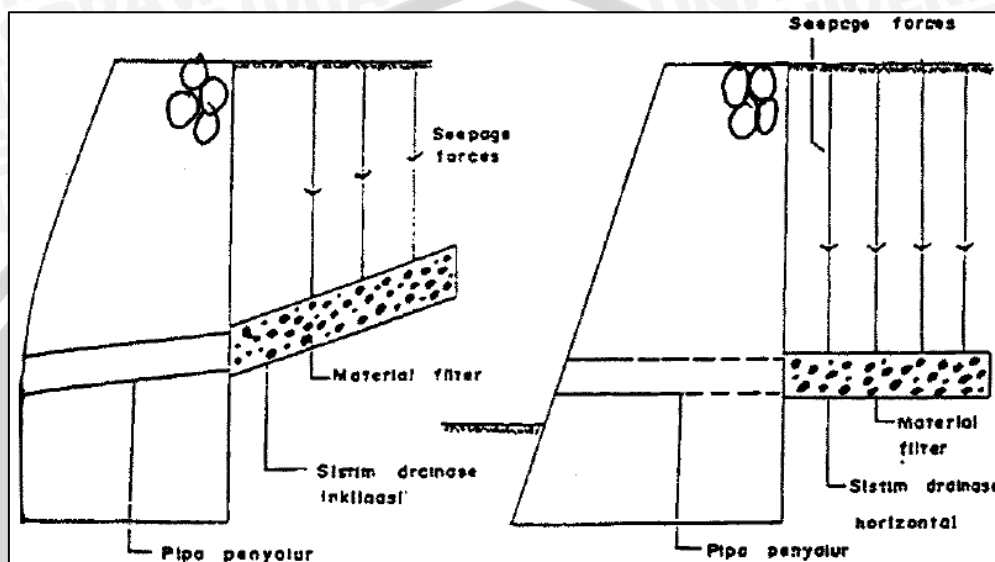
Drainase ini merupakan sistem yang lebih baik. Lapisan pasir dan kerikil bergradasi tertentu yang memenuhi syarat sebagai filter diletakkan di bagian belakang dinding. Air yang terkumpul dikeluarkan lewat lubang. Sistem ini memberikan drainase di sepanjang bagian belakang dinding, sehingga tidak ada tekanan air pori berkembang karena sistem ini dapat mengalirkan air dengan cepat. Tetapi, jika tanah urugnya lanau atau lempung maka tekanan air pori dapat berkembang lumayan besar sehingga mengurangi kestabilan dinding (H. C. Hardiyatmo: 2010).



Gambar 2.19. Drainase belakang

2.1.4.3 Drainase Miring atau Horizontal (*Inclined atau Horizontal Drain*)

Drainase ini dapat menghilangkan tekanan air pori di belakang dinding. Sistem ini secara efektif akan menurunkan muka air tanah menuju ke arah sistem drainase. Bila terjadi hujan lebat, infiltrasi air selama hujan akan berarah ke bawah, sehingga gaya rembesan juga ke bawah. Drainase miring dan horizontal bisa digunakan dengan drainase belakang untuk kesempurnaannya (H. C. Hardiyatmo: 2010).



Gambar 2.20. Drainase inklinasi dan horizontal

2.2. Bata Beton

Menurut SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding, dijelaskan bahwa bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari bahan utama semen portland, air dan agregat ; yang dipergunakan untuk pasangan dinding. Bata beton dibedakan menjadi bata beton pejal dan bata beton bertulang.

1. Bata beton pejal

Bata beton pejal adalah bata yang memiliki penampang pejal 75 % atau lebih dari luas penampang seluruhnya dan memiliki volume pejal lebih dari 75 % volume bata seluruhnya.

2. Bata beton bertulang

Bata beton bertulang adalah bata yang memiliki luas penampang lebih dari 25% luas penampang batanya dan volume lubang lebih dari 25 % volume batas seluruhnya.

2.2.1 Klasifikasi Bata Beton

Bata beton pejal maupun berlubang dibedakan menurut tingkatan mutunya, yaitu:

1. Tingkat mutu I.
2. Tingkat mutu II.
3. Tingkat mutu III.
4. Tingkat mutu IV.

2.2.2 Syarat Mutu

1. Pandangan Luar

Bidang permukaannya tidak cacat, Bidang permukaan lain yang didesain, diperbolehkan. Rusuk-rusuknya siku satu terhadap yang lain, dan sudut rusuknya tidak mudah dirapikan dengan kekuatan jari tangan.

2. Ukuran dan Toleransi

Ukuran bata beton harus sesuai dengan **Tabel 2.1**

Satuan mm,

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekatan lobang, minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	-	-
2. Berlobang					
a. Kecil	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 3	25	20

3. Syarat Fisis

Bata beton harus memenuhi syarat-syarat fisis sesuai dengan **Tabel 2. 2**

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* rata-rata min.	Kg/cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20

2. Kuat-tekan bruto masing-masing benda uji min.	Kg/cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	-	-	25	35	-	-

* Kuat tekan bruto adalah beban keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk lubang serta cekungan tepi.

2.2.3 Struktur Pasangan

Konstruksi dari struktur pasangan telah didefinisi sebagai tipe konstruksi yang disusun dengan mortar diantara elemennya. Klasifikasi tipe digunakan dalam UBC (Uniform Building Code) sebagai berikut Semua tipe tersebut memiliki perkembangan dalam cara yang berbeda dan digunakan dalam berbagai perilaku karena variasi dan karakteristik khususnya. Tipe konstruksi struktur pasangan dijelaskan lebih detail dalam UBC. Pembaca dapat menggunakan building codes yang lain seperti ACI karena deskripsi yang berlaku sama (Fintel, 1985).

2.2.3.1 Material Struktur Pasangan

Berikut ini daftar elemen struktur pasangan yang disediakan untuk perencana terkait dengan rancangan, untuk elemen yang mungkin dapat diabaikan. Juga kesesuaian nomor ASTM disebutkan sebagai susunan fisik tertentu pada setiap tipenya (Fintel, 1985)

1. Berlubang dari tanah liat

Tanah liat dibakar agar sesuai dengan peraturan ASTM C62 atau C216. Kesimpulan dari susunan fisiknya terdapat pada tabel 17-1. Ada kelas SW, MW, dan NW untuk pelapukan buruk, pelapukan tertentu yang diatur dan mengabaikan kondisi dari adanya pelapukan. Susunan fisik dan klasifikasi persyaratan adalah dasar dalam penggunaannya. Syarat tertentu untuk kelas SW dimana daya tahannya dibebaskan untuk pelapukannya tidak terlalu parah. Dimana Indeks pelapukannya kurang dari 100. Faktanya Indeks pelapukan pada beton berlubang dibebaskan. Rasio penyerapan air dingin dengan penyerapan air mendidih diukur dari daya tahannya.

Elemen ini dianggap *solid* bahkan hingga lubang intinya mencapai 25% dari volume total. Jika volume lubang lebih dari 25% yaitu hingga mencapai 40% maka elemen tersebut diketahui sebagai batu bata berongga dan sesuai dengan ASTM C652 atau dengan standar yang dikembangkan oleh *Western State Clay Products Association*. Jika lubang lebih besar dari 40% maka kemungkinan elemen ini dirancang dari material ubin yang ditentukan dari salah satu ASTM C34, C126, C212.

2. Beton Blok

Elemen ini merupakan elemen berongga atau beton blok yang konvensional. Ditentukan dalam ASTM C90 *Hollow Load Bearing Concrete Masonry Unit*. Untuk kondisi tegangan kurang dari yang dibutuhkan terdapat pada ASTM C129 *Hollow Non Load Bearing Concrete Masonry Unit*. Tegangan tekan yang dibutuhkan dalam ASTM C90 yaitu 1000 atau 700 psi pada kondisi bruto. Tapi perencana harus memperhatikan kondisi bersih atau kekuatan sesungguhnya dari struktur pasangan. Pengujian ini tegangan ijin yang diterima adalah 1000 psi pada kondisi bruto yang memungkinkan produsen menyediakan bentuk dengan luas minimum pada tegangan tinggi atau luas maksimum pada tegangan yang lebih rendah. Berikut ini contoh untuk memperjelas berbagai hubungan kekuatan. Konvensional 8 in, beton blok dikembangkan dengan tegangan 1000 psi pada kondisi bruto. 2200 psi pada kondisi basah sejak elemen ini kurang dari satu setengah padat. Kemudian dikembangkan menjadi 1350 psi dalam beberapa kumpulan struktur pasangan, bahkan meskipun mortar dan grouting juga lebih kuat dari 2000 psi. Perencana harus hati hati dalam membedakan antara elemen blok, kekuatan grouting, dan kebutuhan kekuatan dari struktur pasangan saat merancang.

3. Bata Beton

Elemen ini merupakan elemen padat dari semen portland dan agregat sesuai serta bisa ditentukan dari ASTM C55 *Concrete Building brick* atau ASTM C 145 *Solid Load Bearing Concrete Masonry Unit*. Elemen ini diklasifikasikan berdasarkan penggunaannya yaitu tipe I (kontrol kelembapan pada elemen) dan tipe II (tanpa kontrol kelembapan pada elemen). Yang diambil dalam kelas N. Elemen ini diambil dari kelas N yang digunakan sebagai estetika lapisan dan tampilan elemen dilihat dari bagian luar dinding. Elemen dari kelas N ini juga digunakan dimana kekuatan tinggi dan daya tahan dalam penetrasi kelembapan

hingga begitu beku yang diinginkan. Elemen ini juga di ambil dari kelas S yang secara umum digunakan untuk mengatur kekuatan dan daya tahan untuk mendapatkan kelembapan yang diinginkan.

4. Elemen Berongga dari Tanah Liat

Ada beberapa menyebutkan Elemen blok dari tanah liat dan umumnya bisa dispesifikasi berdasarkan ASTM C652 Hollow Brick. Rongga yang diijinkan bukan 25% namun 40%.

Ada juga elemen berongga kelas LB dengan standar ASTM C34 kecuali tebal minimum dari permukaan luar ke permukaan dalam rongga 1,25 in. Hal ini termasuk dalam standar UBC dan rancangannya dianggap sama seperti elemen beton berongga atau blok.

5. Elemen dari Ubin

Meskipun elemen ini umumnya tidak berdaya tahan, elemen ini harus dianggap sebagai struktur yang aman, stabil, mempunyai defleksi, dan berjangkar.

6. Mortar

Mortar terdiri dari semen portland dan/atau kapur, dan pasir dalam proporsi yang tepat dan umumnya ditentukan berdasarkan ASTM C270. Tapi, bagi perencana spesifikasi kekuatan mortar tidaklah begitu penting dalam kekuatan struktur pasangan.

7. Grout

Elemen ini terdiri dari semen portland dan agregat yang cukup ditambahkan air untuk mencampurnya. Perawatan harus dilakukan untuk menghindari kelebihan air dan terjadinya proses segregasi atau pemisahan pada partikel selama penuangan. Elemen ini ditentukan berdasarkan ASTM C476.

8. Elemen dengan tulangan

Spesifikasi elemen yang diperkuat dengan tulangan ditentukan seperti beton bertulang berdasarkan ASTM A615 dan seterusnya.

9. Elemen dengan kawat penguat

Elemen ini digunakan untuk memperkuat join dan ditentukan berdasarkan ASTM A82 dimana tegangan rencananya lebih dari 30.000 psi

10. Beton Pracetak

Panel beton pracetak sering digolongkan dan pasang pada struktur pasangan. (Fintel, 1985)

2.3. Celah Dinding

Pada dinding penahan tanah celah dinding berfungsi sebagai lubang sulingan dan harus ditempatkan pada baris pertama bata beton di atas permukaan tanah, di atas dinding fondasi atau slab, bukaan dinding, dan pada titik-titik lain dukungan termasuk lantai struktural, dan sudut.

Celah dinding harus ditempatkan di bagian sisi dinding pasangan bata dengan jarak maksimum 33 inci (838 mm) antara satu dengan yang lain. Ketentuan yang harus dilakukan adalah untuk memastikan bahwa di bawah dinding terdapat ruang bebas untuk aliran air dengan instalasi saluran air. Bila diperlukan penambahan saluran tambahan untuk meringankan air dari bawah. Pipa saluran harus dari ukuran yang cukup untuk memadai aliran air ke lokasi yang dituju, tetapi terdapat ukuran minimal diameter 4 inci (10 mm). Ketentuan harus dibuat untuk mencegah sistem drainase dari menjadi tersumbat. (International Conference of Building Officials, 2006)

Struktur dinding penahan tanah yang disyaratkan oleh IBC memiliki luasan celah dinding minimal yang dibutuhkan untuk sebuah dinding persegi sisi 1 m x 1 m (10000 cm²) adalah 235 cm² atau mencapai 2.3% dari total luas dinding. Pada skala model yang digunakan penelitian ini didapatkan luasan rata-rata celah setiap dimensi dinding adalah 336 cm² atau mencapai 4.9 % dari total luas dinding.

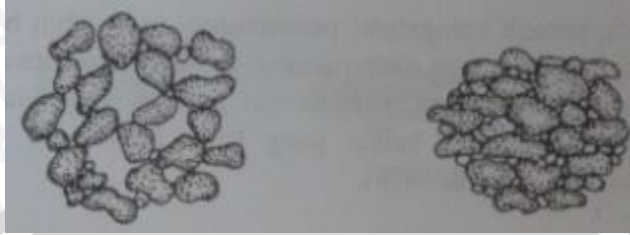
2.4. Tanah Granular

Butiran tanah yang dapat mengendap pada suatu larutan suspensi secara individu, tidak bergantung pada butiran yang lain akan berupa susunan tunggal seperti pasir, kerikil, atau beberapa campuran pasir dan lanau. Berat butiran menyebabkan butiran mengendap dalam air. Susunan tanah mungkin tidak padat (angka pori tinggi atau kerapatan rendah) atau padat (angka pori rendah atau kerapatan tinggi). Angka pori bergantung pada distribusi ukuran butiran, susunan, dan kerapatan butiran.

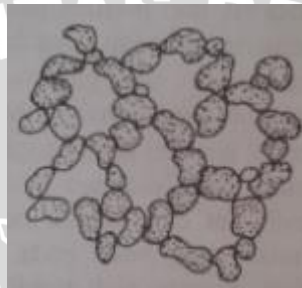
Tanah granular dapat membentuk hubungan sarang lebah (*honeycomb*) yang dapat menyerupai angka pori yang tinggi. Lengkungan butiran dapat mendukung beban statis, tapi susunan ini sangat sensitif terhadap longsor, getaran, atau beban dinamis. Adanya air dalam susunan butir tanah yang sangat tidak padat dapat merubah sifat-sifat teknisnya.

Kerapatan relatif (D_r) sangat berpengaruh pada sifat-sifat teknis tanah granular. Karena itu, diperlukan pengujian terhadap contoh tanah pasir pada kondisi kerapatan relatif yang sama seperti kondisi asli di lapangan. Perlu diperhatikan dalam banyak

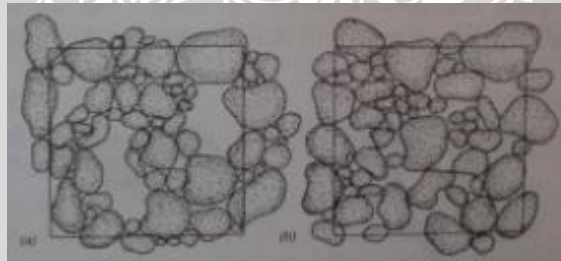
masalah teknis, karakteristik tanah granular tidak hanya cukup ditinjau kerapatan relatifnya. Sebab ada kemungkinan dua tanah pasir dengan angka pori dan kerapatan relatif yang sama, mempunyai susunan yang berbeda. Kondisi yang demikian akan mengakibatkan perbedaan pada sifat teknisnya.



Gambar 2.21 (a). Susunan butiran tanah granular longgar (tidak padat) dan padat.



Gambar 2.21 (b). Susunan butiran tanah granular bentuk sarang lebah



Gambar 2.21 (c). Tanah dengan kerapatan relatif yang sama tapi susunan butirannya berbeda

Bentuk partikel dari jenis tanah granular akan sangat mempengaruhi sifat teknisnya. Sebagai contoh, pada sedimen pasir, khususnya butiran yang besar, sedikit perubahan dari bentuk bulat ke bentuk kubus cukup menyebabkan variasi yang besar pada karakteristik permeabilitas dalam arah paralel maupun arah tegak lurus. Selain itu posisi butiran relatif juga akan berpengaruh besar terhadap stabilitas, permeabilitas, dan karakteristik perubahan bentuknya, dan juga akan berpengaruh pada distribusi tegangan di dalam lapisan tanah. Jarak di antara partikel juga mempengaruhi antar partikel tanah.

Sifat-sifat tanah granular sangat bergantung pada ukuran butirannya. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Oleh karena itu, analisis butiran ini merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan. Analisis ukuran

butiran tanah adalah penentuan persentasi berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Berdasarkan ukuran butiran, tanah granular terdiri dari dua, yaitu tanah berbutir kasar atau kerikil dan tanah berbutir halus atau pasir (H. C. Hardiyatmo: 2010).

2.5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified* (U.S.C.S)

Sistem klasifikasi tanah *unified* (U.S.C.S) pada mulanya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942. Dan secara internasional telah diakui serta dipakai untuk berbagai macam pekerjaan teknik pondasi, seperti: bendungan, bangunan dan konstruksi yang hampir sama. Seiring dengan perkembangan zaman, maka teori ini juga dipakai sebagai dasar dalam mendesain lapangan udara dan spesifikasi pekerjaan tanah bagi jalan. Sistem *unified* ini merupakan analisis yang mutlak didasarkan pada hasil pengujian laboratorium. Pengujian yang digunakan antara lain yaitu analisa butir, dan batas-batas atterberg. Tabel klasifikasi tanah berdasarkan sistem *unified* (U.S.C.S.) secara lengkap dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Sistem klasifikasi tanah *unified* (U.S.C.S) ini mengelompokkan berbagai jenis tanah kedalam tiga kelompok besar, yaitu:

- Tanah berbutir kasar : apabila kurang dari 50% berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200.
- Tanah berbutir halus : apabila lebih dari 50% berat total contoh tanah ayakan lolos ayakan No. 200.
- Tanah organik.

Untuk tanah berbutir kasar menggunakan huruf penunjuk sebagai berikut:

Huruf pertama	Huruf kedua
G – Kerikil (<i>Gravel</i>)	W – Bergradasi baik (<i>Well Graded</i>)
S - Pasir (<i>Sand</i>)	P - Bergradasi jelek (<i>Poor Graded</i>)
	M – Lanau (<i>Silt / Moam</i>)
	C – Lempung (<i>Clay</i>)

Tabel 2.3 Sistem klasifikasi *unified* (Das, 1995:71):

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis		
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no.200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}} > 4,$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus			
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir lempung		Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
		Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4	SW		Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}} > 6,$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3
	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas atterberg dibawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no.200 : GW,GP,S,W,SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200: GM,GC,SM,SC. 5%-12% lolos saringan no. 200: batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double					
	Tidak memenuhi kriteria untuk GW					
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW					

Lanjutan Tabel 2.3

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean calys")	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Tabel 2.4 Nilai Sudut Tahanan Geser untuk Kepadatan Pasir dan Kerikil

Deskripsi Tanah	Kelas	Sudut Tahanan Geser, ϕ (deg)
<i>Well-graded sand gravel mixtures</i>	GW	> 38
<i>Poorly-graded sand gravel mixtures</i>	GP	>37
<i>Silty gravels, poorly graded sand- gravel – silt</i>	GM	>34
<i>Clayey-gravels, poorly graded sand-gravel-clay</i>	GC	>31
<i>Well-graded clean sand, gravelly sands</i>	SW	38
<i>Poorly-graded clean sands, gravelly sands</i>	SP	37

Sumber: US. Navy, 1982

Tabel 2.5 Nilai ϕ dan ϕ_v Untuk Tanah Granular

Tipe Tanah	ϕ (deg)	ϕ_v (deg)
Pasir : Butir bulat		
Lepas	28 – 30	26 – 30
Sedang	30 – 35	
Padat	35 – 38	
Pasir : Butir <i>Angular</i>		
Lepas	30 – 35	30 – 35
Sedang	35 – 40	
Padat	40 – 45	
Pasir berkerikil	34 – 48	33 – 36

Sumber: Braja M. Das, 1987

2.6 Kepadatan Tanah Pasir

Tanah tak kohesif cenderung membentuk suatu struktur berbutir tunggal yang dapat dalam keadaan lepas atau padat. Tanah yang benar-benar tidak kohesif hanya dapat dijumpai dalam deposit tanah yang diangkut, dimana angin atau air telah memisahkan kontaminan koloidal dan atau mineral lempung. Contoh deposit yang tidak kohesif diantaranya adalah kerikil di sungai. Deposit dalam kondisi tertentu dapat menghasilkan tanah yang sangat lepas (metastabil). Dimana struktur yang seperti ini

mungkin mampu mendukung beban statis yang cukup besar tetapi dapat runtuh akibat beban dinamis atau getaran yang relatif kecil. (Bowles,1993:147)

Kerapatan relatif (*relative density*) digunakan untuk menunjukkan tingkat kerapatan tanah granular (berbutir kasar) di lapangan. Sedangkan Kepadatan relatif (*relative compaction*) merupakan perbandingan antara berat volume kering tanah dilokasi dengan berat kering maksimumnya,dengan rumus :

$$R_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_d \max}$$

Hubungan antara kerapatan relatif dengan kepadatan relatif adalah :

$$R_c = \frac{R_0}{1-I_D(R_0)} \quad \text{Dengan, } R_0 = \frac{\gamma_{d(\min)}}{\gamma_{d(\max)}}$$

Lee dan Singh (1971) menyarankan hubungan antara kerapatan relatif dengan kepadatan relative sebagai berikut :

$$R_c = 80 + 0,2 I_D$$

Tabel 2.6 Istilah dan Identifikasi lapangan untuk kerapatan relatif

Kerapatan Relatif (I_D)	Keadaan tanah	*Kekuatan sudut geser, ϕ ($^\circ$)	Kerapatan basah (gr/cc)	Kerapatan Apung (gr/cc)
0-15	Sangat Lepas	< 28	< 1,6	< 0,96
15-35	Lepas	28-30	1,52-2,00	0,88-1,04
35-65	Agak padat (kompak)	30-36	1,76-2,10	0,96-1,12
65-85	Padat	36-41	1,76-2,25	1,04-1,36
85-100	Sangat padat	> 41	> 2,10	> 1,2

*kenaikan 5° untuk tanah yang mengandung kurang dari 5% lanau.

Meyerhof (1956) :

$\phi^\circ = 25+0,15I_D$ untuk tanah granular dengan kandungan lanau lebih dari 5%

$\phi^\circ = 30+0,15I_D$ untuk tanah granular dengan kandungan lanau kurang dari 5%

Sumber: Kaniraj S. R (1993:31)