

## BAB II

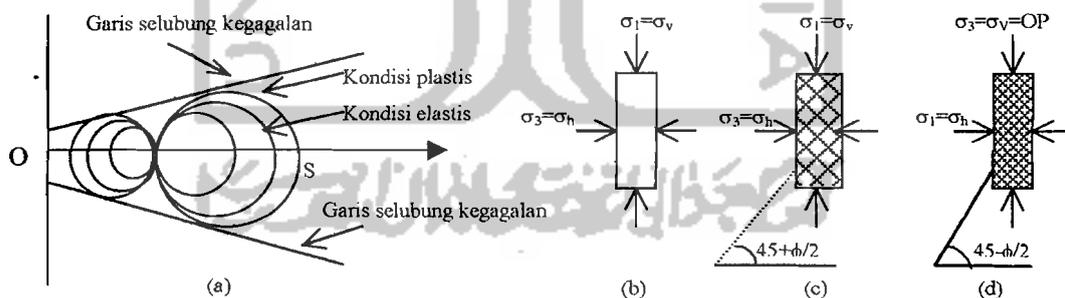
### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Teori Tekanan Tanah Lateral

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh (Rankine, 1857). Kedudukan keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terdapat deformasi yang cukup pada massa tanahnya.

Besarnya dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak dan regangan. Untuk mempelajari kondisi keseimbangan plastis, ditinjau kondisi tegangan yang ditunjukkan oleh lingkaran-lingkaran Mohr dalam Gambar 2.1a. Setiap lingkaran yang digambar lewat titik P mewakili kedudukan dan memenuhi persyaratan keseimbangan elastis dengan satu dari tegangan utamanya ( $\sigma_1$  atau  $\sigma_3$ ) sama dengan OP. Disini terdapat 2 lingkaran Mohr yang digambarkan melalui P yang menyinggung garis selubung kegagalannya. Kedua lingkaran ini mewakili kondisi keseimbangan plastis dari tanahnya. Kondisi keseimbangan plastis yang bekerja pada suatu elemen tanah dalam Gambar 2.1b. Elemen tanah mula-mula dipengaruhi oleh

tegangan-tegangan utama  $\sigma_1 = OP$  dan  $\sigma_3 = OR$ . Jika tekanan vertikal OP ditahan tetap dan tekanan lateral ditambah sampai pada kedudukan OS (Gambar 2.1d). Tegangan utama mayor menjadi OS. Lingkaran Mohr akan lewat P dan S dan bidang kegagalan membuat sudut  $45^\circ - \theta/2$  dengan bidang horisontal. Gambar 2.1d yang menunjukkan kondisi permukaan longsor akibat geser pada teori tekanan tanah pasif. Jika pada kondisi Gambar 2.1b, tekanan arah lateral dikurangi mencapai OQ, keruntuhan akan terjadi karena lingkaran QP menyinggung garis selubung kegagalan. Disini tegangan OP adalah tegangan mayor dan bidang keruntuhan akan membentuk sudut  $45^\circ + \theta/2$  dengan bidang horisontal. Gambar 2.1c menunjukkan kondisi permukaan longsor akibat geser pada teori tekanan tanah aktif.



Gambar 2.1. Ilustrasi konsep kesetimbangan elastis dan plastis (Joseph E. Bowles, 1991).

- (a) Keadaan tegangan sebelum runtuh (elastis) dan pada waktu runtuh (plastis)
- (b) Kondisi awal dengan tegangan sel OP
- (c) Bidang longsor untuk teori tekanan aktif

(d) Bidang longsor untuk teori tekanan pasif

Jika dinding penahan tanah bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah urugan akan bergerak longsor kebawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan seperti ini disebut tekanan tanah aktif.

Jika sesuatu gaya mendorong dinding penahan ke arah tanah urugannya, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif.

## 2.2. Tekanan Tanah Lateral untuk Tanah Kohesif

Untuk tanah urugan kembali yang berupa tanah kohesif seperti tanah lempung, besarnya tekanan tanah aktif menjadi berkurang. Bell (1915) mengerjakan suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada dinding penahan dengan tanah urugan lempung (Gambar 2.2). Hitungan didasarkan pada persamaan Rankine dan Coulomb dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tegangan pada lingkaran Mohr.

Dengan menggunakan lingkaran Mohr, dapat diperoleh persamaan untuk tekanan tanah arah horisontal  $\sigma_h = P_a$  (tekanan aktif),

$$P_a = \gamma \cdot z \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \theta/2) - 2 \cdot c \cdot \text{tg}(45^\circ - \theta/2) \quad (2-01)$$

Dengan melihat persamaan (2-01), terdapat kemungkinan bahwa galian tanah pada tanah kohesif dapat dibuat dengan tebing galian yang vertikal. Dipermukaan tanah di mana  $z = 0$ , maka:

$$P_a = -2 \cdot c \cdot \text{tg}(45^\circ - \theta/2) \quad (2-02)$$

$$= -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} \quad (2-03)$$

Nilai negatif memberikan pengertian adanya gaya tarik yang bekerja, dimulai dari kedalaman tertentu ( $h_c$ ) dari permukaan (Gambar 2.2b). Kedalaman dimana  $P_a = 0$ , akan memberikan kedalaman retakan tanah urugan akibat gaya tarikan,

$$h_c = \frac{2.c}{\gamma \cdot \sqrt{K_a}} \quad (2-04)$$

Karena tanah mengalami tarikan sampai kedalaman  $h_c$  dari permukaan, pada galian tanah-tanah kohesif, sering terlihat adanya retakan di sepanjang galiannya.

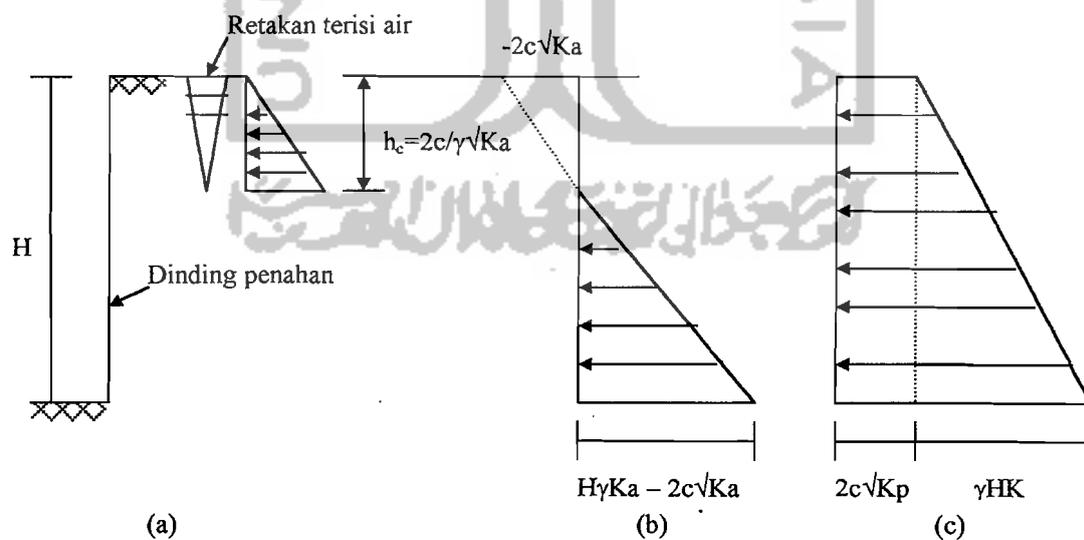
Untuk tekanan tanah pasif,

$$P_p = \gamma \cdot z \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \theta/2) + 2.c \cdot \text{tg}(45^\circ + \theta/2) \quad (2-05)$$

Dipermukaan tanah dimana  $z = 0$ , maka:

$$P_p = -2.c \cdot \text{tg}(45^\circ + \theta/2) \quad (2-06)$$

$$= -2.c \cdot \sqrt{K_p} \quad (2-07)$$



Gambar 2.2 Galian pada tanah kohesif

(a) Pengaruh retakan yang terisi air

(b) Diagram tekanan aktif secara teoritis

(c) Diagram tekanan pasif

Besarnya tekanan tanah aktif dan pasif pada dinding penahan setinggi  $H$ , dengan tanah urugan yang berupa tanah kohesif, dapat dinyatakan oleh:

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_a} \quad (2-08)$$

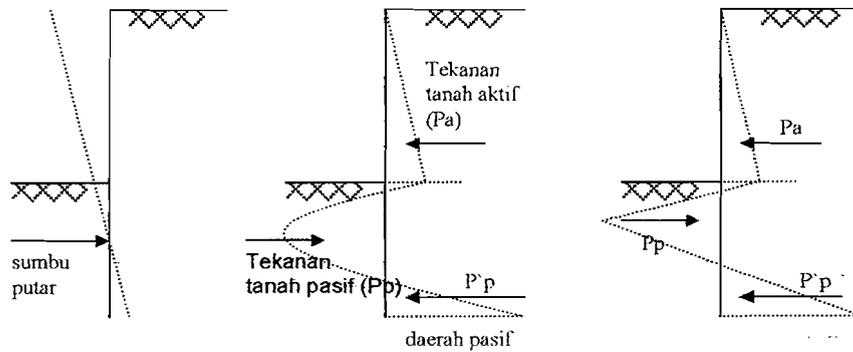
$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot H \cdot \sqrt{K_p} \quad (2-09)$$

### 2.3. Gaya Vertikal

Pada metode "Top Down" ini dipergunakan dinding diafragma sebagai struktur penahan tanah dan pada dinding diafragma ini bekerja gaya vertikal, yaitu berat dari struktur itu sendiri dan reaksi dari pelat lantai dan balok yang berhubungan dengan dinding diafragma tersebut.

### 2.4. Analisa Gaya

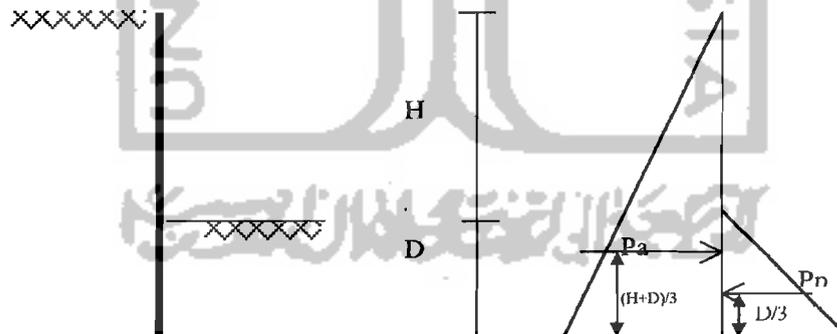
Pada pelaksanaan pekerjaan dinding diaphragma harus ditinjau terlebih dahulu gaya-gaya yang bekerja pada dindingnya. Pada perhitungannya dapat digunakan pendekatan dari teori Rankine, seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Analisa gaya

- (a) anggapan dari garis elastis dinding
- (b) distribusi tekanan tanah kualitatif
- (c) diagram tekanan yang disederhanakan

## 2.5. Kestabilan Dinding Penahan Tanah



Gambar 2.4. Diagram Tekanan Aktif dan Pasif

dengan :  $H$  = kedalaman galian

$D$  = kedalaman turap untuk stabilitas

$P_a$  = tekanan tanah aktif total

$P_p$  = tekanan tanah pasif total

Kestabilan dinding penahan tanah ini ditinjau dengan momen terhadap ujung bawah dinding penahan, sehingga :

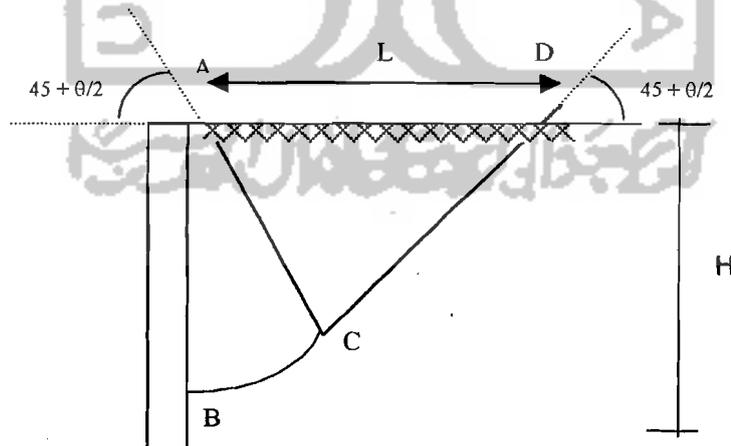
$$P_p \times \frac{D}{3} = P_a \times \frac{(H + D)}{3} \quad (2-10)$$

Jika  $P_a < P_p$  maka stabil.

Jika  $P_a > P_p$  maka tidak stabil, perlu untuk memperdalam panjang turap (D).

## 2.6. Bidang Kelongsoran pada Galian Tanah

Pada analisis bidang kelongsoran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh beban lajur berpengaruh pada tekanan tanah aktif. Untuk analisis kelongsoran ini dapat ditunjukkan dengan gambar seperti dibawah ini :

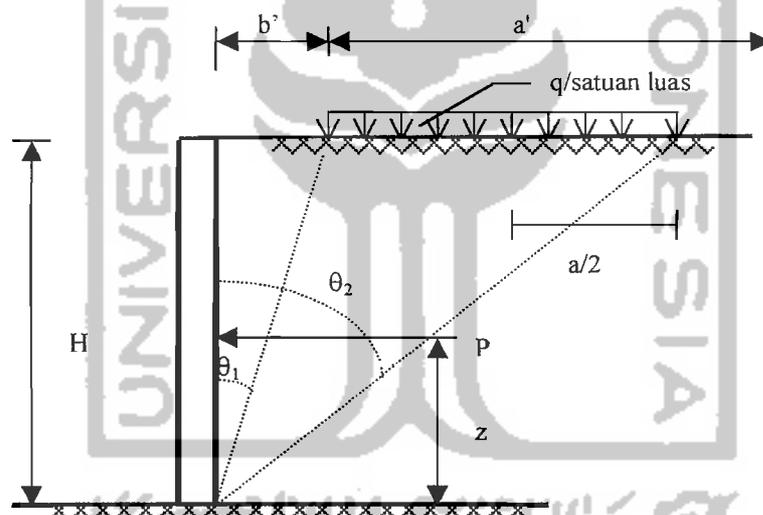


Gambar 2.6. Bidang kelongsoran tanah

Pada gambar diatas dapat terlihat bahwa jarak kemungkinan kelongsoran tanah adalah AD atau  $L = 2(H \cdot \sin(90 - (45 + \phi/2)))$ , sehingga dapat ditentukan beban lajur berpengaruh sampai titik D.

### 2.7. Tekanan Lateral Akibat Beban Lajur

Beban lajur yang dimaksud adalah beban bangunan di sekitar lokasi proyek yang mengakibatkan penambahan tekanan lateral yang terjadi pada “diaphragma wall”.



Gambar 2.7. Resultante tekanan lateral akibat beban lajur

Gaya total per satuan panjang ( $P$ ) dan pada lokasi resultan gaya ( $z$ ), dengan beban lajur  $q$  per satuan luas dapat ditulis sebagai berikut (Braja M. Das, 1981):

$$P = \frac{q}{90} [H(\theta_2 - \theta_1)] \quad (2-11)$$

dengan :

$$\theta_1^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b'}{H}\right)$$

$$\theta_2^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b'+a'}{H}\right)$$

$$(H - z) = \frac{H^2 \cdot (\theta_2 - \theta_1) - (R - Q) + 57,30 \cdot a' \cdot H}{2 \cdot H \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (2-12)$$

$$z = H - (H - z)$$

$$\text{Dimana : } R = (a' + b')^2 \cdot (90 - \theta_2)$$

$$Q = b'^2 \cdot (90 - \theta_1)$$

dengan :  $b'$  = jarak antara dinding penahan dan beban merata

$a'$  = panjang beban merata yang diperhitungkan

$\theta_1$  = sudut yang dibentuk antara  $b'$  dan  $H$

$\theta_2$  = sudut yang dibentuk antara  $(b' + a')$  dan  $H$

$H$  = kedalaman yang ditinjau

## 2.8. Daya Dukung Vertikal

Perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan daya dukung tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan daya dukung tanah terlampaui akan terjadi penurunan yang berlebihan atau akan terjadi keruntuhan tanah (Braja M. Das, 1985).

Daya dukung aksial pondasi dalam pada umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu daya dukung ujung tiang dan daya dukung akibat gesekan sepanjang badan tiang, seperti diformulasikan berikut ini :

$$Q_{ult} = Q_s + Q_b \quad (\text{Gouw Tjie Liong, 1994}) \quad (2-13)$$

dengan :  $Q_{ult}$  = daya dukung batas tiang

$Q_s$  = daya dukung gesek sepanjang badan tiang

$Q_b$  = daya dukung dasar

### 2.8.1 Daya Dukung Dasar

Daya dukung dasar ini diberi simbol  $Q_b$ .

Pada tanah kohesif :

$$Q_b = S_u \cdot N_c \cdot A_b \quad (2-14)$$

dengan,  $S_u$  = kuat geser "Undrained"

$N_c$  = faktor daya dukung biasanya diambil 9

$A_b$  = luas dasar ujung tiang.

Pada tanah non kohesif :

$$Q_b = q' \cdot (N_q - 1) A_s$$

dengan :  $N_q$  = faktor daya dukung yang tergantung pada sudut geser tanah( $\phi$ )

$q'$  = tegangan efektif pada ujung tiang

### 2.8.2 Daya Dukung Selubung

Perkiraan daya dukung gesek menurut Gouw Tjie liong :

$$Q_s = f \times A_s \quad (2-15)$$

dengan :

$f$  = koefisien gesek sepanjang badan tiang.

$A_s$  = luas badan tiang.

untuk koefisien gesek tanah lempung perkiraan dengan metode Alpha (Tomlinson, 1971):

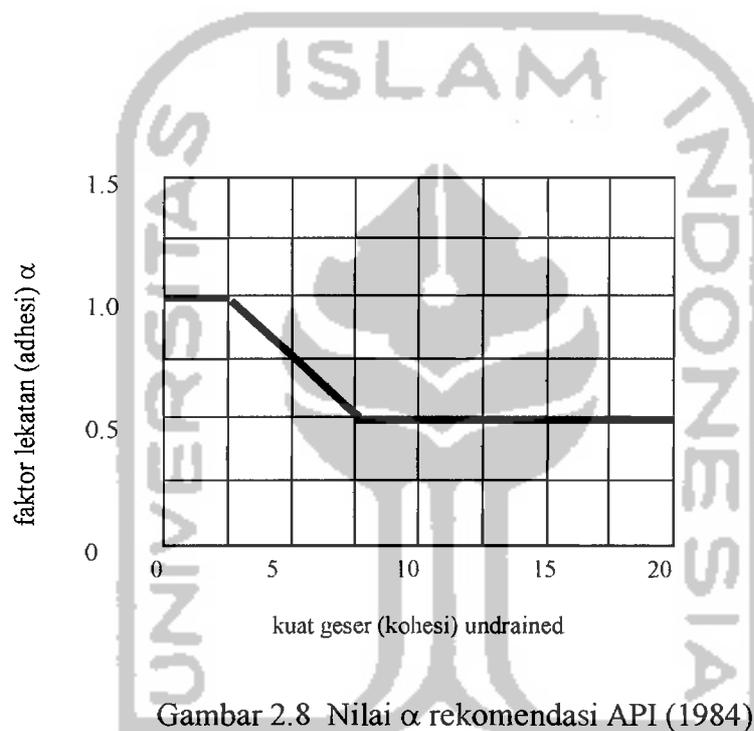
$$f = \alpha \cdot S_u \quad (2-16)$$

dengan :

$\alpha$  = faktor lekatan (adhesi) antara tiang dengan tanah.

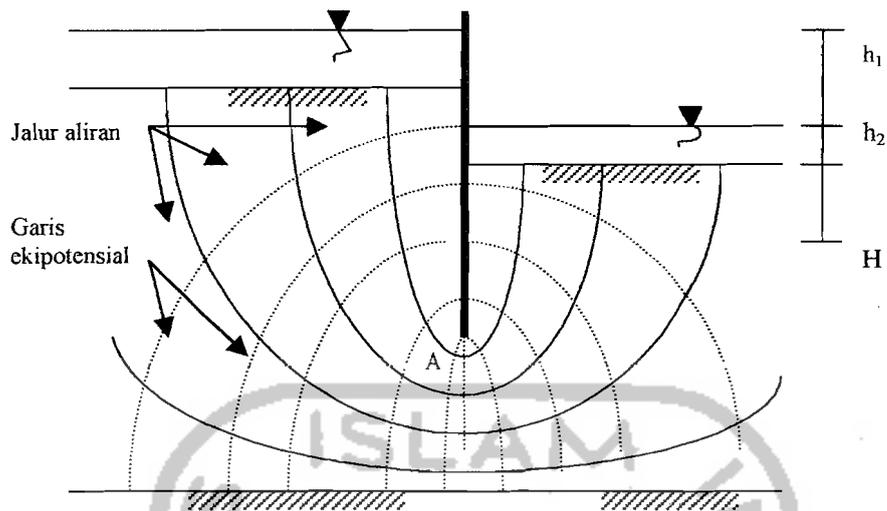
$A_s$  = nilai kuat geser (kohesi) “undrained”

dengan nilai  $\alpha$  diperoleh dari rekomendasi API (1984).



### 2.9. Gaya Angkat (“Uplift”)

“Uplift” adalah gaya angkat oleh tekanan air tanah dimana akan menyebabkan perlunya diadakan penelitian atas stabilitas. Perhitungan penting untuk aliran dan stabilitas dapat dilakukan dengan jaringan aliran pada dinding halang berturap.



Gambar 2.9. Skets jaringan aliran (Joseph E. Bowles, 1993)

Tekanan efektif titik A pada turap adalah (Joseph E. Bowles, 1993) :

$$\sigma' = \sigma_{\text{total kebawah}} - u \quad (2-17)$$

$$\sigma_{\text{total kebawah}} = W_{\text{turap}} + (h_2 \cdot \gamma_w) + (H \cdot \gamma') \quad (2-18)$$

$$\sigma_{\text{keatas}} = u = \left( \frac{h_1}{n_d} + h_2 + H \right) \cdot \gamma_w \quad (2-19)$$

Jika  $\sigma' > 0$ , titik A tidak dalam kondisi apung karena  $\sigma_{\text{total kebawah}} > \sigma_{\text{keatas}}$ .

Dimana :  $\sigma'$  = tekanan efektif

$\sigma_{\text{total kebawah}}$  = tekanan vertikal total akibat berat material diatas titik A

$u$  = tekanan keatas

$W$  = berat tiang pondasi

$h_1, h_2$  = kedalaman air

$H$  = kedalaman titik yang ditinjau pada turap

$N_d$  = jumlah garis ekipotensial

## 2. 10. “Dewatering”

Pada percobaan “dewatering” ini dipakai cara pengeringan tertutup (“deepwell system”). Dengan menganggap bahwa butir-butir tanah itu berbentuk bola dengan diameter yang sama, permeabilitas dapat dirumuskan sebagai berikut (Suyono Sosrodarsono, 1980) :

$$k = D_s \cdot \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \frac{e^3}{1+e} \cdot C \quad (2-20)$$

Koefisien permeabilitas searah bidang lapisan ( $k_x$ ) :

$$\bar{k}_x = \frac{\sum_{j=1}^n Z_j \cdot k_{xj}}{\sum Z_j} \quad (2-21)$$

Koefisien permeabilitas pada arah tegak lurus bidang lapisan ( $k_z$ ) :

$$\bar{k}_z = \frac{\sum Z_j}{\sum \frac{Z_j}{k_j}} \quad (2-22)$$

dengan,  $k$  = koefisien permeabilitas

$D_s$  = diameter lempung

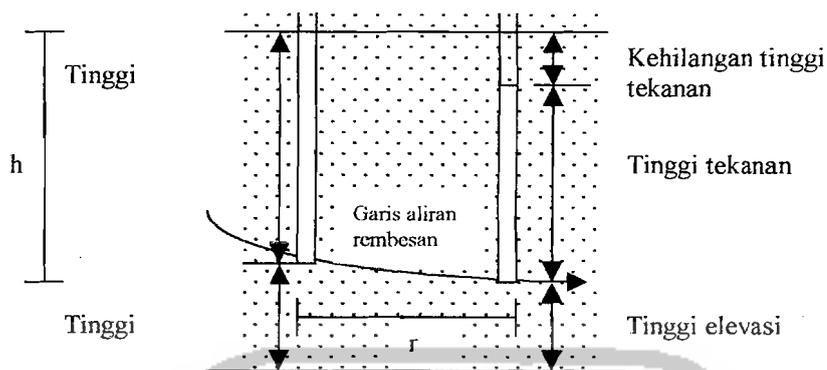
$\gamma_w$  = berat isi air

$\eta$  = porositas

$e$  = angka pori

$Z$  = ketebalan lapisan tanah

Permeabilitas tanah merupakan salah satu karakteristik yang penting untuk memperkirakan volume air rembesan pada pekerjaan galian sedalam muka air tanah atau lebih dalam.



Gambar 2.9. Aliran rembesan dan tinggi rembesan (Sumber : Suryono Sosrodarsono, 1980).

Kecepatan aliran air rembesan dinyatakan oleh hukum Darcy sebagai berikut :

$$v = k \cdot i \quad (2-23)$$

$$q = A \cdot v \quad (2-24)$$

Luas tampang tanah yang dilewati air :

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (2-25)$$

Gradien hidrolik :

$$i = \frac{\Delta h}{r} \quad (2-26)$$

dimana :  $v$  = kecepatan aliran air rembesan (m/det)

$i$  = gradien hidrolik

$q$  = debit aliran air (m<sup>3</sup>/det)

$r$  = jarak dengan sumur observasi (m)

$h$  = tinggi referensi (m)

$\Delta h$  = selisih permukaan air setelah pemompaan (m)

## 2.11. Peralatan Pekerjaan Tanah Basement

Peralatan yang digunakan adalah untuk pelaksanaan penggalian, penggusuran dan pengangkutan tanah pada lokasi "basement" selain tenaga manusia. Peralatan pekerjaan tanah tersebut (Rochmanhadi, 1984) :

### 2.11.1 Bulldozer

Bulldozer merupakan alat yang digunakan untuk menggosur dan memindahkan tanah pada lokasi "basement".

Produksi Bulldozer :

$$Q = qx \frac{60}{Cm} x E \quad (2-27)$$

Dimana : q = produksi per siklus ( $m^3$ )

E = efisiensi kerja

Cm = waktu siklus dalam menit

Produksi per siklus :

$$q = LxH^2xa \quad (2-28)$$

Dimana : L = lebar blade (cm)

H = tinggi blade (m)

a = faktor blade

Waktu siklus :

$$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (2-29)$$

Dimana : D = jarak angkut (m)

F = kecepatan maju (m/menit), berkisar 3-5 km/jam

R = kecepatan mundur (m/menit), berkisar 5-8 km/jam

$Z$  = waktu ganti persnelling (menit)

### 2.11.2. Backhoe

Merupakan alat untuk menggali dan pemuat untuk galian yang terletak dibawah permukaan tanah atau dibawah kedudukan alat dengan arah bucket (pengeduk) ke belakang.

Produksi Backhoe :

$$Q = qx \frac{3600}{Cm} x E \quad (2-30)$$

Dimana :  $q$  = produksi per siklus ( $m^3$ )

$E$  = efisiensi kerja

$Cm$  = waktu siklus dalam detik

Produksi per siklus :

$$q = q' \times k \quad (2-31)$$

Dimana :  $q'$  = kapasitas munjung yang tercantum dalam spesifikasi alat

$k$  = faktor bucket yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Waktu siklus :

$$Cm = \text{waktu gali} + \text{waktu putar} \times 2 + \text{waktu buang} \quad (2-32)$$

### 2.11.3. Dumptruck

Merupakan peralatan/kendaraan yang dibuat khusus untuk alat angkut karena kelebihanannya dalam kecepatan, kapasitas dan fleksibilitasnya.

Produksi Dumptruck :

$$Q = qx \frac{60}{Cm} x E \quad (2-33)$$

Dimana :  $q$  = kapasitas / volume bak ( $m^3$ )

Waktu siklus ( $C_m$ ) :

$$C_m = T \text{ muat} + T \text{ angkut} + T \text{ buang} + T \text{ kembali} + T \text{ tunggu,putar}$$

$$= n.Cms + \frac{D}{V_1} + t_1 + \frac{D}{V_2} + t_2 \quad (2-34)$$

$$n = \frac{C_1}{q_1 \cdot k} \quad (2-35)$$

Dimana :  $n$  = jumlah siklus yang diperlukan pemuat untuk memuat truck

$C_1$  = kapasitas rata-rata dumptruck ( $m^3$ )

$q_1$  = kapasitas bucket pemuat ( $m^3$ )

$k$  = faktor bucket pemuat

$Cms$  = waktu siklus pemuat (menit)

$D$  = jarak angkut dumptruck (m)

$V_1$  = kecepatan rata-rata dumptruck bermuatan (m/menit)

$V_2$  = kecepatan rata-rata dumptruck kosong (m/menit)

$t_1$  = waktu buang, berhenti sampai pembuangan mulai (menit)

$t_2$  = waktu untuk posisi pengisian dan pemuat mulai mengisi (menit)

Perkiraan jumlah dumptruck yang diperlukan :

$$M = \frac{C_{mt}}{n.Cms} \quad (2-36)$$

Dimana :  $M$  = jumlah dumptruck

$C_{mt}$  = waktu siklus dumptruck (menit)

$n$  = jumlah siklus yang diperlukan pemuat untuk mengisi dumptruck

$Cms$  = waktu siklus pemuat (menit)

$n.Cms$  = waktu muat dumptruck