

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pengertian Pondasi Kaison

Istilah kaison pada pondasi mempunyai beberapa arti. S. Sosrodarsono (1983) mendefinisikan kaison adalah suatu pondasi yang terletak pada lapisan pendukung yang terbenam ke dalam tanah karena beratnya sendiri dan dengan mengeluarkan tanah galian dari dasar bangunan bulat, yang terbuat dari beton bertulang. K.B . Suryolelono (1994) mendefinisikan pondasi caisson (Perancis) yang juga dikenal dengan pondasi sumuran (di Indonesia) dan *well foundation* (Inggris – Amerika) yang banyak digunakan bila  $4 < Df/B < 10$  dengan  $Df$  adalah kedalaman dan  $B$  adalah lebar atau diameter pondasinya. Punmia (1980) mendefinisikan istilah kaison adalah sebuah struktur berbentuk kotak, lingkaran atau persegi panjang yang ditanamkan dari permukaan tanah atau permukaan air sampai kedalaman yang diinginkan. Teng (1980) mendefinisikan istilah kaison merupakan struktur bawah yang besar, dibuat ditempat kering dan ditenggelamkan kedalam air atau kedalam tanah sampai kedalaman yang ditentukan sebagai pondasi dari struktur tersebut. Bowles (1986) mendefinisikan istilah kaison menjadi 2 macam :

1. kaison merupakan sebuah silinder/kotak yang ditanam kedalam tanah dan dibagian dalamnya diisi beton,

2. kaison merupakan struktur dari pondasi yang berfungsi meneruskan beban-beban ke tanah keras.

Konstruksi kaison dapat dibuat dari beton bertulang, baja atau kayu. Kaison dari beton bertulang merupakan jenis yang paling banyak dipakai di lapangan, sedangkan kaison dari baja biasanya dipakai bersama-sama dengan beton. Kaison dari kayu dipakai pada masa lampau, sekarang sudah tidak dibuat lagi (Anderson, 1980).

Pondasi ini umumnya diisi pasir padat atau beton tumbuk, tujuannya sebagai pemberat serta menambah kestabilan struktur, dan banyak digunakan untuk pondasi bangunan gedung, pondasi jembatan, pemecah gelombang, serta bangunan-bangunan air.

#### **B. Jenis Pondasi Kaison**

Menurut K.B. Suryolelono (1994) dan Punmia (1980) kaison dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu kaison bentuk silinder/kotak terbuka (*open caisson / wells*), kaison bentuk silinder/kotak tertutup (*box caisson / floating caisson*), kaison bertekanan (*pneumatic caisson*).

##### **1. Kaison terbuka (*open caisson*)**

Kaison jenis ini berbentuk kotak/ silinder yang terbuka bagian atas dan bawahnya selama pelaksanaan konstruksi. Bahan dinding pondasi yang digunakan dalam tipe ini dapat terbuat dari kayu, batu pecah, atau beton bertulang dan biasanya dibuat pada tanah yang mempunyai muka air tanah cukup dalam, sehingga tanah dapat dengan mudah dikeluarkan dari dalam silinder/kotak tersebut. Apabila muka air

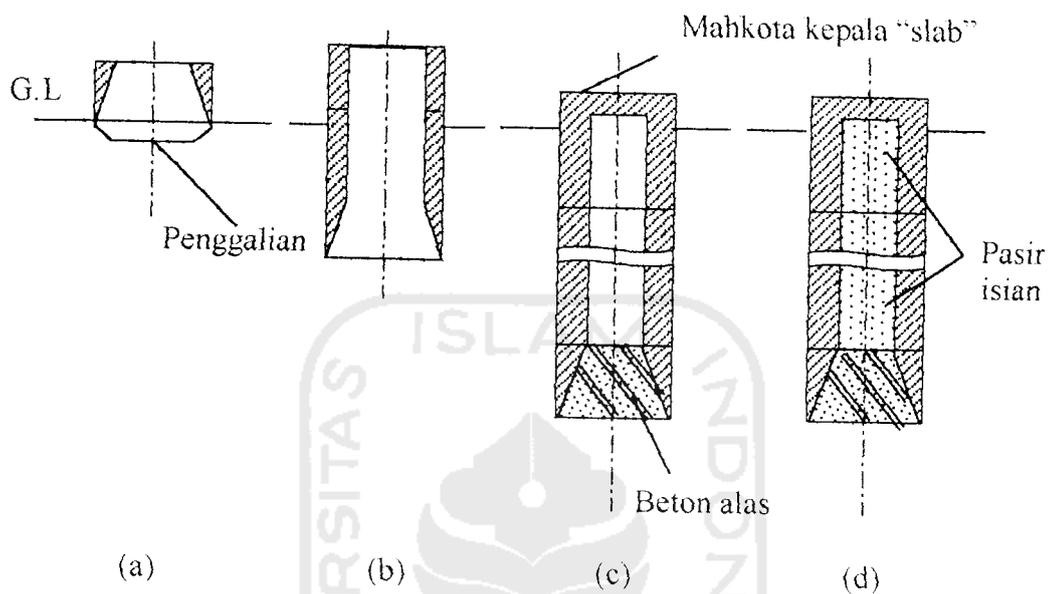
tanah tinggi maka jenis ini akan dapat digunakan apabila muka air tanah diturunkan terlebih dahulu.

Pembuatan pondasi kaison jenis ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu dibuat ditempat lain (*pre-fabricated*), setelah selesai baru dipindahkan ke lokasi dan cara yang kedua dengan dibuat langsung di lokasi.

Cara pelaksanaan pemasangan pondasi diawali dengan meletakkan bagian dasar kaison dengan bagian dinding yang tajam di permukaan tanah, selanjutnya dilakukan penggalian, tanah dari dalam kaison. Selama pelaksanaan penggalian, kaison mengalami penurunan secara perlahan-lahan. Pekerjaan tersebut dilakukan terus sampai sisi dasar kaison mencapai tanah keras. Setelah pekerjaan galian selesai, dilanjutkan dengan pen-cor-an beton alas sampai ketebalan tertentu. Setelah beton cukup kering, kemudian dimasukkan bahan pengisi (biasanya pasir) lalu ditutup dengan beton penutup.

Cara lain dapat dilakukan dengan membuat galian tanah dari permukaan sampai mencapai kedalaman yang ditentukan (tanah keras). Kaison dibuat di dalam lubang tersebut. Setelah kering dilanjutkan dengan pen-cor-an beton dibagian dasar, kemudian isi bahan, dan diakhiri dengan penutupan plat beton penutup.

Di Indonesia pondasi jenis ini sudah banyak digunakan dan lebih populer dengan nama pondasi sumuran.

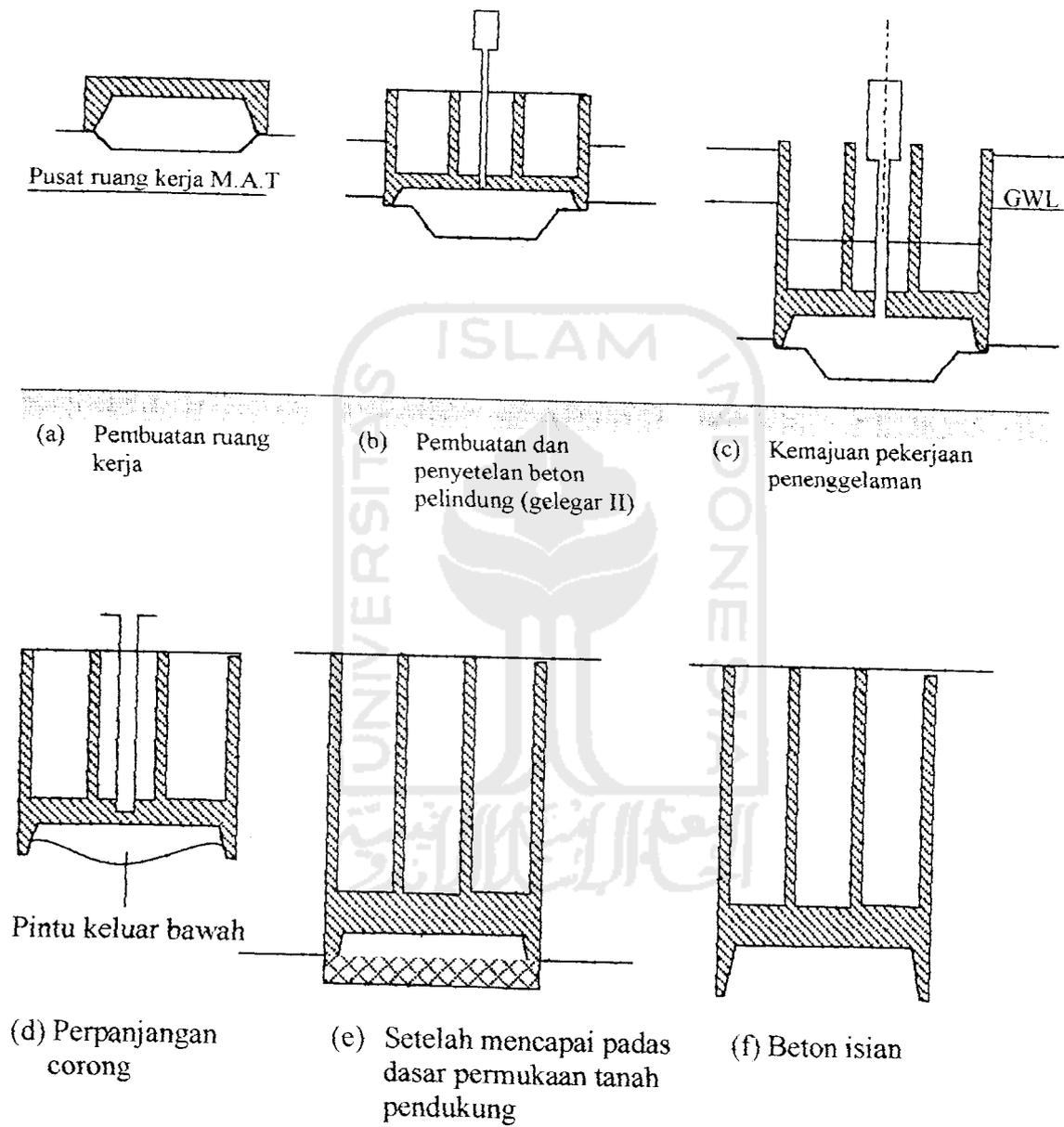


Gambar 2.1. Cara pemasangan pondasi kaisan sisi terbuka  
(Sosrodarsono, 1983)

## 2. Kaisan bertekanan

Bilamana dijumpai pekerjaan pondasi dengan tekanan air cukup besar (pondasi di laut), maka digunakan sistem *Pneumatik caisson*. Pondasi jenis ini mempunyai ruangan khusus sebagai tempat kerja dengan tekanan dalam ruangan tersebut lebih tinggi dari tekanan atmosfer, dengan tujuan untuk mencegah rembesan air dari bawah agar tidak masuk kedalam ruangan kerja.

Secara umum konstruksi ini hampir sama dengan sisi terbuka dengan ruangan kerja di bagian bawah.



Gambar 2.2 Cara pemasangan kaison bertekanan

(Sosrodarsono, 1983)

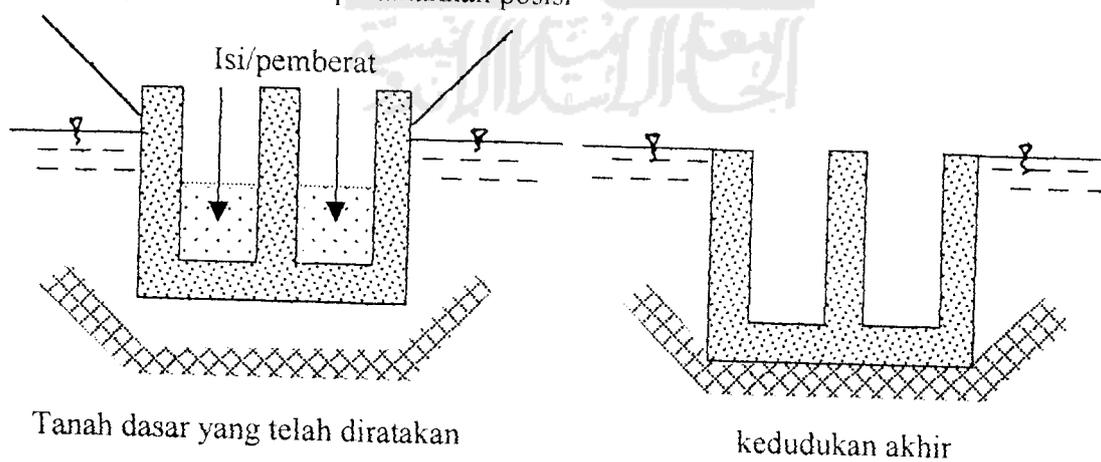
### 3. Kaison tertutup (Box caisson)

Bentuk pondasi biasanya adalah kotak / silinder dengan sisi bagian atasnya terbuka, sedangkan sisi bawah tertutup. Biasanya konstruksi ini terbuat dari beton bertulang. Pembuatan pondasi jenis ini, umumnya di tempat kering (*prefabricated*), setelah selesai baru dipindahkan ke lokasi.

Tipe tersebut dipakai untuk tanah yang mempunyai kuat dukung cukup tinggi dan kedalaman muka air tanah cukup dangkal. Selain itu, tipe ini sering dipakai untuk pondasi yang berada di air dengan beban yang bekerja tidak berat. Pondasi jenis ini biasanya dipakai untuk pondasi jembatan dan pemecah gelombang.

Pelaksanaan pemasangan pondasi biasanya dibawa dari tempat pembuatan menuju lokasi. Untuk menjamin stabilitas pondasi selama penarikan biasanya di dalam pondasi diberi pemberat berupa pasir. Sebelum pondasi ditenggelamkan tanah dasar pondasi harus rata/datar sehingga kedudukan akhir pondasi benar-benar stabil.

Kabel angker untuk mempertahankan posisi



Tanah dasar yang telah diratakan

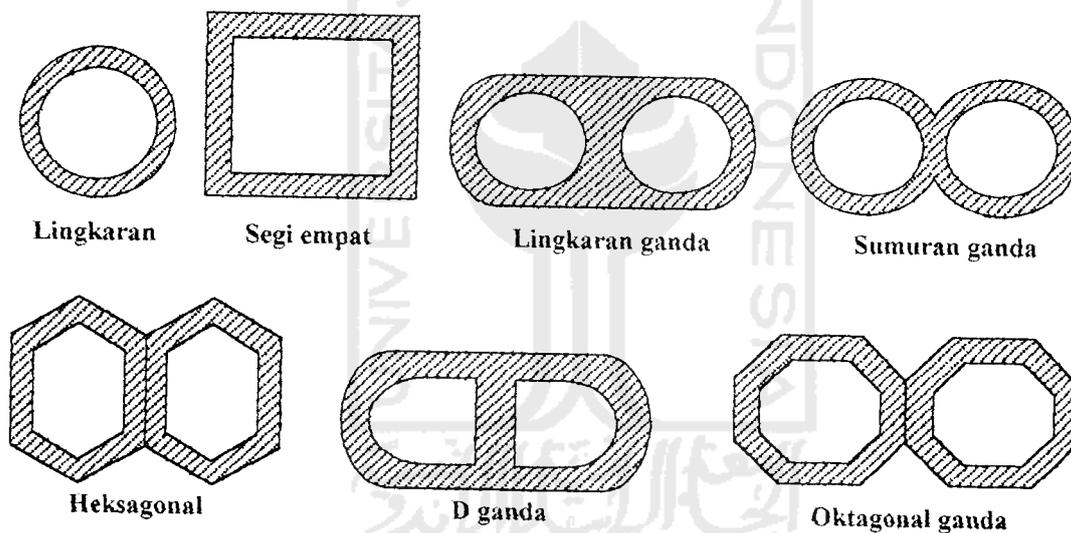
kedudukan akhir

Gambar 2.3. Pemasangan kaison berbentuk silinder atau kotak dengan sisi tertutup

(Bowles, 1986)

### C. Bentuk dan Bagian-Bagian Pondasi Kaison

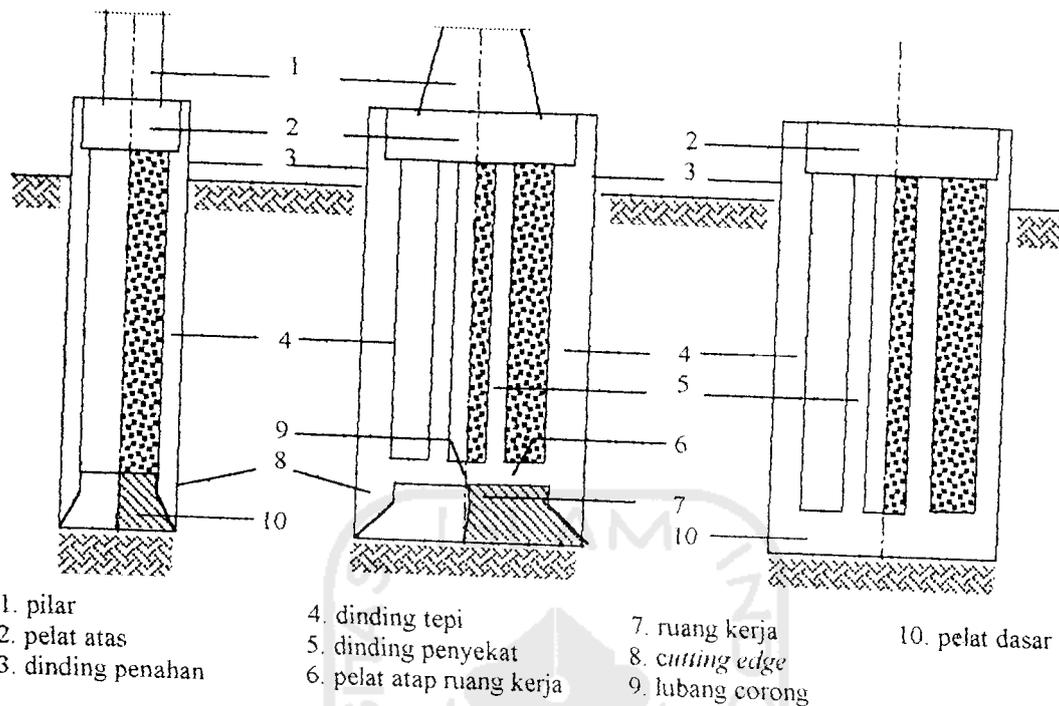
Seperti telah diungkapkan dimuka, pondasi kaison mempunyai berbagai macam bentuk. Adapun bentuk tampang dari pondasi kaison umumnya disesuaikan dengan beban yang bekerja serta kuat dukung tanah dasar pondasi. Bentuk tampang pondasi dapat berupa lingkaran tunggal, segi empat, lingkaran / heksagonal / oktagonal ganda, sumuran ganda, dan bentuk D ganda. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Bentuk-bentuk tampang pondasi kaison

(Suryolelono, 1994)

Selain bentuknya bermacam-macam pondasi kaison juga dibentuk oleh bagian-bagian pembentuknya. Adapun bagian-bagian dari pondasi kaison dapat dilihat gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bagian-bagian pondasi kaison

Keterangan gambar:

#### 1. Pelat atas

Pelat atas merupakan penutup bagian atas kaison setelah diisi pasir atau beton tumbuk. Umumnya pelat atas ditumpu oleh dinding. Selain sebagai penutup, pelat atas juga berfungsi meneruskan beban dari struktur di atasnya (pilar dan beban-beban yang menumpu pilar) ke dinding tepi.

#### 2. Dinding tepi

Dinding tepi merupakan pembatas antara pondasi dengan tanah di sekelilingnya dan berfungsi sebagai penahan beban pilar, beban-beban yang ditumpu pilar sebelum membebani tanah dasar. Analisis dinding tepi didasarkan pada berat dinding dan gesekan tanah di sekelilingnya.

## 2. Plat Dasar

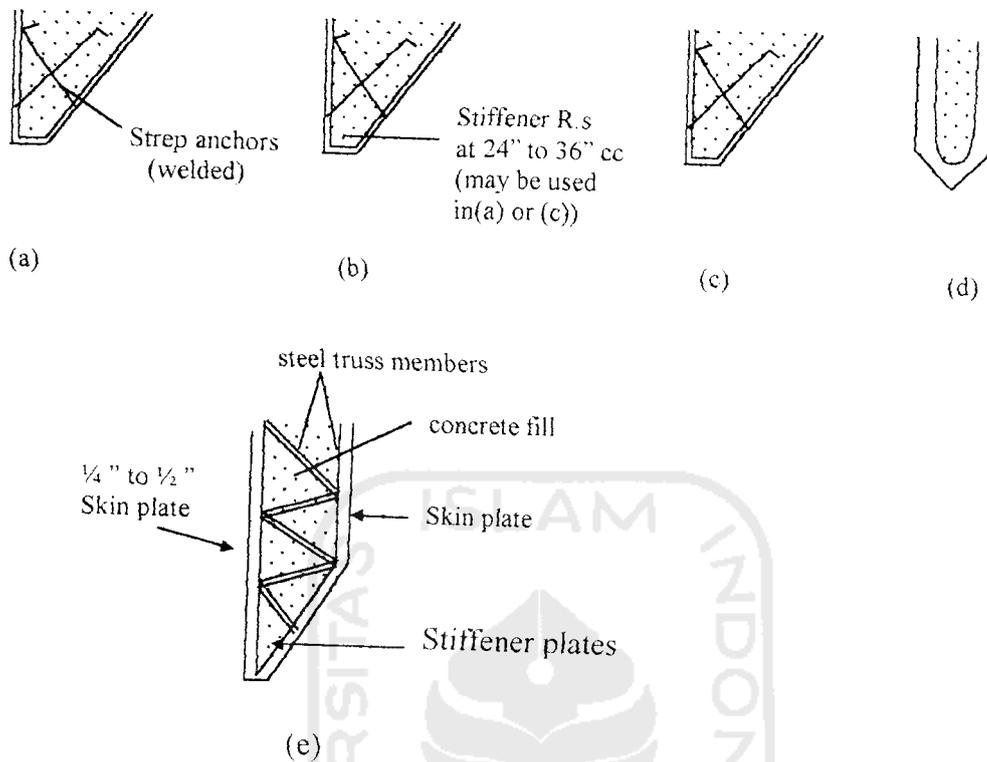
Plat dasar merupakan bagian dari pondasi kaisan yang langsung berhubungan dengan tanah dasar. Fungsi plat dasar adalah mencegah air dan tanah masuk ke dalam isi kaisan. Pada pondasi kaisan bentuk silinder/kotak tertutup plat dasar dibuat monolit dengan dinding sisi, sedangkan pada kaisan bertekanan dibuat dengan menutup ruang kerja menggunakan beton encer.

## 3. Plat Atap Ruang Kerja

Plat atap ruang kerja hanya terdapat pada kaisan bertekanan. Struktur ini dibuat rapat air agar selama pemberian tekanan pada ruang kerja dan pelaksanaan konstruksi dapat dilaksanakan dengan baik. Untuk itu plat atap ruang kerja, umumnya dibuat monolit dengan dinding kaisan.

## 4. Cutting edge

Untuk memudahkan proses penurunan ke dalam tanah, ujung dasar kaisan bentuk silinder / kotak dan kaisan bertekanan dibuat tajam. Sudut miring bagian yang tajam, umumnya dibuat 80% dari sumbu vertikal atau dengan perbandingan 2 vertikal dan 1 horizontal. Bagian tajam pada dasar kaisan di buat cutting edge.



Gambar 2.6 Cutting Edge (Teng 1980)

Cutting edge pada kaisan beton bertulang dilapisi dengan lapisan baja. Bagian paling dasar cutting edge diberi profil L, sedangkan lapisan lain dilapisi pelat baja setebal  $\frac{1}{4}$  sampai  $\frac{1}{2}$  sebagai pelindung dari kerusakan.

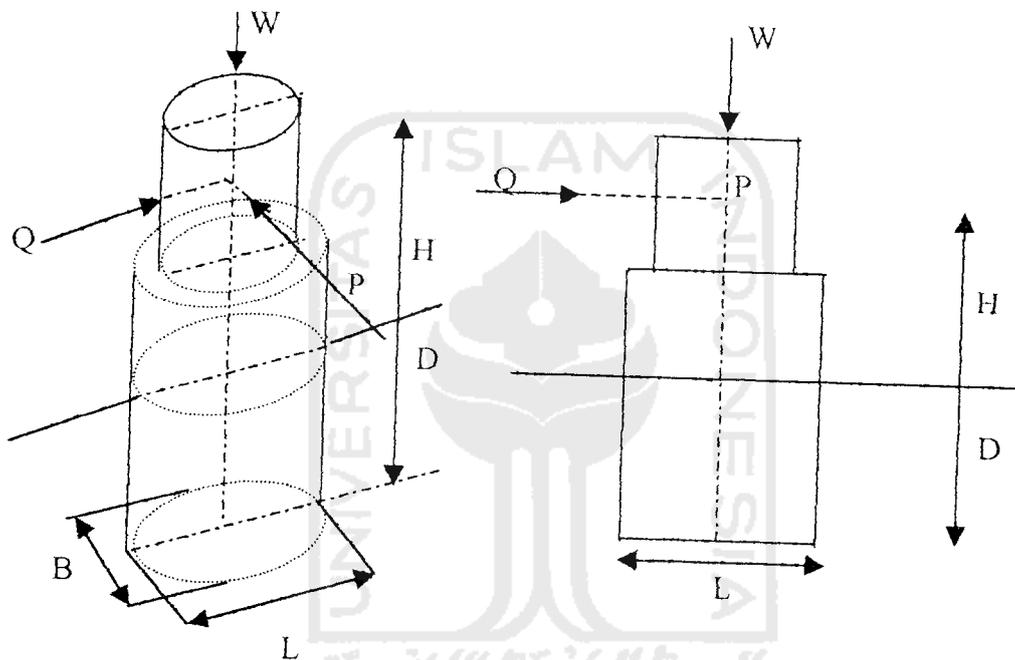
#### D. Pembebanan

Sebelum dilakukan analisis suatu pondasi, terlebih dahulu ditinjau beban-beban yang bekerja. Adapun beban yang bekerja dapat berupa :

1. beban statis berupa beban normal
2. beban dinamis berupa beban kendaraan,

3. beban khusus berupa beban angin, gempa bumi, tekanan, dan tekanan aliran air (drag).

Secara umum beban-beban tersebut dapat dikelompokkan sesuai salib sumbu, yaitu 2 arah horizontal dan 1 arah vertikal. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.7.



$P, Q$  : resultan gaya-gaya horizontal arah melintang dan memanjang pilar (kN).

$D, H$  : dalam pondasi dan tinggi resultan gaya horizontal terhadap muka tanah (m),

$W$  : resultan gaya vertikal (kN).

Gambar 2.7 Gaya-gaya yang bekerja pada pondasi kaisan

Beban horizontal  $P$  dapat berupa gaya kejut, gaya rem atau dapat berupa tekanan tanah. Beban  $Q$  dapat berupa tekanan angin dan tekanan aliran air yang mengenai pilar, sedangkan beban  $W$  berupa beban konstruksi yang dipikul pondasi dan beban hidup.

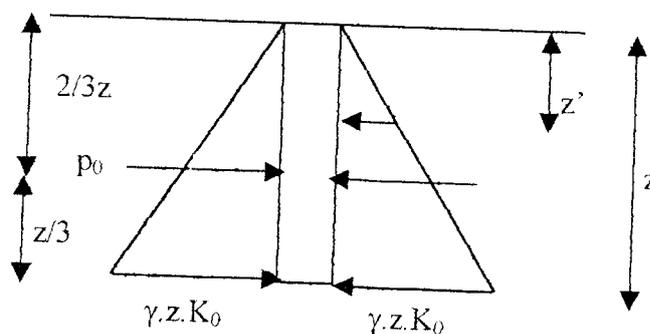
Analisis beban dapat dilihat pada peraturan pembebanan Indonesia, besar dan arah pemanfaatannya diambil pada kondisi yang paling tidak menguntungkan.

### E. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan gaya yang ditimbulkan oleh dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Secara umum tekanan tanah lateral dapat dibedakan menjadi tekanan tanah pada saat diam, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

#### 1. Tekanan tanah saat diam

Suatu dinding kaku ditanam ke dalam tanah. Permukaan tanah sebelah kiri dan kanan dinding tingginya sama. Tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding tingginya sama. Tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding merupakan tekanan tanah diam



Gambar 2.8 Tekanan tanah diam

Tekanan tanah lateral yang terjadi pada kedalaman  $z$  meter

$$P^h = \gamma \cdot K_0 \cdot z \dots\dots\dots (2.1)$$

Tekanan tanah total yang terjadi

$$P_0 = \int_0^l P_h \cdot dz = \frac{1}{2} z^2 \cdot K_0 \cdot \gamma \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

$P_0$  : gaya tanah diam tiap meter panjang (kN/m),

$P^h$  : tekanan tanah pada kedalaman  $z$  m (kN/m<sup>2</sup>),

$z$  : kedalaman dinding (m),

$\gamma$  : berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>),

$K_0$  : koefisien tekanan tanah saat diam.

Menurut Jaky dalam Hardiyatmo (1992), besarnya nilai  $K_0$  untuk tanah granuler (lebih dari 50% tanah berdiameter butir diatas 0,075 mm) dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$K_0 = 1 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.3.a)$$

Untuk lempung konsolidasi normal (lempung yang mengalami konsolidasi oleh beratnya sendiri)  $K_0$  dapat dicari menggunakan persamaan Brooker dan Ireland (Hardiyatmo, 1992).

$$K_0 = 0.95 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.3.b)$$

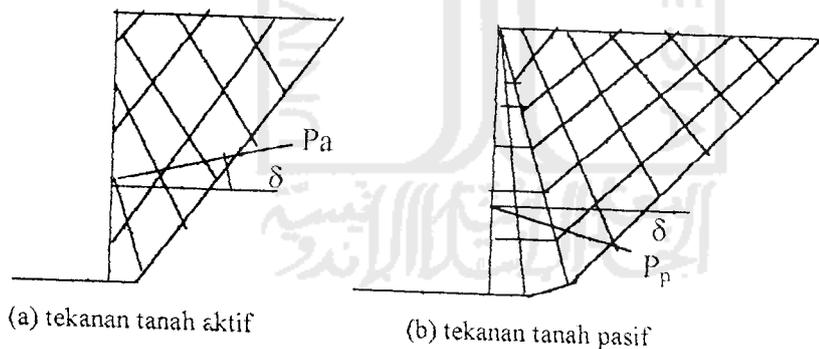
dengan  $\phi$  : sudut geser internal tanah (°).

## 2. Tekanan tanah saat aktif dan pasif

Tekanan tanah aktif dan pasif terjadi, bila suatu dinding kaku ditanam ke dalam tanah. Pada dinding tersebut bekerja gaya horizontal sebesar  $P$  sehingga dinding bergeser mengikuti gaya  $P$ . Tekanan tanah yang bekerja searah gaya  $P$  disebut tekanan tanah aktif ( $P_a$ ) sedangkan tekanan tanah yang bekerja berlawanan arah dengan  $P$  disebut tekanan tanah pasif ( $P_p$ ).

### 2.a. Tekanan tanah lateral coulumb

Teori ini memperhatikan pengaruh gesekan tanah pada dinding penahan. Sudut gesek antara dinding dengan tanah ( $\delta$ ). Akibat gesekan dinding dengan tanah, bidang longsor melengkung dekat dasar kaki dindingnya, baik tekanan tanah aktif maupun pasif.



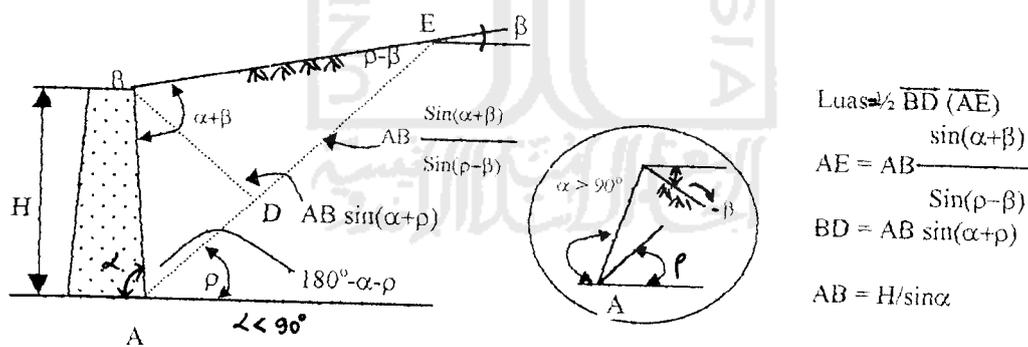
Gambar 2.9 Lengkungan bidang longsor akibat geseran tanah dan dinding

Anggapan analisis :

1. tanah adalah bahan isotropis dan homogen, mempunyai sudut gesek ( $\delta$ ),
2. bidang longsor dan muka tanah urug adalah bidang rata,

3. gaya-gaya gesek di distribusikan secara sama di sepanjang bidang longsor dan  $f = \tan \phi$ ,
4. tanah yang longsor berbentuk (yang berbentuk baji) merupakan satu kesatuan,
5. terdapat gesekan antara dinding penahan dan tanah urugannya. Tanah yang longsor, bergerak di sepanjang sisi belakang dinding penahan mengembangkan gesekan,
6. keruntuhan pada struktur penahan tanah dipandang sebagai masalah dua dimensi dengan memperhatikan panjang satuan dari dinding penahan yang panjangnya tak terhingga.

Analisis ditinjau pada struktur dinding penahan tanah seperti gambar 2.10



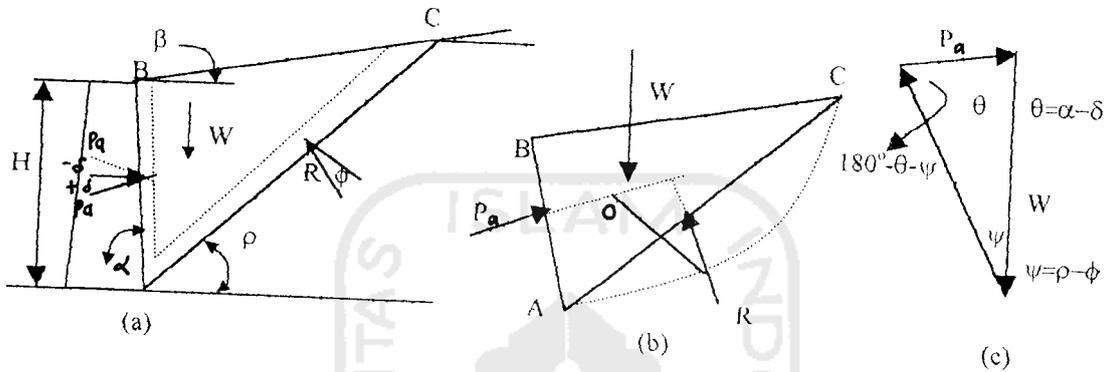
Gambar 2.10 Kelongsoran tanah menurut teori coulumb

(Bowles, 1986)

Berat tanah ABE tiap meter panjang (W)

$$W = \gamma \cdot A \cdot (1) = \frac{\gamma \cdot H^2}{2 \cdot \sin^2 \alpha} \left[ \sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \right] \dots\dots\dots(2.4.a)$$

Gaya tanah aktif dapat ditentukan berdasarkan gambar 2.11.



Gambar 2.11. Poligon gaya pada kondisi longsor (Bowles,1986)

$$\frac{P_a}{\sin(\rho - \phi)} = \frac{W}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)} \dots\dots\dots(2.4.b)$$

$$P_a = \frac{W \cdot \sin(\rho - \phi)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)} \dots\dots\dots(2.4.c)$$

Pada persamaan (2.4.c) dapat dilihat bahwa  $P_a = f(\rho)$ . Berdasarkan persamaan (2.4.b) dan 2.4.c. diperoleh:

$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \left[ \sin(\alpha + \rho) \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \right] \frac{\sin(\rho - \phi)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \phi + \delta)} \dots\dots\dots(2.4.d)$$

$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (2.4.e)$$

Jika  $\beta = \delta = 0$  dan  $\alpha = 90^\circ$  (dinding vertikal licin dan permukaan tanah horizontal) diperoleh persamaan

$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots (2.4.f)$$

Bentuk umum persamaan (2.4.e) dan (2.4.f) adalah

Dengan

$$P_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_a \dots (2.4.g)$$

$K_a$  : Koefisien tekanan tanah aktif

Untuk  $\alpha$  sembarang,  $\beta$  dan  $\delta \neq 0$ ,

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

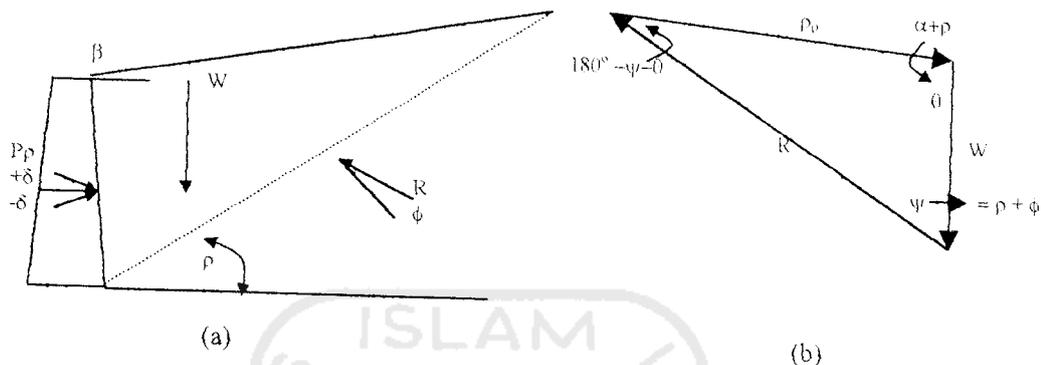
Untuk  $\beta = \delta = 0$  dan  $\alpha = 90^\circ$

$$K_a = \frac{(1 - \sin \phi)}{(1 + \sin \phi)} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$\gamma$  : berat volume tanah ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

$H$  : tinggi dinding (m).

Tekanan tanah pasif dapat pula ditentukan dengan cara sama seperti persamaan (2.4.a) sampai (2.4.f) berdasarkan pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. gaya-gaya yang bekerja pada kondisi tekanan tanah pasif

(Bowles, 1986)

$$W = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \sin(\alpha + \rho) \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \dots \dots \dots (2.5.a)$$

$$P_p = W \cdot \frac{\sin(\rho + \phi)}{\sin(180 - \rho - \phi - \delta - \alpha)} \dots \dots \dots (2.5.b)$$

Nilai minimum  $P_p$  dinding ditentukan dengan menurunkan persamaan (2.5.b) terhadap  $\rho$  atau  $(dP_p / d\rho) = 0$  jadi  $P_p$  minimum

$$P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots \dots \dots (2.5.c)$$

Jika  $\beta = \delta = 0$  dan  $\alpha = 90^\circ$  (dinding vertikal licin dan permukaan tanah horizontal) diperoleh persamaan

$$P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \frac{(1 + \sin \phi)}{(1 - \sin \phi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (2.5.d)$$

Dengan,

$K_p$  : koefisien tekanan tanah pasif

Untuk  $\alpha$  sembarang,  $\beta$  dan  $\delta \neq 0$ ,

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \left[ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

Untuk  $\beta = \delta = 0$  dan  $\alpha = 90^\circ$ ,

$$K_p = \frac{(1 + \sin \phi)}{(1 - \sin \phi)} = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

## 2.b. Tekanan tanah lateral menurut Rankine.

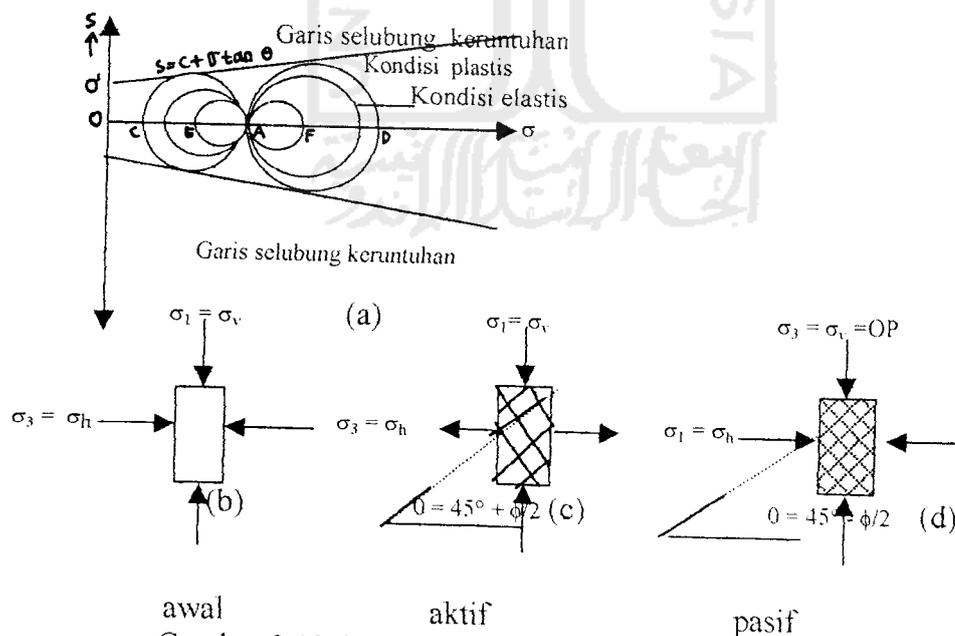
Rankine meninjau tekanan pada tanah homogen, tidak berkohesi, dan isotropis (sifat-sifat elastiknya sama atau  $E_s$  dan  $\mu$  sama) berada pada tempat dengan permukaan horizontal dan vertikal licin sempurna. Selain itu juga tanah ditinjau terhadap keseimbangan plastis. Terjadinya tekanan aktif dan pasif dapat dilihat pada gambar 2.13.

Tiap lingkaran digambar melalui titik P, yaitu mewakili keseimbangan elastis dengan tegangan utama ( $\sigma_1$  atau  $\sigma_3$ ) = OP, jadi ada dua lingkaran yang

melalui titik P, Kondisi keseimbangan yang bekerja pada suatu elemen tanah diperlihatkan pada gambar 2.13.b.

Mula-mula elemen tanah dipengaruhi  $\sigma_1 = OP$  dan  $\sigma_3 = Or$ .  $OP$  ditahan tetap dan tekanan tanah lateral ditambah sampai mengalami keruntuhan pada kedudukan  $OS$  lihat gambar 2.13.d. Lingkaran Mohr melalui P dan S serta bidang kegagalan membuat sudut  $45^\circ - \phi/2$ . Kondisi ini menunjukkan permukaan longsor akibat geser pada teori tekanan tanah pasif.

Gambar 2.13.b tetap, tekanan tanah lateral dikurangi sampai mengalami keruntuhan pada kedudukan  $Oq$ . Tegangan utama mayor pada  $OP$ . Lingkaran Mohr melalui Q dan P serta bidang kegagalan membuat sudut  $45^\circ + \phi/2$  gambar 2.13.c. Kondisi ini menunjukkan permukaan longsor akibat geser pada teori tekanan tanah aktif.





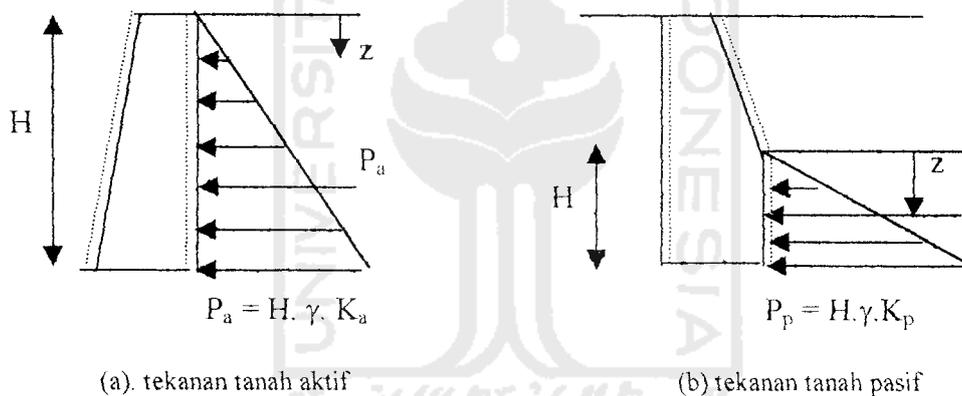
dengan :  $K_a = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$

Dengan cara sama di peroleh  $P_p$

$$P_p = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_p \dots \dots \dots (2.6.b)$$

dengan  $K_p = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$

2.c. Tekanan tanah lateral untuk tanah horizontal dan miring



Gambar 2.15. tekanan tanah aktif dan pasif

Gambar 2.15 memperlihatkan dinding penahan tanah pada non kohesif ( $c = 0$ ), berat volume tanah  $\gamma$ , dan sudut gesek internal  $\phi$ . Menurut Rankine tekanan tanah lateral aktif dan pasif pada sembarang titik dapat ditulis :

$$P_a = \gamma \cdot K_a \cdot z \dots \dots \dots (2.7.a)$$

$$P_p = \gamma \cdot K_p \cdot z \dots \dots \dots (2.7.b)$$

Gaya total tanah tiap meter panjang

$$P_a = \int_0^1 P_a dz \dots\dots\dots(2.8.a)$$

$$P_p = \int_0^1 P_p dz \dots\dots\dots(2.8.b)$$

Dengan ,

$\rho_a$  ,  $\rho_p$  : tekanan tanah lateral pada kedalaman z meter ( $\text{kN/m}^2$ )

$P_a$  ,  $P_p$  : gaya total tanah aktif dan pasif tiap meter panjang ( $\text{kN/m}^2$ )

$K_a$  ,  $K_p$  : koefisien tekanan tanah aktif dan pasif,

$\gamma$  : berat volume tanah ( $\text{KN/m}^3$ ),

$\phi$  : sudut geser internal tanah ( $^\circ$ ),

$z$  : kedalaman tanah yang ditinjau(m).

Besarnya koefisien tekanan tanah aktif dan pasif sangat dipengaruhi oleh kemiringan permukaan tanah, kemiringan dinding dan sudut geser internal tanah.

(a) untuk tanah dengan kemiringan  $\beta^\circ$  dari sumbu horizontal

$$K_a = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(2.9.a)$$

$$K_p = \cos \beta \cdot \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(2.9.b)$$

(b). untuk tanah dasar

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.10.a)$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.10.b)$$

