

BAB III

MEKANISME TRANSFER BEBAN PADA “SOIL NAILING”

3.1 Tinjauan Umum

Pada pembuatan galian untuk basement, tanah digali secara atau hampir tegak lurus sampai pada kedalaman yang cukup besar. Dalam kondisi tegak lurus demikian, komponen gaya yang bekerja melongsorkan tanah lebih besar dibandingkan dengan komponen gaya pada dinding galian dengan lereng $< 90^{\circ}$. Bila komponen pelongsor (“driving force”) tersebut besarnya melampaui komponen pertahanan (“resisting force”) yang berasal dari kuat geser tanah maka akan terjadi kelongsoran. Oleh karena itu jika penggalian dilakukan tanpa adanya penyokong maka kemungkinan dicapainya kedalaman yang dimaksud akan terhalangi akibat terjadinya kelongsoran tanah.

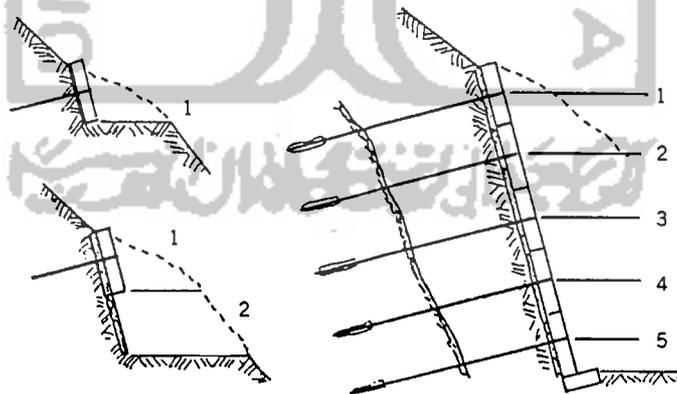
Oleh karena itu untuk dapat membuat dinding galian basement dengan tegak lurus diperlukan suatu struktur penahan tanah yang direncanakan dengan cermat. Struktur tersebut dapat berupa sistem perkuatan eksternal (seperti “gravity wall”, “reinforced concrete wall” dll) dan sistem perkuatan internal (seperti “soil nailing”, geotekstil dll).

Khusus untuk dinding perkuatan tanah dengan metode “soil nailing” pertahanan terhadap kelongsoran tanah alami dilakukan oleh “nail” yang dalam hal ini

mampu meningkatkan kuat geser tanah pada bidang kelongsoran dan memberikan tambahan tahanan normal sehingga dapat menahan terjadinya pergerakan tanah dan membatasi kelongsoran tanah selama dan setelah penggalian.

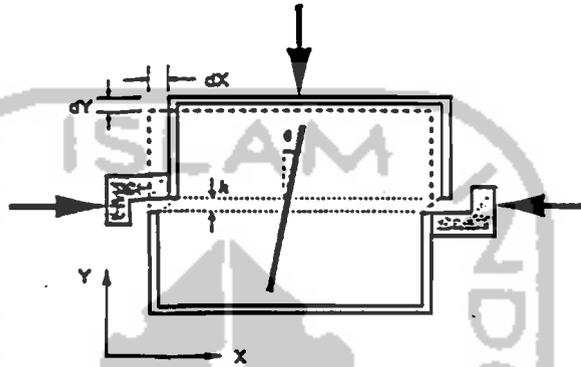
3.2 Konsep Dasar Perkuatan Tanah Setempat

Metode “soil nailing” dikembangkan berdasarkan konsep “in-situ reinforcement” dengan “top to bottom technique” yang telah dikenal sejak 5000 tahun yang lalu di Babilonia (Bruce & Abramson, 1994). Metode ini menggunakan teknik penggalian dari atas ke bawah secara bertahap (gambar 3.1), setiap tahapan tanah yang digali diperkuat dengan inklusi (“anchor”) yang berfungsi menahan komponen pelongsor. Dengan metode ini kedalaman yang dimaksud dapat dicapai dengan stabil dan resiko terjadinya kelongsoran menjadi lebih kecil.



Gambar 3.1 Metode perkuatan tanah dengan teknik penggalian atas ke bawah menggunakan “anchor” (Bruce & Abramson, 1994)

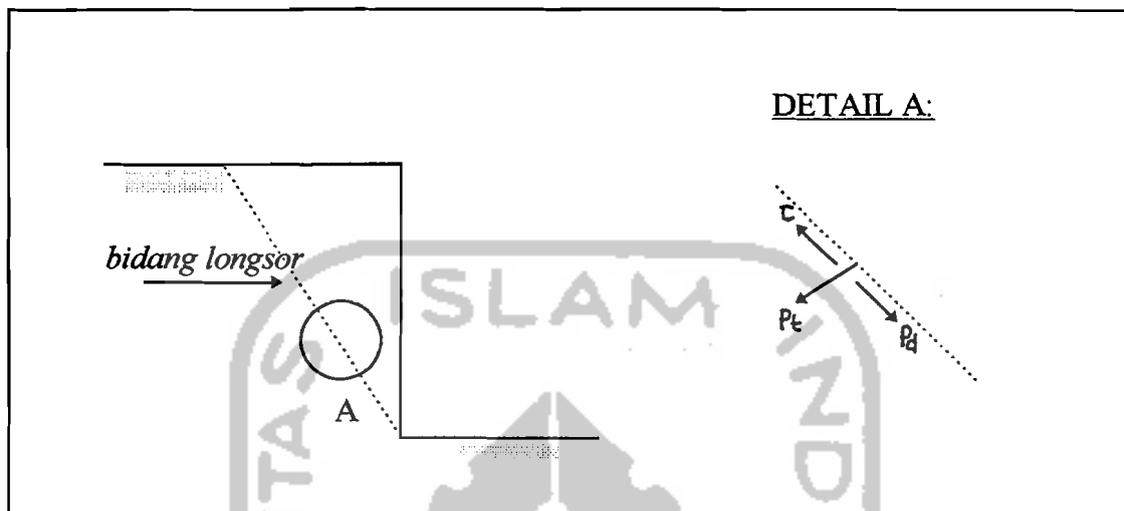
Salah satu pengujian laboratorium untuk mengetahui interaksi yang terjadi antara tanah dengan perkuatannya dapat dilakukan dengan pengujian geser langsung (gambar 3.2). Perkuatan diletakkan menyilang terhadap bidang kelongsoran sehingga efeknya terhadap pusat geser dapat diketahui.



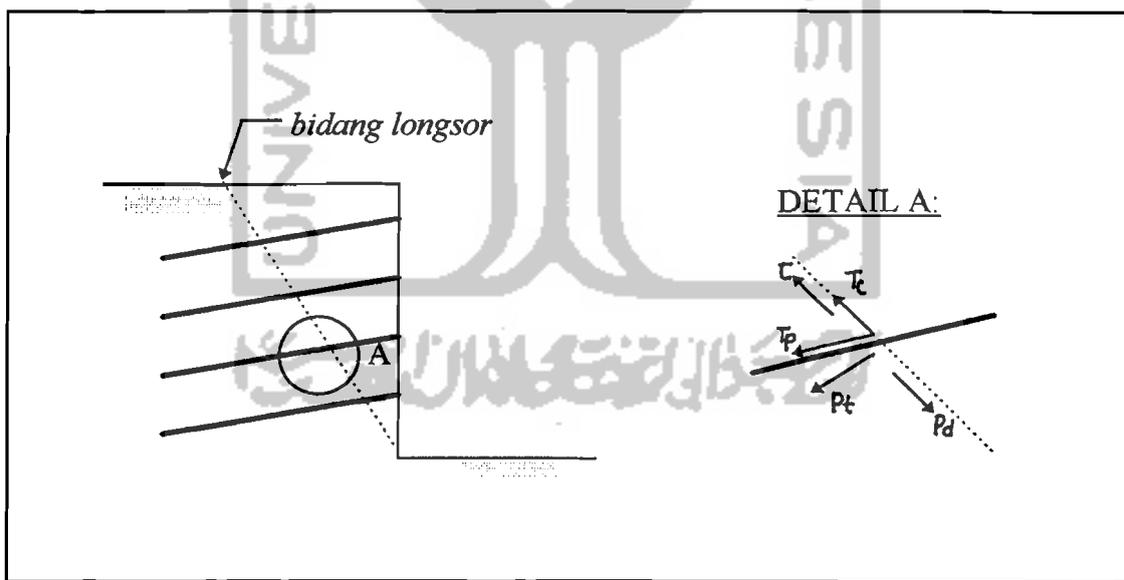
Gambar 3.2 Pengujian geser langsung untuk tanah yang diperkuat (Jewell, 1990)

Efek adanya perkuatan adalah timbulnya gaya tarik (T_p) dan gaya geser (T_c) “nail” yang akan meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan kelongsoran. Pada gambar (3.3) tanah tanpa perkuatan memiliki komponen P_d yang bersifat meruntuhkan serta komponen P_t untuk mempertahankan diri dari kelongsoran. Sementara kemampuan menahan geser sepanjang garis kelongsoran dilakukan oleh komponen τ yang merupakan uraian gaya P_d . Pemakaian “nail” sebagai perkuatan, pada gambar (3.4) akan memberikan kekuatan tarik (T_p) dan kekuatan geser (T_c). Komponen T_p akan bekerja menambah kemampuan pertahanan P_t terhadap

kelongsoran tanah, sementara komponen T_c akan meningkatkan kekuatan geser tanah.



Gambar 3.3 Uraian komponen gaya tanah tanpa perkuatan



Gambar 3.4 Uraian komponen gaya tanah dengan perkuatan

3.3 Prosedur Perencanaan

Dalam melakukan perencanaan "soil nailing" banyak dilakukan pendekatan dengan mengacu kepada analisis perencanaan struktur perkuatan tanah yang memiliki kesamaan perilaku dengan "soil nailing" seperti "reinforced earth" dan "ground anchor".

Prosedur perencanaan yang umum dilakukan adalah dengan urutan sebagai berikut (Juran, 1990 dan Hausmann, 1990) :

1. Penentuan geometri struktur dinding basemen yang akan diperkuat serta data parameter tanah setempat.
2. Penentuan bentuk bidang kelongsoran yang akan digunakan untuk analisis perhitungan perencanaan "soil nailing".
3. Pemilihan jenis perkuatan (tipe, kekuatan dan penampang baja tulangan untuk "nail").
4. Perencanaan pendahuluan berdasarkan tinjauan kegagalan patah tarik ("breakage failure") dan patah geser ("pull out failure") untuk menentukan panjang dan konfigurasi pemasangan "nail".
5. Analisis stabilitas eksternal meliputi tinjauan terhadap geser, guling dan daya dukung tanah.

6. Analisis stabilitas internal tiap level perkuatan meliputi tinjauan terhadap patah tarik, patah geser dan kekakuan “nail” berdasarkan metode batas kinematik.
7. Kontrol “pull out resistance nail”(T_{pull}) terhadap hasil tes “pull out”.

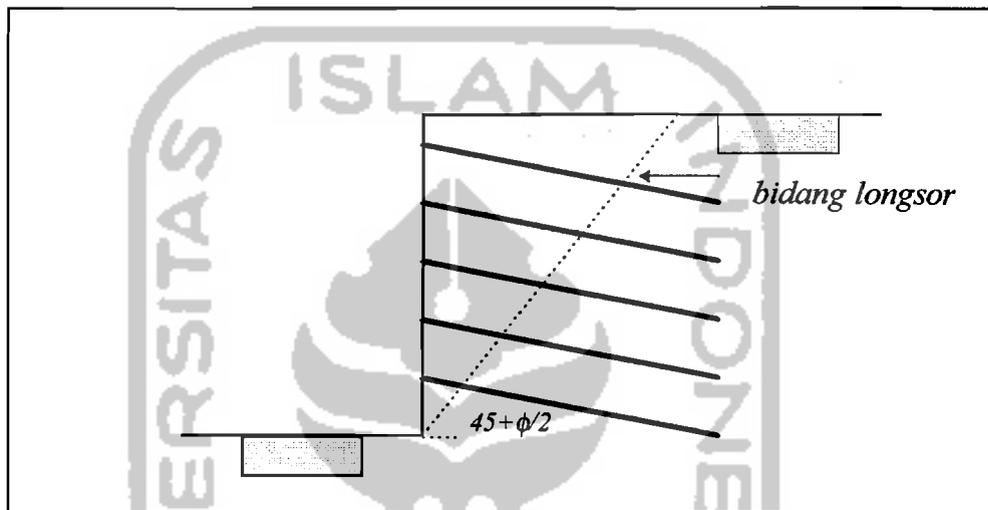
Dalam melakukan perencanaan untuk “soil nailing” pada studi pustaka ini, analisis perhitungan berdasarkan bentuk bidang kelongsoran tanah dilakukan dengan metode keseimbangan batas yang meninjau keseimbangan dinding galian terhadap gaya-gaya luar yang bekerja dan gaya yang ada pada konstruksi itu sendiri. Walaupun bidang kelongsoran tanah cenderung terjadi dalam bentuk bidang sirkuler (Collin, 1946) namun perencanaan dengan asumsi dengan bentuk bidang kelongsoran yang lain (bidang segitiga ataupun bi-linier) juga dapat dilakukan.

3.4 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran segitiga

Analisis perhitungan berdasarkan bidang kelongsoran segitiga ini merupakan cara analitis yang paling sederhana, yang dapat dilakukan secara manual dan cenderung digunakan untuk perencanaan dinding galian tegak lurus. Bidang kelongsoran tanah berbentuk segitiga dengan sudut $(45+\phi/2)^0$ dari arah horisontal berdasarkan teori Coulomb dan Rankine (gambar 3.5).

Berdasarkan bidang kelongsoran tanah berbentuk segitiga ini dapat dilakukan perencanaan pendahuluan untuk disain “soil nailing” sekaligus untuk analisis stabilitas

eksternal dan internal struktur tersebut. Stabilitas eksternal dilakukan dengan anggapan bahwa seluruh bagian struktur merupakan satu kesatuan, sedangkan stabilitas internal dihitung dengan anggapan bahwa keandalan struktur didasarkan pada kemampuan tarik dari setiap elemen inklusi.

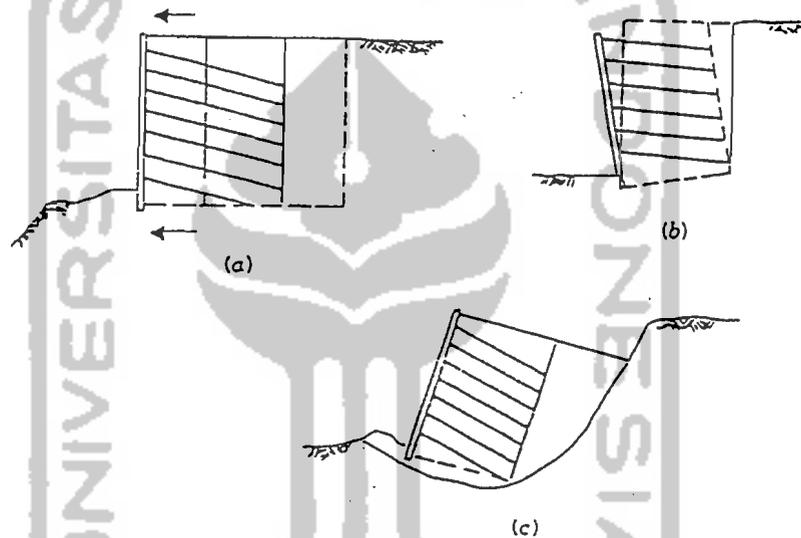


Gambar 3.5 Bidang kelongsoran segitiga

3.4.1 Analisis Stabilitas Eksternal

Sebagaimana lazimnya pada struktur perkuatan/penahan tanah klasik, analisis stabilitas konstruksi selalu didasarkan pada stabilitas terhadap gaya-gaya eksternal, yaitu terhadap bahaya geser, guling dan daya dukung tanah (gambar 3.6). Tinjauan geser perlu dilakukan karena konstruksi akan didorong oleh gaya horisontal yang bekerja antara lain tekanan tanah aktif, tekanan akibat air tanah dan tekanan akibat

beban berguna. Gaya-gaya tersebut bekerja pada jarak tertentu dari dasar galian sehingga menimbulkan momen yang dapat menggulingkan konstruksi oleh karena itu perlu juga dilakukan tinjauan stabilitas terhadap guling. Sementara itu stabilitas terhadap daya dukung tanah penting juga dilakukan karena bilamana daya dukung tanah yang terjadi pada tanah dasar konstruksi melampaui daya dukung ijin maka konstruksi dapat terperosok dan terjadi kelongsoran.



Gambar 3.6 Stabilitas konstruksi terhadap gaya-gaya eksternal (a) geser, (b) guling, (c) daya dukung tanah (Bruce & Abramson, 1994)

1. Tinjauan terhadap stabilitas geser

Stabilitas geser ditentukan oleh gaya penahan yang dibentuk oleh berat kesatuan konstruksi dan oleh gaya pendorong yang terjadi akibat tekanan tanah efektif yang bekerja pada tanah.

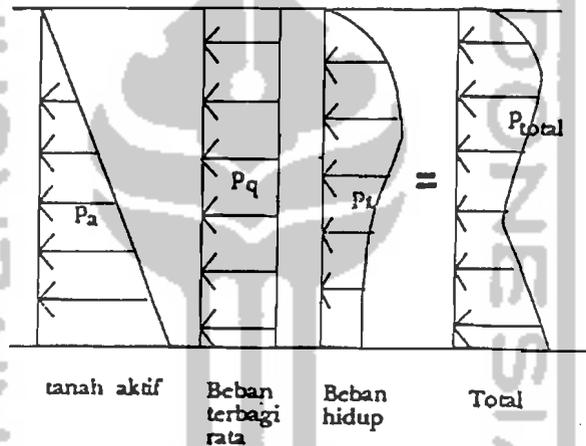
a. Gaya penahan (P_t) = $[cd.L + W_{tot}.\eta]$ (3.1)

dimana :

- cd = kohesi disain = $2/3c$
- L = panjang total "nail"
- W_{tot} = berat total tanah yang diperkuat
- η = $tg \phi$ = komponen tangensial sudut gesek dalam

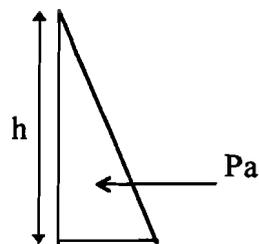
b. Gaya pendorong (P_d)

Gaya ini dapat terjadi akibat tekanan tanah aktif dan tekanan tanah akibat beban-beban tambahan di atas tanah (gambar 3.7), sebagai berikut :



Gambar 3.7 Gaya-gaya yang bekerja yang bekerja pada dinding basement

b1. Tekanan tanah aktif

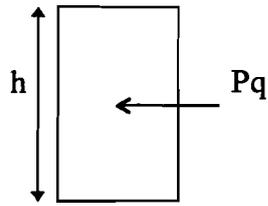


$P_a = 1/2.h^2.\gamma_b.K_a$ (3.2)

di mana :

- γ_b = berat volume tanah
- K_a = koefisien tanah aktif
= $tg^2(45-\phi/2)$
- h = tinggi lapisan tanah

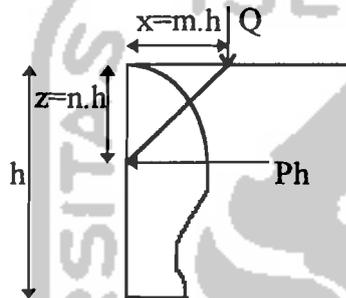
b2. Tekanan tanah akibat beban terbagi rata



$$Pq = q \cdot h \cdot Ka \dots\dots\dots(3.3)$$

di mana :
 q = beban terbagi rata
 h = kedalaman galian
 Ka = koefisien tanah aktif

b3. Tekanan tanah akibat beban titik



untuk $m > 0,4$

$$Ph = \frac{1,77Q \cdot m^2 \cdot n^2}{H^2 \cdot (m^2 + n^2)^3} \dots\dots\dots(3.4)$$

untuk $m < 0,4$

$$Ph = \frac{0,28Q \cdot n^2}{H^2 \cdot (0,16 + n^2)^3} \dots\dots\dots(3.5)$$

di mana :
 Q = beban titik
 n = koefisien tinggi galian
 m = koefisien jarak beban
 H = tinggi galian

Sehingga $\Sigma Pd = P1 + P2 + P3 + \dots + Pn$

Nilai faktor keamanan stabilitas geser dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\Sigma \text{Gaya penahan}}{\Sigma \text{Gaya pendorong}} = \frac{\Sigma Pt}{\Sigma Pd} > 1.5 \dots\dots\dots(3.6)$$

2. Tinjauan terhadap stabilitas guling

Faktor keamanan diperoleh berdasarkan perbandingan antara momen penahan dengan momen pengguling terhadap titik guling yang ditinjau, di mana titik tinjauan biasanya diambil pada bidang kaki struktur.

a. Momen penahan (M_p) merupakan perkalian antara titik berat tanah yang diperkuat dengan lengan momen dari titik guling tinjauan.

$$M_p = W_{tot} \cdot z \dots\dots\dots(3.7)$$

di mana :

W_{tot} = berat tanah yang diperkuat

z = jarak W_{tot} dari kaki dinding galian

b. Momen pengguling (M_g) merupakan perkalian antara gaya-gaya horizontal yang bekerja dalam tanah dan tinggi gaya-gaya tersebut terhadap titik guling tinjauan.

$$\Sigma M_g = P_1 \cdot z_1 + P_2 \cdot z_2 + P_3 \cdot z_3 + \dots + P_n \cdot z_n \dots\dots\dots(3.8)$$

di mana :

P_1, P_2, P_3 = gaya-gaya horizontal yang bekerja dalam tanah

z_1, z_2, z_3 = jarak gaya P dari kaki dinding galian

Nilai faktor keamanan stabilitas guling dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\Sigma \text{Momen penahan}}{\Sigma \text{Momen pendorong}} = \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_g} > 2 \dots\dots\dots(3.9)$$

3. Tinjauan terhadap daya dukung tanah

Di dalam menentukan tinggi dinding galian harus dilakukan perhitungan terhadap kemampuan daya dukung tanah ("bearing capacity") yang ada di bawah

tanah yang diperkuat tersebut. Daya dukung ultimit tanah didefinisikan sebagai (Terzaghi & Peck, 1976) dengan anggapan struktur merupakan struktur menerus :

$$\sigma_{ult} = c.N_c + q.N_q + 0,5.\gamma.B.N_\gamma \dots\dots\dots(3.10)$$

di mana :

- c = kohesi tanah
- N_c, N_q, N_γ = koefisien tanah
- q = $\gamma.D_f$
- B = lebar struktur bagian bawah
- γ = berat volume tanah pada lap. bawah struktur

Besar koefisien N_c, N_q dan N_γ dengan menggunakan tabel faktor daya dukung tanah Terzaghi berikut :

Tabel 3.1 Koefisien daya dukung tanah Terzaghi (Kumbhojkar, 1993)

ϕ°	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0
5	7.34	1.64	0.14
10	9.61	2.69	0.56
15	12.86	4.45	1.52
20	17.69	7.44	3.64
25	25.13	12.72	8.34
30	37.16	22.46	19.13
35	57.75	41.44	45.41
40	95.66	81.27	115.31
45	172.28	173.28	325.34

Nilai faktor keamanan stabilitas daya dukung tanah dihitung sebagai :

$$SF = \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 3 \dots\dots\dots(3.11)$$

3.4.2 Analisis Stabilitas Internal

Tinjauan stabilitas ini perlu dilakukan karena keandalan suatu struktur perkuatan tanah didasarkan pada kemampuan tarik elemen perkuatannya (gambar 3.8). Stabilitas ditinjau pada setiap level elemen, karena secara teoritis elemen-elemen ini sebenarnya berdiri sendiri-sendiri, sehingga harus mampu melawan gaya-gaya yang bekerja. Perhitungan gaya-gaya internal pada "soil nailing" dilakukan berdasarkan pendekatan pada perhitungan struktur "ground anchor", dimana pertahanan angkur dimobilisasi oleh gesekan permukaan selubung angkur. Besarnya tahanan "pull out" ultimit angkur dapat dihitung dengan rumus $P = k \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot \sigma_n \cdot \text{tg } \delta$ di mana k adalah koefisien tekanan tanah pada batang angkur, D dan L adalah diameter dan panjang angkur, σ_n adalah tekanan tanah vertikal ($\gamma \cdot h$) dan δ adalah sudut gesek antara tanah dan angkur. Berdasarkan rumus tersebut, dapat dianalisis bahwa besarnya tahanan ultimit angkur sebanding dengan kedalaman pemasangan, semakin dalam angkur maka akan semakin besar tahanannya.

Kondisi ini berlaku pula pada "nail" yang terpasang pada beberapa level, semakin ke bawah levelnya maka akan semakin besar pula tahanannya. Tahanan "pull out nail" ("pull out resistance") dapat dicari dengan rumus :

$$T_{\text{pull}} = \pi \cdot D \cdot L \cdot \sigma_n \cdot \eta \dots\dots\dots(3.12)$$

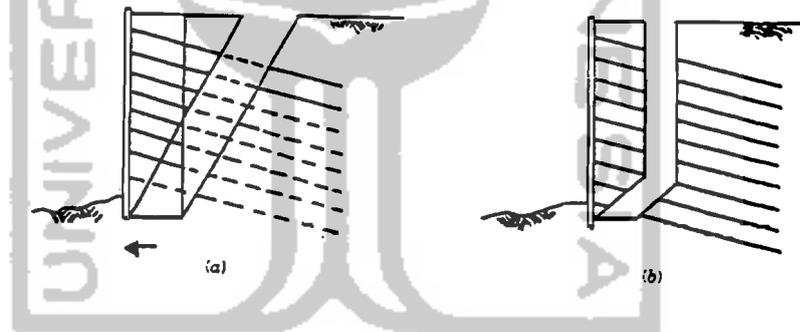
di mana :

- D = diameter "nail"
- L = panjang "nail"
- σ_n = tekanan tanah normal = $\gamma \cdot h$
- η = $\text{tg } (2/3\phi)$

di mana : T_a = kuat tarik baja tulangan
 P = beban yang ditahan "nail"
 A_s = luas penampang baja tulangan
 f_y = kuat leleh baja tulangan
 σ = tekanan tanah = $\gamma \cdot h \cdot K_a$
 S_v = spasi vertikal antar "nail"
 S_h = spasi horizontal antar "nail"

Berdasarkan persamaan (3.14) jarak vertikal dan horizontal antar "nail" dapat dicari dengan terlebih dahulu menentukan besarnya nilai faktor keamanan yang dipakai (biasanya diambil 1.5 - 3). Jika $S_v = S_h = S$, maka dapat diperoleh :

$$S^2 = \frac{A_s \cdot f_y}{SF \cdot \sigma} \dots \dots \dots (3.15)$$



Gambar 3.9 Stabilitas internal (a) patah geser (b) patah tarik (Bruce & Abramson, 1994)

2. Analisis berdasarkan patah geser ("pull-out failure")

"Nail" akan mengalami kegagalan patah geser (gambar 3.9b) apabila tahanan gesek "nail" yang bekerja sepanjang daerah pasif (T_p) lebih kecil dari beban yang



ditahan "nail"(P) atau lebih besar dari beban maksimum yang ditahan "nail"
(P.SF=Ta). Besarnya tahanan gesek tersebut adalah :

$$T_p = \pi \cdot D \cdot l_e \cdot \sigma_n \cdot \tan \delta \dots\dots\dots(3.16)$$

di mana : T_p = tahanan gesek "nail"
 D = diameter "nail"
 l_e = panjang efektif "nail" = panjang "nail" di daerah pasif
 σ_n = tekanan tanah normal = $\gamma \cdot h$
 δ = sudut gesek antara "nail" dan tanah = $2/3\phi$

Struktur dalam keadaan seimbang jika :

$$P \leq T_p \leq T_a \dots\dots\dots(3.17)$$

Faktor keamanan (SF) untuk mengatasi "pull out failure" merupakan rasio antara tahanan gesek "nail" (T_p) dengan beban yang ditahan "nail" (P) :

$$SF = \frac{T_p}{P} = \frac{\pi \cdot D \cdot l_e \cdot \sigma_n \cdot \tan \delta}{\sigma \cdot S_v \cdot S_h} \dots\dots\dots(3.18)$$

Sehingga dari rumus (3.18) besarnya panjang efektif "nail" (l_e) dapat dicari :

$$l_e = \frac{SF \cdot P}{\pi \cdot D \cdot \sigma_n \cdot \tan \delta} \dots\dots\dots(3.19)$$

Sementara dengan bentuk bidang kelongsoran segitiga, panjang "nail" di daerah aktif (l_a) dapat dihitung dengan rumus :

$$l_a = \frac{H - h}{\tan(45 + \phi/2)} \dots\dots\dots(3.20)$$

di mana : l_a = panjang "nail" di daerah aktif
 H = kedalaman total galian
 h = kedalaman level "nail"

ϕ = sudut gesek dalam

Sehingga panjang total "nail" (L) dapat diperhitungkan sebagai :

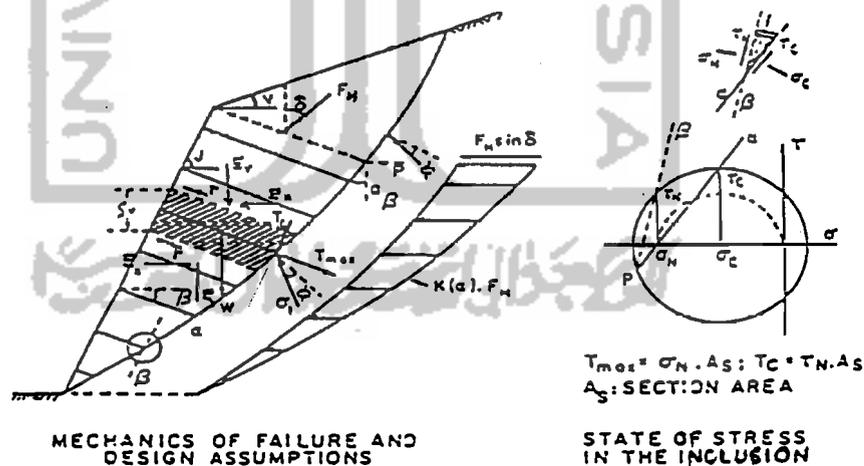
$$L = l_e + l_a \dots\dots\dots(3.21)$$

di mana jika "nail" dipasang dalam sudut inklinasi tertentu (α), maka panjang total "nail" tersebut harus dibagi dengan komponen kosinus α :

$$L = (L/\cos \alpha) \dots\dots\dots(3.22)$$

3. Kontrol kegagalan internal "nail" berdasarkan analisis batas kinematik

Kriteria-kriteria kegagalan ini didefinisikan oleh Juran (1988) untuk menganalisis stabilitas internal pada struktur "soil nailing" dan struktur multi ankur dengan asumsi bidang kelongsoran log-spiral (gambar 3.10). Tiap level perkuatan yang telah direncanakan harus memenuhi kriteria-kriteria berikut :



Gambar 3.10 Analisis pendekatan dengan metode batas kinematik (Juran&Elias,1990)

a) Tinjauan patah geser (“Pull out Failure”)

Patah geser terjadi apabila tahanan gesek “nail” pada daerah pertahanan (pasif) lebih kecil dari gaya tarik yang terjadi.

$$\frac{\sigma_n \cdot \text{tg } \phi}{SF} \geq \frac{P}{\pi \cdot D \cdot l_e} \quad \dots \dots \dots (3.23)$$

di mana :

- P = gaya tarik maksimum yang terjadi
- le = panjang efektif “nail” = panjang “nail” di daerah pasif
- D = diameter “nail”
- σ_n = tekanan tanah normal
- ϕ = sudut gesek dalam tanah
- SF = faktor keamanan

b) Tinjauan patah tarik (“Breakage Failure”)

Patah tarik terjadi apabila kuat tarik ijin baja tulangan tidak mampu mendukung kombinasi gaya tarik dan geser yang terjadi pada struktur (gambar 3.9b).

$$\frac{0,58 f_y \cdot A_s}{P_v} \geq K_{eq} \quad \dots \dots \dots (3.24)$$

di mana :

0,58 f_y = tegangan tarik ijin baja tulangan

A_s = luas penampang baja tulangan

P_v = beban normal yang ditahan “nail” = $\gamma \cdot h \cdot S_v \cdot S_h$ (3.25)

$$K_{eq} = [(TN)^2 + 4(TS)^2]^{1/2} \quad \dots \dots \dots (3.26)$$

= koefisien ekivalensi rasio gaya tarik dan geser normal

$$TN = \frac{T_{maks}}{P_v} = \frac{\sigma_n \cdot A_s}{\gamma \cdot h \cdot S_v \cdot S_h} \quad \dots \dots \dots (3.27)$$

= rasio gaya tarik yang terjadi terhadap beban normal

$$TS = \frac{T_c (\sigma_n \cdot \tan \phi) A_s}{P_v \gamma \cdot h \cdot S_v \cdot S_h} \dots \dots \dots (3.28)$$

= rasio gaya geser yang terjadi terhadap beban yang ditahan

c) Tinjauan terhadap kekakuan "nail"

$$\frac{M_p}{SF} > M_{max} \dots \dots \dots (3.29)$$

di mana :

M_p = momen lentur plastis "nail"

M_{max} = momen lentur yang terjadi

= $0,32 T_c \cdot L_o$

L_o = panjang transfer

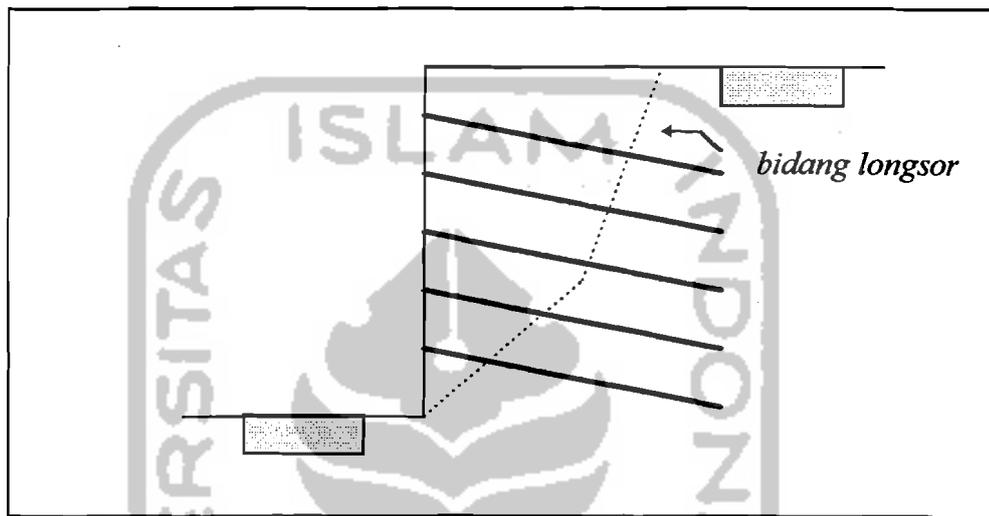
= $[(4EI)/(K_h \cdot D)]^{1/4}$

3.5 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran bi-linier

Bentuk bidang kelongsoran bi-linier membagi massa tanah yang potensial mengalami longsor menjadi dua bagian (gambar 3.11). Pembagian dua massa tanah tersebut dilakukan secara iterasi, yaitu dengan menarik garis pertama yang sudut dan panjangnya diubah-ubah dengan teratur kemudian diteruskan dengan penarikan garis kedua yang juga diiterasi. Tiap-tiap bagian diperhitungkan kesetimbangan gayanya berdasarkan metode analisis keseimbangan batas. Hal ini dilakukan terus sampai didapat nilai faktor keamanan minimum.

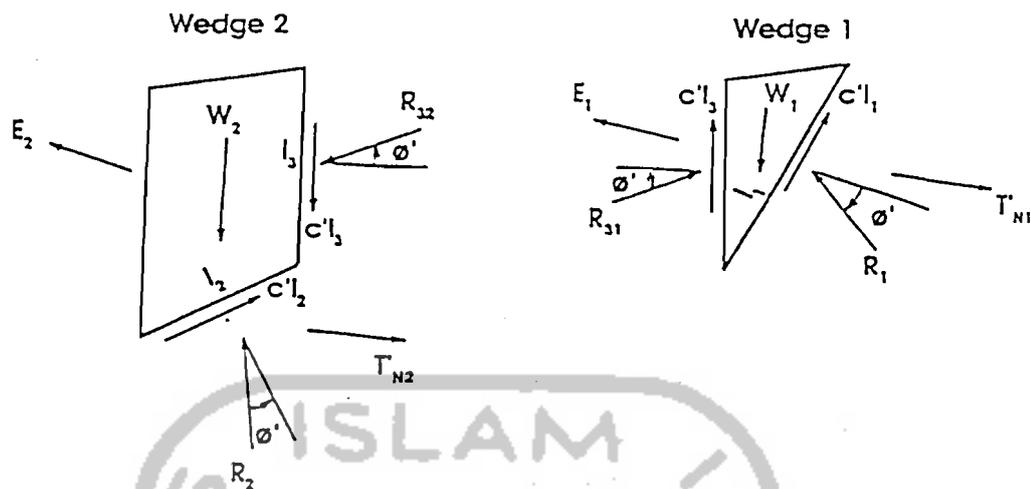
Bentuk bidang kelongsoran bi-linier ini banyak digunakan sebagai analisis hitungan perencanaan "soil nailing" antara lain pada metode perencanaan German Method (Stocker, 1989) dan Caltrans Method (Caltrans, 1993). Pekerjaan untuk

mendapatkan bentuk “two-wedge” ini memerlukan tahapan yang panjang dan sulit jika dilakukan secara manual sehingga harus dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (program) komputer seperti program SNAIL (Caltrans) dan GOLDNAIL (Golder & Asc.).



Gambar 3.11 Bidang kelongsoran bi-linier

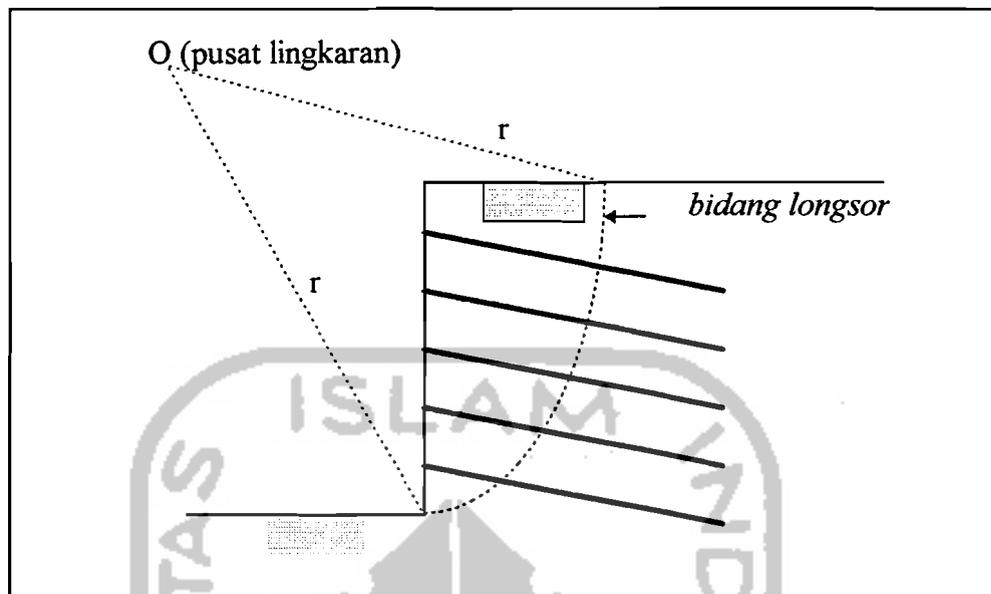
Dalam studi pustaka ini, penyusun menggunakan program komputer SNAIL 2.11 yang dikeluarkan California Department of Transportations (Caltrans). Dengan memasukkan parameter pada struktur yang akan direncanakan ke dalam rangkaian program ini, akan didapatkan bentuk kelongsoran “two-wedge” yang mungkin terjadi pada bentuk struktur tersebut, kemudian kesetimbangan gaya tiap bagian diperhitungkan (gambar 3.12). Dengan program tersebut pula akan diperoleh faktor keamanan yang ada pada struktur sebagai pengontrolan terhadap stabilitasnya.



Gambar 3.12 Uraian gaya-gaya pada dua bagian massa tanah (Caltrans, 1993)

3.6 Analisis berdasarkan bidang kelongsoran sirkuler

Analisis berdasarkan bidang kelongsoran parabolic/sirkuler ini dibentuk berdasarkan metode irisan Bishop (gambar 3.13). Bentuk sirkuler didapatkan dengan menentukan letak pusat lingkaran dengan jari-jari menyinggung kaki dinding. Letak pusat lingkaran diubah-ubah sehingga didapatkan bentuk kelongsoran sirkuler yang berbeda-beda. Bidang kelongsoran tersebut dibagi menjadi beberapa irisan sirkuler dan masing-masing irisan diperhitungkan gayanya berdasarkan metode kesetimbangan batas. Seperti pada bentuk kelongsoran yang lain, faktor keamanan diperoleh berdasarkan rasio gaya-gaya penahan struktur dengan gaya-gaya pendorongnya. Iterasi terhadap bentuk kelongsoran sirkuler dilakukan sampai didapatkan nilai faktor keamanan yang minimum.



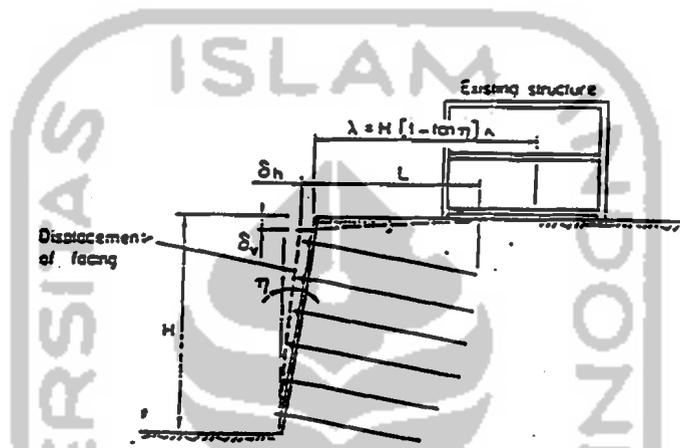
Gambar 3.13 Bidang kelongsoran sirkuler

Dua metode analisis perhitungan “soil nailing” yang dikembangkan dari bentuk bidang kelongsoran ini adalah Davis Method (Shen et al, 1981) dan Juran Method (Juran, 1990). Karena perhitungan untuk mewujudkan bidang kelongsoran sirkuler ini sangat sulit jika dilakukan secara manual, maka analisisnya juga selalu dibantu dengan perangkat lunak komputer, seperti dengan program TALREN (Juran), CLOUDIM (French) dan NAILM8 (Davis).

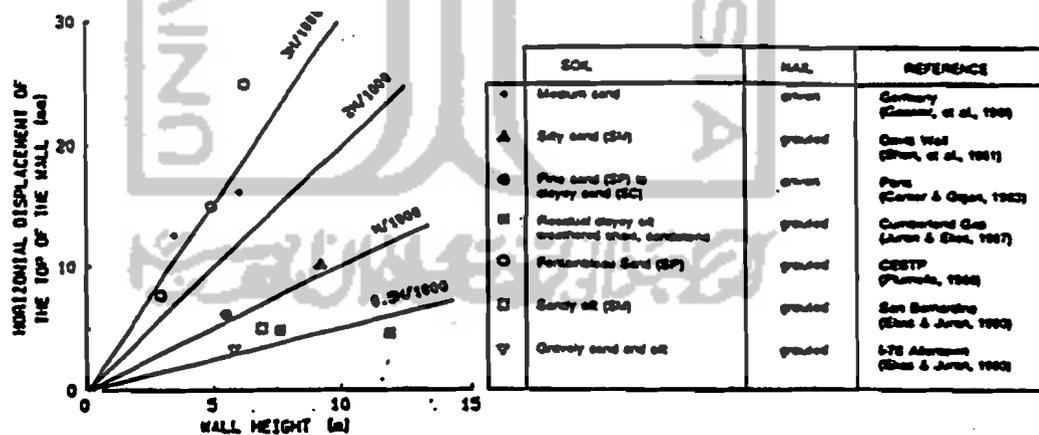
3.7 Efek Pasca Konstruksi

Berdasarkan observasi yang dilakukan Clouterre (1991) terhadap perilaku dinding “soil nailing” (gambar 3.14) bahwa pada masa pasca konstruksi dapat terjadi

pergerakan tanah berupa “facing displacement” yang besarnya tergantung dari beberapa parameter, di antaranya faktor lingkungan, perubahan cuaca, tipe tanah dan aliran air tanah. Observasi tersebut memperlihatkan kecenderungan bahwa besarnya “facing displacement” tidak lebih dari 0.3% dari ketinggian dinding. Besarnya “facing displacement” untuk beberapa jenis tanah dapat diperkirakan dengan menggunakan grafik 3.15.



Gambar 3.14 Skema deformasi pada dinding “soil nailing” (Yap, 1993)



Keterangan :

- 0.5H/1000 ---> tipe tanah “sandstone”
- H/1000 ---> tipe “intermediate soil”
- 2H/1000 ---> tipe “sand”
- 3H/1000 ---> tipe “clay”

Gambar 3.15 Grafik hubungan antara besarnya pergeseran horizontal pada dinding “soil nailing” dengan ketinggian dinding (Jewell, 1990)