



ANALISA TEMBOK PENAHAN UNTUK STABILITAS LERENG

Hermin Tjahyati

RINGKASAN

Tulisan ini membahas tiga jenis tipe tembok penahan tanah untuk stabilisasi lereng. Ketiga tipe tembok penahan itu adalah : free standing walls (gravity walls), cantilever walls tied-back walls. Free standing walls mudah dikerjakan, banyak membutuhkan galian, hanya tergantung pada berat sendiri tembok serta hanya efektif untuk bidang gelincir yang tidak terlalu dalam. sedangkan cantilever walls dan tied-back walls dapat untuk bidang gelincir yang dalam dan keduanya memerlukan desain serta keahlian yang sebaik- baiknya.

SUMMARY

This paper is intended to present an overview of the anlysis of wall support to stabilize slopes.

The wall support or the retaining wall structures separate into three group : Free standing walls, cantilever walls and tied-back walls. Free standing walls gain the support by the action of gravity alone and inappropriate for larger slide and also need a great excavation. The last two type of the structure can effectively stabilize most exiting landslides and prevent many landslides from occuring. A testing program, design and an experienced contractor should used for the last two type of the wall support.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan struktur tembok penahan untuk stabilitas lereng saat ini sudah banyak dilakukan. Dalam tulisan ini suatu tinjauan terhadap analisa struktur tembok penahan dibuat berdasarkan observasi dari Hutchinson mengenai penggunaan struktur penahan yang kaku. Menurut Hutchinson struktur tembok penahan yang kaku kurang memenuhi sasaran bila digunakan untuk stabilitas lereng bila dibandingkan dengan pembuatan drainase atau normalisasi sudut lereng. Tetapi struktur tembok penahan tipe ini dapat berfungsi dengan baik bila dibuat sedemikian rupa serta adanya pembatasan dalam jarak dan hal-hal lain yang berpengaruh. Untuk itu beberapa tipe yang cukup berhasil digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Tembok penahan yang ditanam sampai dibawah unstable ground.
- b. Susunan tiang : tiang yang disusun diatur kontinyu merupakan tembok (tiang dipancang dengan jarak yang agak rapat).

Untuk driven cantilever piles, efektif digunakan pada shallow slide sedangkan anchored sheet atau bored piled walls akan efektif untuk stabilisasi longsor yang dalam (deep-seated slides)

- c. Pengankeran tanah dan batuan, pada umumnya prestressed : ini digunakan sebagai penyambung penguat struktur penahan tanah untuk mengurangi driving forces dari landslide dan untuk meningkatkan tegangan normal efektif dalam bidang geser.

Berikut ini tipe struktur tembok penahan dibagi dalam tiga grup :

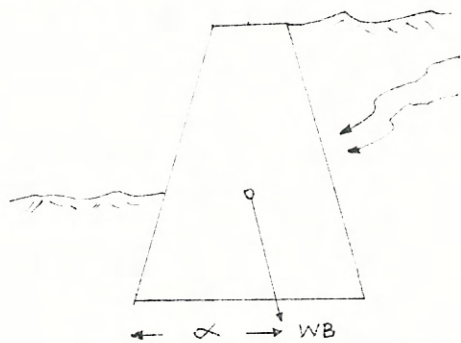
1. Free standing walls
2. Cantilevered walls
3. Tied-back walls

Analisa secara singkat dari ketiga tipe struktur tembok penahan ini akan dibahas berdasarkan literatur yang berhubungan dengan ketiganya.

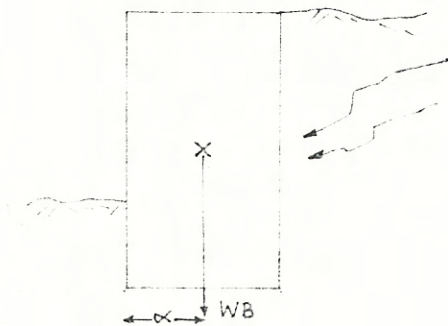
II. FREE STANDING WALLS

Ini adalah suatu tembok penahan tanah yang sangat konvensional. Mempunyai kedudukan yang stabil karena berat sendiri, bentuk serta pondasinya. Termasuk dalam konstruksi yang rigid (kaku).

Konstruksi ini merupakan elemen yang pasif dalam menahan tekanan lateral akibat pergerakan tanah. Tinggi dan gaya berat dari konstruksi tembok penahan ini yang dapat digunakan untuk stabilisasi lereng adalah terbatas khususnya bila didirikan diatas argillaceous material.



Gambar 1



Gambar 2

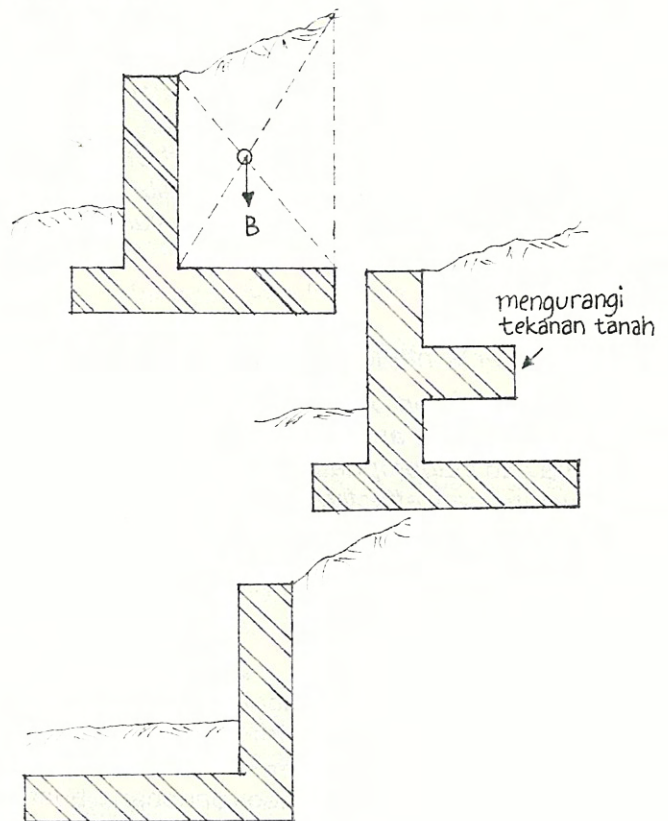
Konstruksi pada gambar 1. Lebih stabil dari pada gambar 2. dimana $\alpha > \alpha$, sehingga momen penahan yang terjadi pada gambar 1 lebih besar dari pada gambar 2. Menurut Hutchinson tinggi maksimum dari gravity walls ini adalah 10 meter, terutama untuk yang benar-benar konvensional.

Harus diberikan perhatian yang khusus terhadap kondisi pondasinya serta dibuat drainase yang memadai untuk mereduksi tekanan air. Konstruksi ini kurang bermanfaat untuk longsoran yang besar. Bahan yang digunakan bisa berupa : batu alam, batu bata atau beton. Kontrol dalam perencanaan

adalah terhadap: geser, guling dan rotasi. Jika dibuat dari beton mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Konstruksi bisa lebih kokoh
- Beton sangat padat
- Tidak tergantung tinggi air
- Penentuan bentuk konstruksi lebih leluasa

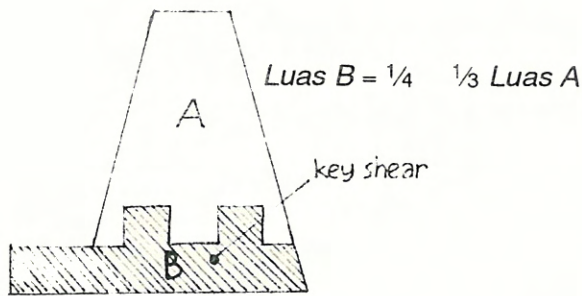
Bentuk tembok dari beton bisa seperti gambar berikut ini :



Gambar 3 Beberapa tipe konstruksi dari beton

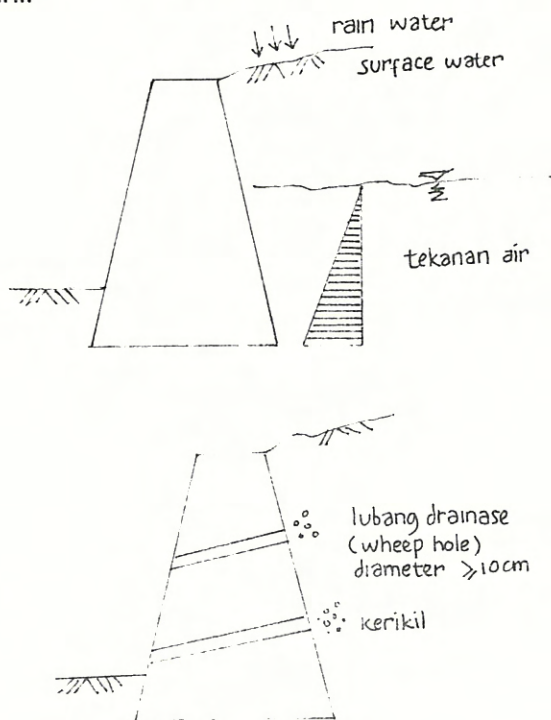
Dalam hal tertentu key shear seperti pada gambar 4 dapat memperbesar tahanan gelincir. Keuntungan tembok penahan yang berat adalah :

- Lebih tahan terhadap hal-hal yang merusak
- Tegangan dalam tembok relatif kecil
- Kestabilan hanya tergantung pada beratnya bukan pada tanah.



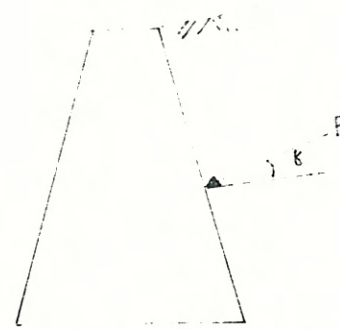
Gambar 4 Tembok penahan dengan Key Shear

Untuk menghindarkan tertampungnya air pada tembok penahan perlu dibuat sistem pembuangan air (drainase) karena air dapat menambah beban dan terjadinya pengikisan. Drainase dapat dilihat dalam gambar 5 berikut ini.



Gambar 5 Drainase pada tembok penahan

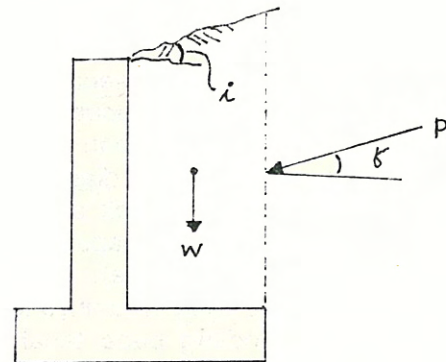
Perhitungan untuk tembok penahan ini dapat dilakukan dengan cara coulomb, rankine ataupun grafis dimana parameter-parameter yang terkait adalah kohesi (c), sudut geser dalam (Φ), berat volume tanah (γ), sudut pergeseran tanah dengan tembok (δ) serta K_a .



dengan cara coulomb

$$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a$$

$$\delta = \frac{1}{2} \propto \frac{2}{3} \Phi$$



dengan cara rankine

$$\delta = i$$

$$W = \text{luas} \times 1 \times \gamma$$

III. CANTILEVER WALLS

Potensi kelongsoran lereng dapat ditanggulangi oleh cantilever walls dengan cara bored pile atau driven piles. Bahan yang dipancang dapat berupa: tiang kayu, pipa baja dengan diameter yang bervariasi atau tiang-tiang beton. Kabel baja sering digunakan untuk reinforcement supaya didapat fleksibilitas yang cukup. Centilever walls ini sangat baik dan mudah penggunaannya karena:

1. Mudah didirikan dengan penggalian yang minimum, terutama untuk daerah perkotaan yang lahannya terbatas, dibandingkan dengan cara tembok penahan konvensional.
2. Bila dibuat secara cast-in-place, dinding ini memberikan keuntungan yaitu tidak mengganggu stabilitas lereng selama

konstruksi dibuat. Hal ini menguntungkan dalam strain-softening soil.

Tetapi disamping keuntungan yang diperoleh juga harus menjadi bahan pemikiran mengenai biayanya yang cukup mahal. Hal-hal lain sehubungan dengan kegagalan penggunaan sistem Cantilever walls ini adalah :

1. Keruntuhan tanah dibawah tembok tiang
2. Keruntuhan tembok tiang akibat bending, tilting atau shearing
3. Keruntuhan akibat penggeseran tanah diantara tiang
4. Keruntuhan akibat pengaruh pore pressure

Keruntuhan tanah dibawah tembok tiang serta keruntuhan tembok tiang akibat bending, tilting dan shearing harus diatasi dengan membuat perencanaan yang sebaik mungkin baik untuk slope stability maupun kestabilan tiangnya itu sendiri. Keruntuhan akibat penggeseran atau aliran tanah diantara tiang diatasi dengan membuat jarak antara tiang sedemikian rupa sehingga didapat jarak yang efektif (proper spacing of pile). Keruntuhan akibat pore pressure pada umumnya terbatas terutama bila dipancang pada tanah lunak atau lempung sensitif.

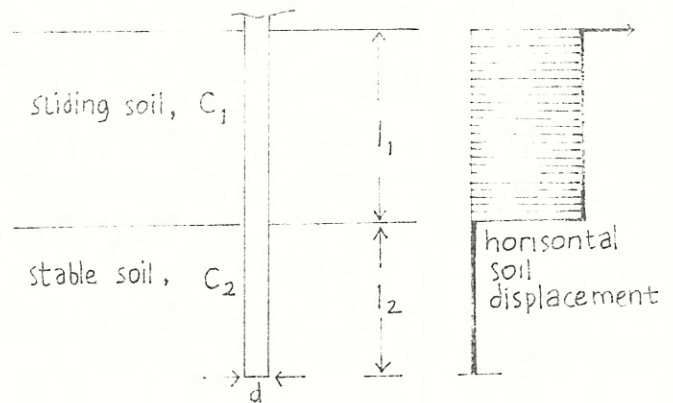
Untuk menganalisa Cantilever walls dalam penanggulangan kestabilan lereng, harus memperhatikan stabilitas lereng dan tiangnya itu sendiri.

Secara singkat dapat diperhitungkan :

- 1) Evaluasi tegangan geser total yang diperlukan untuk meningkatkan faktor keamanan lereng seperti yang di harapkan.
- 2) Evaluasi kemampuan tiap tiang dalam menerima tegangan geser maksimum yang akan ditransferkan pada tanah, yang stabil.
- 3) Pilih dan tentukan tipe serta jumlah tiang yang cukup dan memadai pada lokasi setempat.

Besarnya gaya geser dapat dianalisa dengan cara konvensional limit equilibrium. Secara sederhana dapat dilihat pada gambar 6. Dimana lapisan tanah horizontal setebal L_1 , pada slip surface diatas lapisan tanah L_2 yang lebih keras (stabil). Kedua lapisan tanah adalah tanah lempung dengan undrained

Shear Strength C_1 dan C_2 pada lapisan kedua.



Gambar 6 Yielding disekitar tiang

dengan terjepitnya tiang pada lapisan kedua maka akibat penggeseran pada lapisan pertama terjadi horizontal soil displacement seperti terlihat pada gambar 6. gaya yang terjadi adalah: $P_y = k.c.d$

Dimana P_y = Yield value dari interaksi tanah dengan tiang

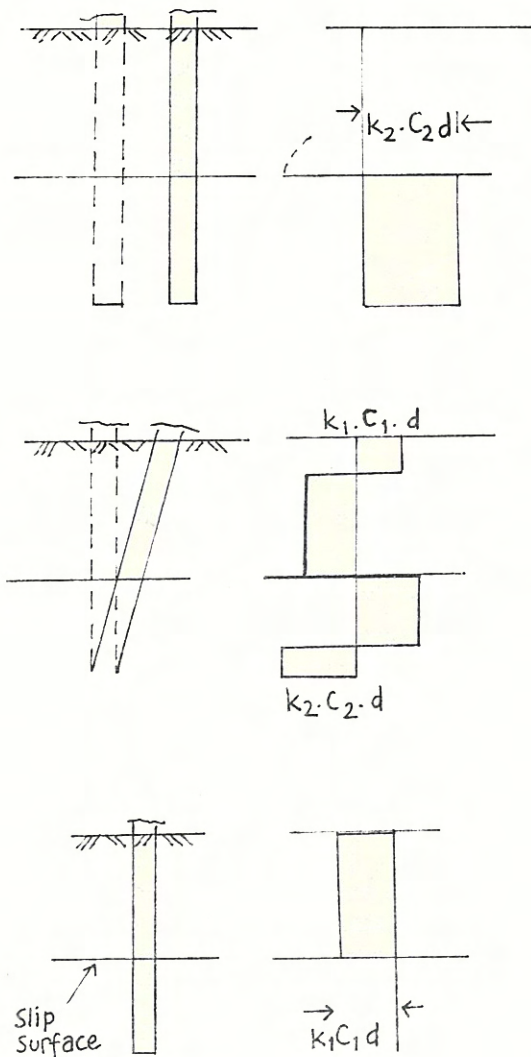
d = Diameter tiang

k = Faktor daya dukung (bearing capacity factor)

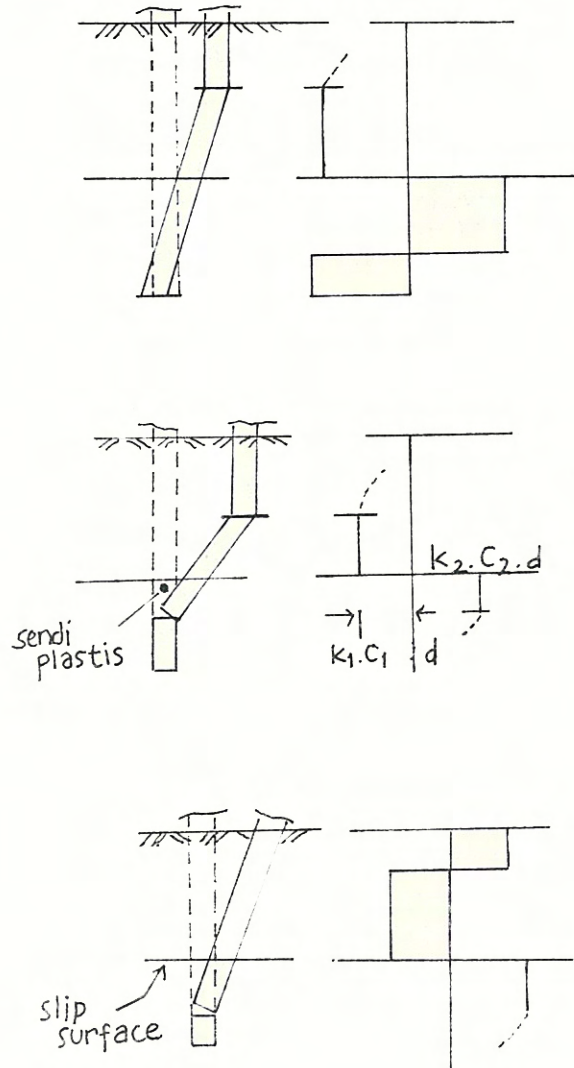
c = Kohesi

Secara sistimatis model keruntuhan ini terjadi bila tiang dianggap kaku. Untuk itu ada tiga model keruntuhan yang terjadi yang dapat dilihat dalam gambar 7. Keruntuhan dapat saja terjadi dibawah bidang gelincir sedangkan model lainnya menunjukkan adanya rotasi dan yielding bersama-sama terjadi diatas dan dibawah bidang gelincir. Tiang yang terpancang pada tanah yang teguh (firm soil) terlihat pada gambar lainnya dimana tanah diatasnya bergerak disekitarnya. Akibat perbedaan reaksi-reaksi tanah pada tiap kasus maka gaya geser dan moment perpindahan yang terjadi pun berbeda tetapi moment maksimum dapat dicari dengan memberi batasan adanya sendi plastis (plastik hinge) pada tiap model keruntuhan. Hal ini dapat dilihat dalam gambar 7. Sendi plastis ini letaknya berada dibawah bidang gelincir.

A. model keruntuhan, tiang kaku
displacement - soil reaction



B. Model keruntuhan, tiang
 dengan sendi plastis
displacement - soil reaction



Gambar 7 Beban Maksimum pada tiang
 dalam landslide

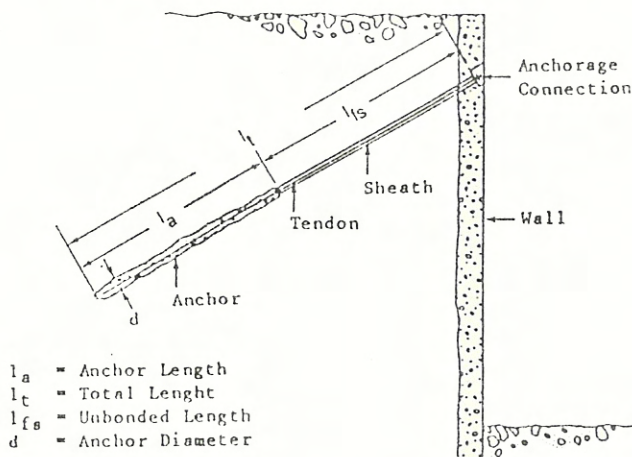
Faktor-faktor lain yang mempengaruhi model diatas menurut Ito , Matsui dan Hong adalah : Interval antar tiang , kondisi fixity kepala tiang, panjang tiang diatas bidang gelincir , diameter tiang serta stiffness tiang itu sendiri. Sehingga dengan demikian akan berpengaruh pula terhadap penggunaan tiang-tiang ini untuk stabilisasi lereng.

Untuk setiap model keruntuhan memerlukan petunjuk dalam pelaksanaan.

IV. TIED-BACK WALLS

Tied back adalah elemen struktur dimana angker digrout pada tanah untuk menanamkan kabel tendon yang akan memberi gaya (kekuatan) pada struktur. Tembok penahan dengan tipe tied back ini efektif untuk menahan longsor karena tied back menembus sampai bidang gelincir dan memberi gaya untuk menahan gelincir. Panjang angker tergantung pada kebutuhan dimana angker akan

menyalurkan gaya pada tanah yang dimaksud. Sistem pemberian gaya pada tendon dengan cara post-tensioning komponen-komponen dari tied back dapat dilihat dari gambar 8. dibawah ini :



Gambar 8. komponen tied back

Properties tanah dan batuan disekitar tied back penting untuk diketahui karena akan menentukan keberhasilan penggunaan konstruksi ini.

Dengan informasi yang lengkap maka pemilihan tipe tied back serta estimasi kapasitasnya dapat dihitung terlebih dahulu sebaik-baiknya.

Hal-hal yang perlu untuk diketahui antara lain :

1. Bor log dengan standar penetrasinya, klasifikasi secara visual, muka air tanah (ground water level) dan observasi pemboran
2. Klasifikasi berdasarkan diskripsi tanah misalnya klasifikasi dari Unified soil classification.
3. Plastic dan liquid limit
4. Kuat tekan bebas dari tanah asli maupun tidak asli
5. Analisa butir tanah
6. Resistivity, pH tanah dan air tanah, kandungan lainnya yang dapat menyebabkan korosi sehingga dapat ditentukan proteksinya.

Tied back yang permanen banyak dilakukan pada tanah noncohesive dengan nilai SPT lebih besar dari 10 pukulan per feet. Dari beberapa pengalaman peneliti di Australia ter-

nyata tied back pada sandy soil dapat berumur lama dan mencapai satisfactory long-term performance.

Pada tanah lunak sampai medium soft cohesive soil tidak dilakukan permanent tied back. Bila harus memasangnya pada jenis tanah ini maka tied back dipasang dengan tehnik drilling sedemikian rupa sehingga sudut pemborannya cukup curam atau drilling the tied back at a steeper angle dan sedalam dalamnya sampai bisa mencapai tanah keras. Perlu juga diperiksa konsistensi indeks yaitu I_c 0,8

$$I_c = \frac{LL - W}{LL - PL}$$

LL = liquid limit

W = kadar air normal

PL = plastik limit

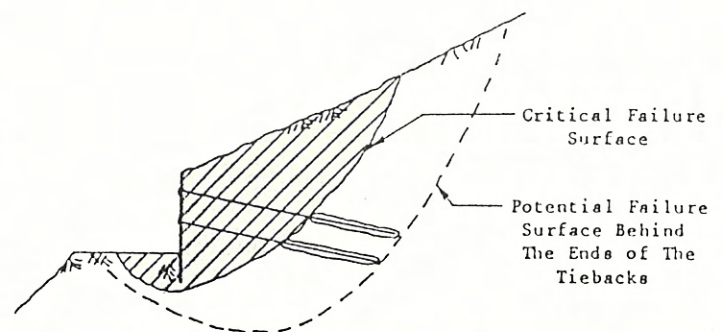
Beberapa petunjuk dalam pemasangan tied back :

1. Bila beban rencana 50 s/d 130 ton

Tendon untuk kapasitas sebesar ini dapat ditangani tanpa alat-alat yang terlalu berat, lubang bor tidak lebih besar dari 4 inchi.

2. Panjang tied back

Tergantung dari kebutuhan untuk stabilisasi, panjang yang digunakan minimum 5 meter tetapi biasanya sekitar 12 meter atau lebih sampai mencapai bidang potensial failure sehingga faktor keamanan lebih besar dari faktor keamanan pada critical surface failure.

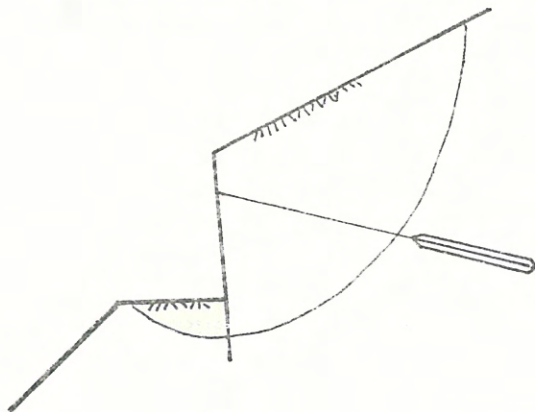


Gambar 9. analisa stabilitas untuk menetapkan panjang total tied back

3. Penempatan tied back

Jika bidang gelincir tidak dalam sehingga tembok penahan dapat menembus kaki bidang gelincir maka cukup sebuah tied back untuk menunjang kekuatan tembok penahan seperti dapat dilihat dalam gambar 10.

Jika bidang gelincir cukup dalam maka tembok tidak menembus bidang gelincir dan untuk itu dibuat tied back dua buah (2 baris) sehingga dapat membuat kestabilan tembok penahan serta menambatkan kekuatannya.



Gambar 10 satu buah tied back pada tembok penahan dengan bidang gelincir yang dangkal.

Jika diperlukan tied back dapat lebih dari dua baris (multirowed)

4. sudut kemiringan

minimum 4,5 meter dibawah timbunan dipasang dengan sudut kemiringan 10° sampai 30° . Bila sudut lebih kecil dari 10° maka untuk grouting memerlukan teknik khusus. Tied back yang tertanam sampai lebih dari 9 meter harus dalam sudut miring 45° , dalam hal ini sekalipun akan mengurangi resultante gaya horizontal tetapi menambah pada beban vertikal tembok penahan.

5. Diameter lubang bor

Lubang bor berkisar antara 3 sampai 6 inci dan menggunakan casing. Berat casing biasanya membuat masalah dan harus dipilih yang sesuai. Untuk casing 3 inci umumnya banyak digunakan dengan metode perkusi. sedangkan untuk casing diameter 5 inci digunakan metode rotary drills.

6. Hal lain yang penting untuk pertimbangan adalah pemilihan jenis tendo serta kemampuan pelaksana dilapangan. Tied back harus diberi proteksi terhadap korosi.

KESIMPULAN

1. Free standing wall (gravity wall) mempunyai kemampuan terbatas sebagai tembok penahan dibanding yang lainnya.
2. Cantilever wall memberikan kemudahan dalam pemasangan tetapi perlu analisa yang lebih detail dalam hal stabilitas tiang serat stabilitas lereng itu sendiri.
3. Tied back sistem sebenarnya adalah alternatif yang paling aman dalam hal stabilitas lereng tetapi membutuhkan teknik dan kemampuan (skill) yang tinggi serta dalam hal biaya sistem ini adalah yang paling mahal.
4. Semua pemasangan tembok penahan memerlukan penggalian - penggalian sehingga dalam pemilihan jenis tembok pengaman juga harus memperhatikan kondisi lahan dan kemungkinannya.

PUSTAKA :

1. APPLICATION OF WALLS TO LANDSLIDE CONTROL PROBLEMS
Proceedings of two sessions at the ASCE National Convention , 1982
2. TEHNIK PONDASI
Saworno , 1971

PENULIS

Ir. Hermin Tjahyati, Msc staf balai Penyelidikan Tanah Untuk Jalan. Lulus jurusan Teknik Sipil ITB tahun 1976, dan pasca sarjana jalan raya ITB tahun 1986. Berkerja pada ditjen Bina Marga tahun 1976-1979 sejak tahun 1979 - sekarang, bekerja di Pusat Litbang Jalan dan aktif melakukan studi dalam bidang geo teknik.