



PERKUATAN GEOTEXTILE UNTUK MEN - DUKUNG PERKERASAN JALAN DI ATAS TANAH LEMBЕК

Furqon Affandi

RINGKASAN

Pembangunan timbunan untuk jalan raya dan atau jalan kereta api yang melewati daerah tanah lembek, pada saat ini tidak selalu bisa dihindari lagi, karena keterbatasan dan penekanan biaya. Sebagai akibatnya maka perlu metoda perencanaan yang baru yang memberikan kestabilan timbunan tersebut baik kestabilan tanah lembeknya ataupun kestabilan terhadap bidang gelincirnya, dengan biaya pelaksanaan yang lebih murah dibandingkan perencanaan yang sudah ada sebelumnya.

Pada tulisan ini diuraikan metoda perencanaan yang menggunakan geotextile / geogrid beserta penggunaannya, yang mana dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu Aggregate wrapped mattress, Cellular mattress dan Base reinforcement .

Selanjutnya untuk memperjelas penggunaannya, diuraikan pula contoh pemilihan jenis penanganan yang menggunakan geotextile / geogrid, perhitungan kestabilan dan kualitas geotextile yang diperlukan dari suatu timbunan jalan raya yang melalui tanah lembek.

SUMMARY

Road and or railway construction on soft soil can not be avoided at this time, because of limitation of land use and of reducing cost for construction.

As a consequence we need a new design method that gives embankment stability not only for soft soil but also for stability against sliding failure with cheaper budget than that with conventional method.

This paper describes design method using geotextile or geogrid and their application, which it can be classified into three types : Aggregate Wrapped Mattress, Cellular Mattress, and Base Reinforcement.

In addition to application, it is described about stability calculation and geotextile quality that is needed at road embankment in soft soil.

I. Pendahuluan

Pada waktu yang lalu, jalan raya dan jalan kereta api dibangun diatas tanah yang kondisinya baik dan tanah lembek biasanya selalu dihindari. Tetapi pada saat ini, pemilihan jalur melewati daerah yang baik saja tidak selalu dapat dilaksanakan, karenanya hal teknis pembangunan timbunan diatas tanah lembek menjadi lebih penting.

Sebagai akibatnya, seringkali timbul masalah - masalah mengenai keruntuhan daya dukung atau keruntuhan dalam bentuk kelongsoran. Beberapa metoda yang telah digunakan untuk mengatasi hal itu ialah :

1. Material tanah lembek dibuang dan diganti dengan timbunan yang baik.
2. Pembuatan kemiringan tebing yang lebih datar, dan menambah berm di kaki timbunan.
3. Pengendalian dari pelaksanaan timbunan, untuk menghilangkan/mengurangi tekanan air pori.
4. Penggunaan bahan ringan untuk timbunan
5. Pemasangan tiang pancang untuk mendukung timbunan.

Hampir semua pemecahan tersebut biayanya mahal, sehingga perlu dicarikan metoda lain yang biayanya cukup murah. Penulangan dengan geotextile/geogrid pada bagian dasar

timbunan bisa memerlukan biaya yang lebih ringan, dan meningkatkan stabilitas dari timbunan tersebut.

II. Macam macam perkuatan dengan geotextile/geogrid

Pada tulisan ini akan diuraikan tiga macam perkuatan dengan menggunakan geotextile, yaitu :

1. Agregate Wrapped mattress (lapisan agregat yang dibungkus geotextile)
2. Cellular mattress (sel sel dari susunan geogrid yang tingginya sekitar 1 meter)
3. Base reinforcement to embankment (perkuatan dasar timbunan)

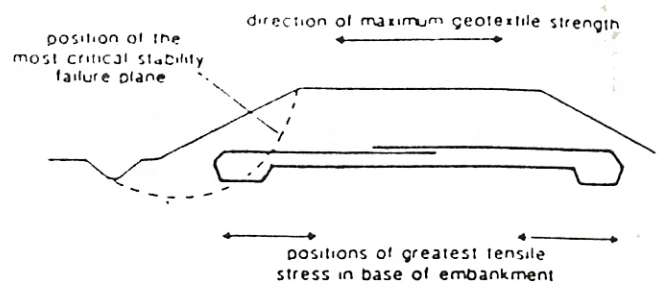
Pertama-tama akan diuraikan dua perkuatan teratas yaitu aggregate wrapped mattress dan cellular mattress, selanjutnya baru menginjak pada base reinforcement.

Pada tipe yang pertama, agregat wrapped mattress, lapisan yang cukup kaku bisa dibentuk dibawah timbunan dengan membuat suatu lapisan dari bahan timbunan yang berbutir, yang dibungkus oleh geotextile. Untuk menjamin kekakuan dari lapisan tersebut, maka sambungan geotextile harus dijahit karena tumpang tindih dari lapisan geotextile yang tidak dijahit akan mudah terbuka bila lendutan yang cukup besar terjadi pada lapisan dibawahnya.

Lapisan agregat dengan geotextile tersebut mempunyai pengaruh pada peningkatan ketahanan terhadap keruntuhan daya dukung dan juga bisa mengurangi perbedaan penurunan sepanjang timbunan, yang akan memperbaiki kestabilan dari timbunan tersebut.

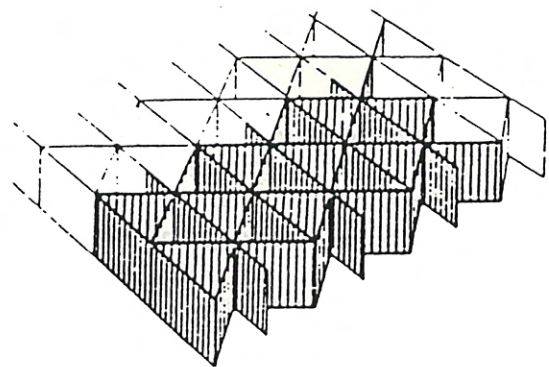
Selanjutnya ketahanan tersebut dapat ditambah dengan membentuk kantong kantong timbunan agregat dibagian kaki timbunan, pada kedua sisi dari lapisan geotextile tersebut.

Pada umumnya tebal kantong-kantong tersebut diperdalam sampai sekitar satu meter dibawah permukaan lapisan geotextile, sedangkan ketebalan lapisan agregat yang dibungkus geotextile pada bagian lainnya biasanya sekitar setengah meter. Gambar jenis ini dapat dilihat pada gambar 1

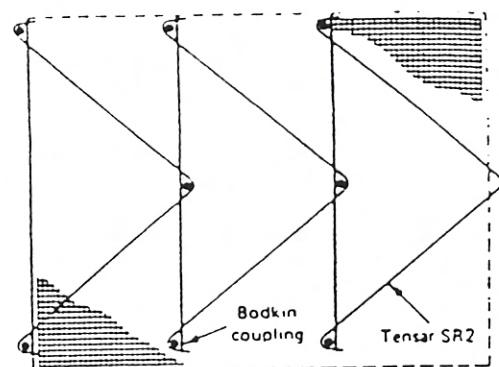


Gambar 1.
Aggregate wrapped mattress yang dibungkus dengan geotextile

Tipe yang kedua, yaitu cellular mattress yang dibuat dari gabungan geogrids dan ini memberikan kekakuan yang lebih tinggi. Cellular ini pada umumnya berkedalaman satu meter dan di isi dengan bahan berbutir. Penggunaan tipe ini sangat cocok untuk keadaan dimana ketebalan lapisan tanah lembek ialah relatif kecil terhadap lebar timbunan.

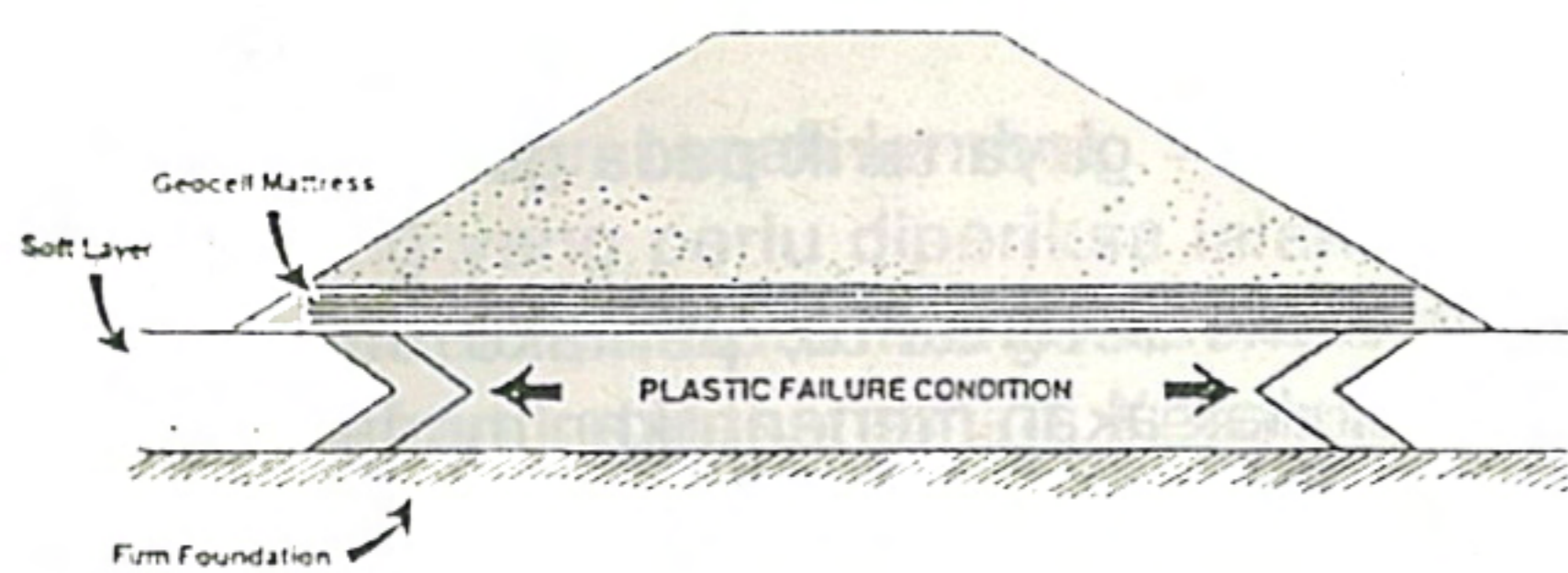


(a)



(b)

Gambar 2. Bentuk tipikal cellular mattress



Gambar. 3 Cellular mattress yang diletakan diatas tanah lembek

Cellular mattress digunakan pada dasar dari timbunan diatas tanah lembek, yang mempunyai sifat - sifat sebagai berikut :

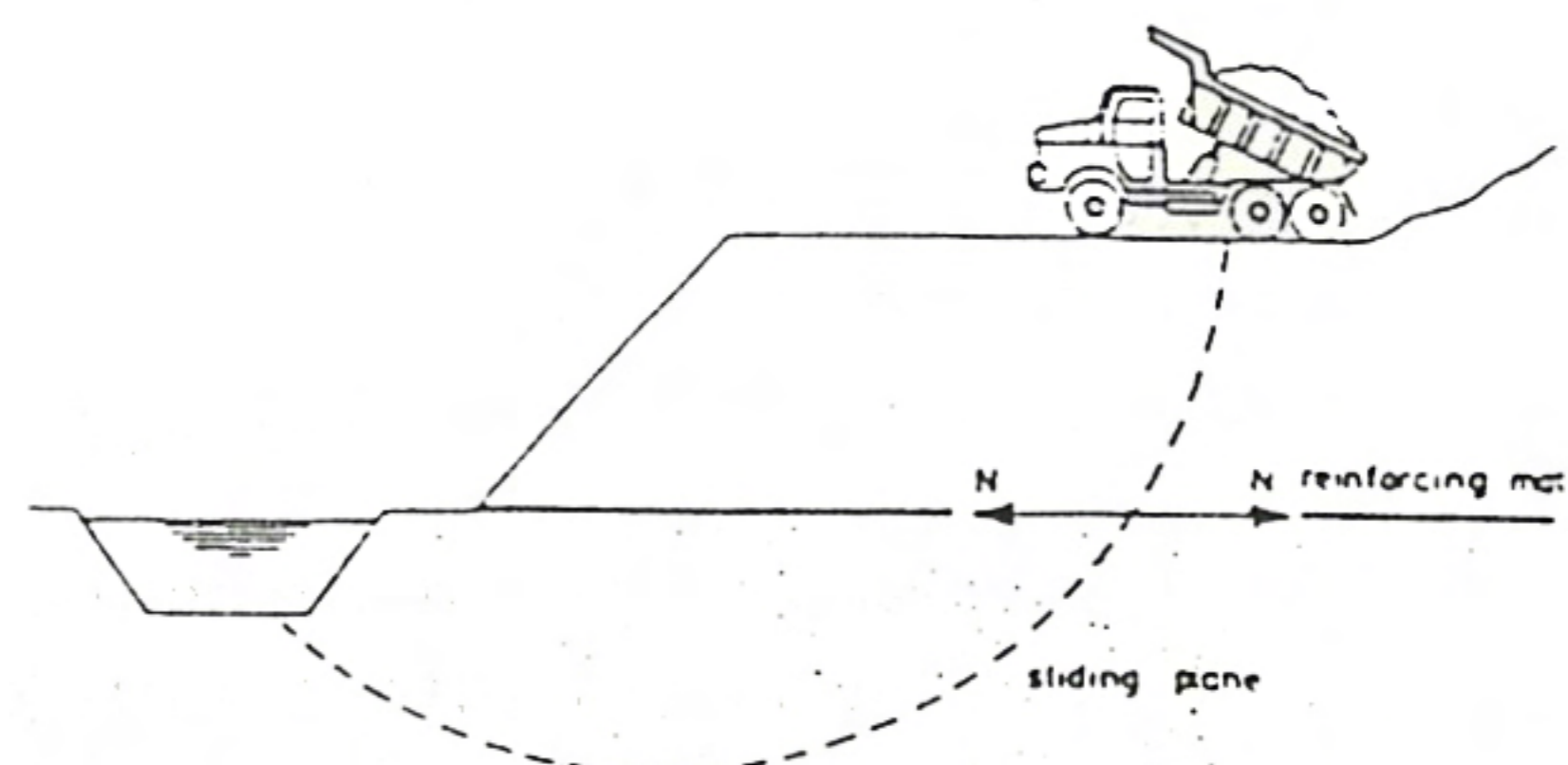
1. Merupakan rantai kerja yang kaku untuk menjamin keseragaman distribusi beban pada lapisan tanah lembek.
2. Mempunyai tegangan tarik, guna mencegah tegangan retak yang menerus pada timbunan dan juga untuk menjamin peningkatan kekuatan geser undrain dari tanah lunak tersebut.
3. Mempunyai bidang permukaan yang kasar antara bahan timbunan berbutir dengan bahan tanah lembek.

Karakteristik-karakteristik tersebut mempunyai pengaruh pada perubahan arah dari tegangan utama dan bidang longsor yang melalui mattress, sehingga bidang keruntuhan hampir mendekati vertikal pada perpotongan antara lapisan geotextile dan lapisan tanah lembek. Hal ini mengurangi keruntuhan gelincir (slip circle failure) dan daya dukung tanah lembek menjadi kriteria utama pada perencanaan.

Tipe yang ketiga, yaitu perkuatan dasar pada timbunan (base reinforcement to embankment) digunakan untuk membangun timbunan dengan aman diatas tanah lembek, dengan anggapan bahwa daya dukung dari lapisan tanah lembeknya cukup kuat untuk memikul beban timbunan tersebut.

Pada metoda yang paling sederhana, satu lapis geotextile/geogrid diletakan diatas tanah lembek, dan pada beberapa hal beberapa lapisan geotextile/geogrid diperlukan. Dalam keadaan dimana diperlukan beberapa lapisan geotextile/geogrid, suatu hal yang penting diperhatikan ialah bahwa lapisan-lapisan tersebut harus dipisahkan dengan bahan timbunan untuk mencegah terjadinya bidang yang lemah, dimana dua lapisan geotextile/

geogrid beradu satu sama lainnya. Tujuan utama dari pemasangan geotextile pada cara ini, ialah untuk memungkinkan pelaksanaan timbunan dengan cepat diatas tanah lunak. Sebagai akibatnya, perhitungan stabilitas timbunan harus didasarkan pada analisa tegangan total dan untuk geotextile nya harus didasarkan atas kekuatan temporeranya. Gambar 4 menunjukkan tipe ini.



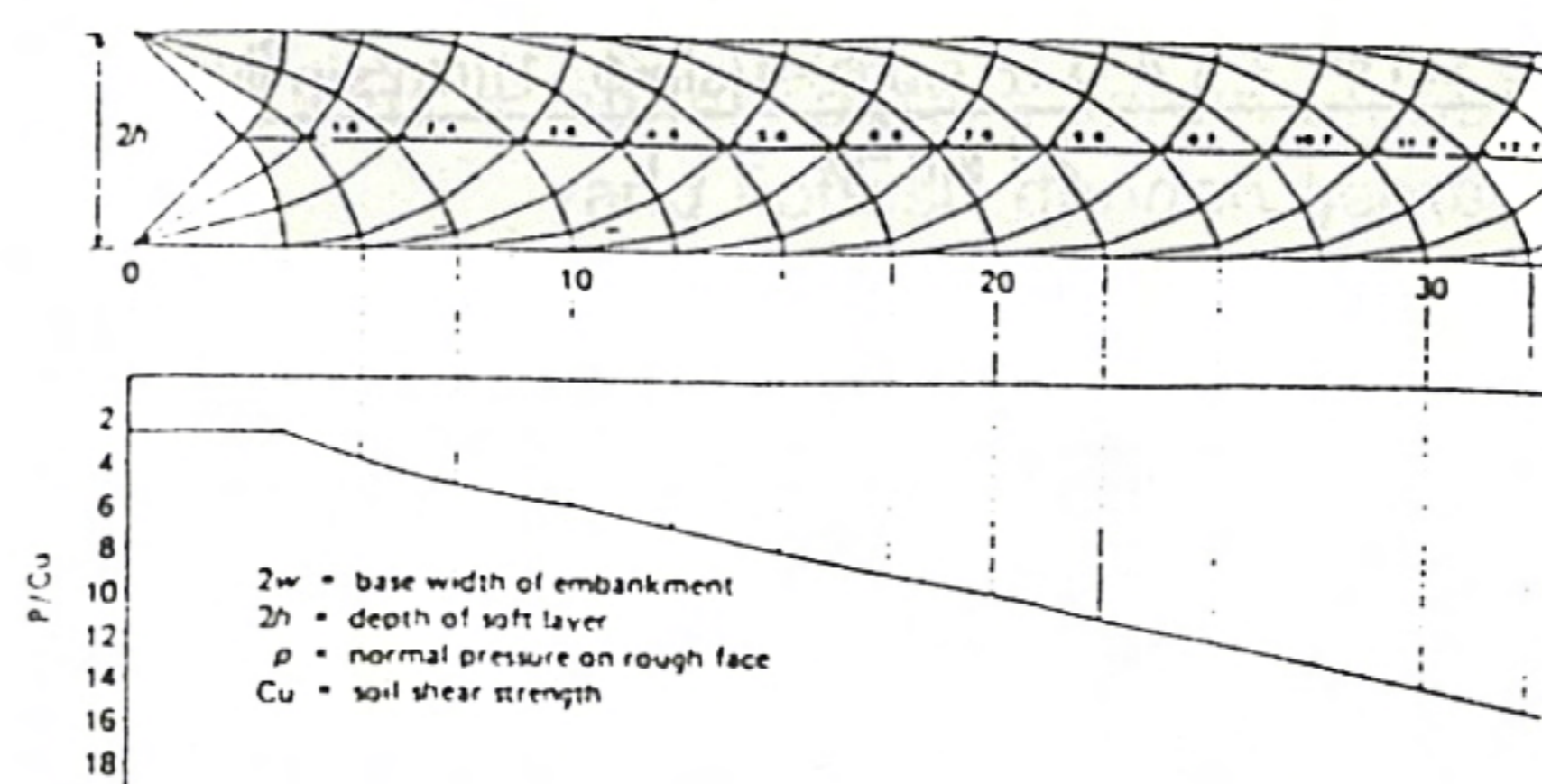
Gambar 4. Bentuk tipikal pemasangan geotextile didasar timbunan

III. Dasar dasar teori perencanaan

3.1 Dasar teori untuk mattress

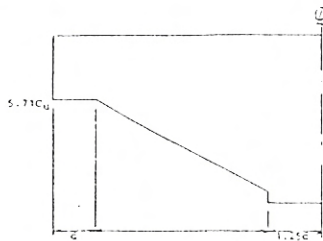
Teori ini didasarkan anggapan bahwa lapisan tanah lembek dianggap sebagai lapisan yang terletak antara dua lapisan kaku, yaitu mattress dan lapisan tanah keras dibawahnya, dan bisa juga sebagai " lapisan yang tertekan antara dua pelat yang sejajar, kasar dan kaku ". Penyelesaian terhadap masalah ini terutama mengenai tegangan, telah mengambil dan serupa dengan penyelesaian Prandtl, pada kaki dari timbunan.

Anggapan ini dibutuhkan untuk menghitung kondisi batas dibawah timbunan. Dengan menggunakan diagram seperti gambar 5 distribusi tegangan dibawah timbunan bisa diperkirakan seperti sebagai mana seperti terlihat pada gambar 6, dan dari sini kekuatan



Gambar 5. Diagram tegangan untuk lapisan yang tertekan antara timbunan yang kaku dan lapisan bawah yang juga kaku.

batas dari tanah lembek dapat dihitung. Agar keruntuhan daya dukung tidak terjadi pada lapisan tanah lembek, maka beban yang bekerja dari timbunan hendaknya lebih kecil dari kekuatan batas tanah lembek tersebut.



Gambar 6 Diagram tegangan dibawah timbunan

Tegangan pada lapisan antara mattress dan tanah lembek hendaknya ditest untuk menjamin bahwa geotextile cukup kuat untuk diisi bahan timbunan berbutir sehingga dengan demikian bisa dimanfaatkan untuk mencapai tegangan geser maksimal pada lapisan tanah lembek dibawahnya.

Tegangan horizontal pada lapisan permukaan bisa dievaluasi dari rumus sebagai berikut :

$$\sigma_h = \sigma_n - 2x$$

dimana,

σ_n = tegangan normal maximum pada permukaan tanah lembek

x = tegangan yang tergantung pada kekuatan bahan timbunan (sudut geser dalam) dan tegangan geser batas dari lapisan tanah lembek pada kondisi undrain, yang dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$x = \frac{2 \sigma \sin \phi' + [4 \sigma n^2 \sin^4 \phi' - 4(\sin^2 \phi' - 1)(\sigma n^2 \sin^2 \phi' \tau)]^{1/2}}{2(\sin^2 \phi' - 1)}$$

Tegangan utama diperhitungkan akan memutar keseluruhan mattress sehingga tegangan yang didapat didalam geotextile akan berkurang, menuju bagian atas mattress. Akan tetapi tegangan itu dapat dianggap konstan meliputi keseluruhan mattress dan tegangan horizontal ditahan oleh kekuatan tarik dari geogrid. Jadi untuk ketebalan satu meter mattress ; $\sigma_h = T$

dimana T = gaya tarik pada geogrids

Pada kondisi tertentu, perilaku dari lapisan tanah lunak akan menentukan model keruntuhan. Akibat timbunan, lapisan tanah lunak akan bergeser keluar dari bawah timbunan, dan timbunan akhirnya akan menjadi stabil. Bila beban luar naik bidang tegangan pada tanah lunak akan menjadi luas, selanjutnya diagram tegangan akan bergerak kedalam dan bagian yang kaku akan berkurang, sampai bidang tegangan yang simetris bertemu ditengah-tengah dibawah timbunan saat lapisan tanah lembek mencapai kondisi plastisnya.

Ketika diagram tegangan bergerak kedalam, maka tanah didalam lapisan tanah lembek bergerak keluar dalam jumlah yang cukup besar, dibandingkan dengan pergerakan tanah lembek pada bagian yang kontak dengan lapisan tanah keras dibawahnya maupun yang kotak dengan geocell.

Kondisi tegangan pada bidang kontak yang kasar tetap tidak akan berubah walaupun deformasi terjadi pada bagian tanah lembek itu. Komulatif tegangan geser yang bekerja pada tanah akan menahan penurunan dari timbunan.

Timbunan yang stabil sebagai suatu kesatuan, akan meningkatkan diagram tegangan dan penurunan, yang mana hal ini akan menyebabkan kondisi plastis yang akan memudahkan pencapaian keseimbangan yang baru.

Dalam keseimbangan, tanah lembek akan berkonsolidasi dan kekuatan gesernya akan meningkat, yang menyebabkan naiknya stabilitas keseluruhan dari bangunan tersebut.

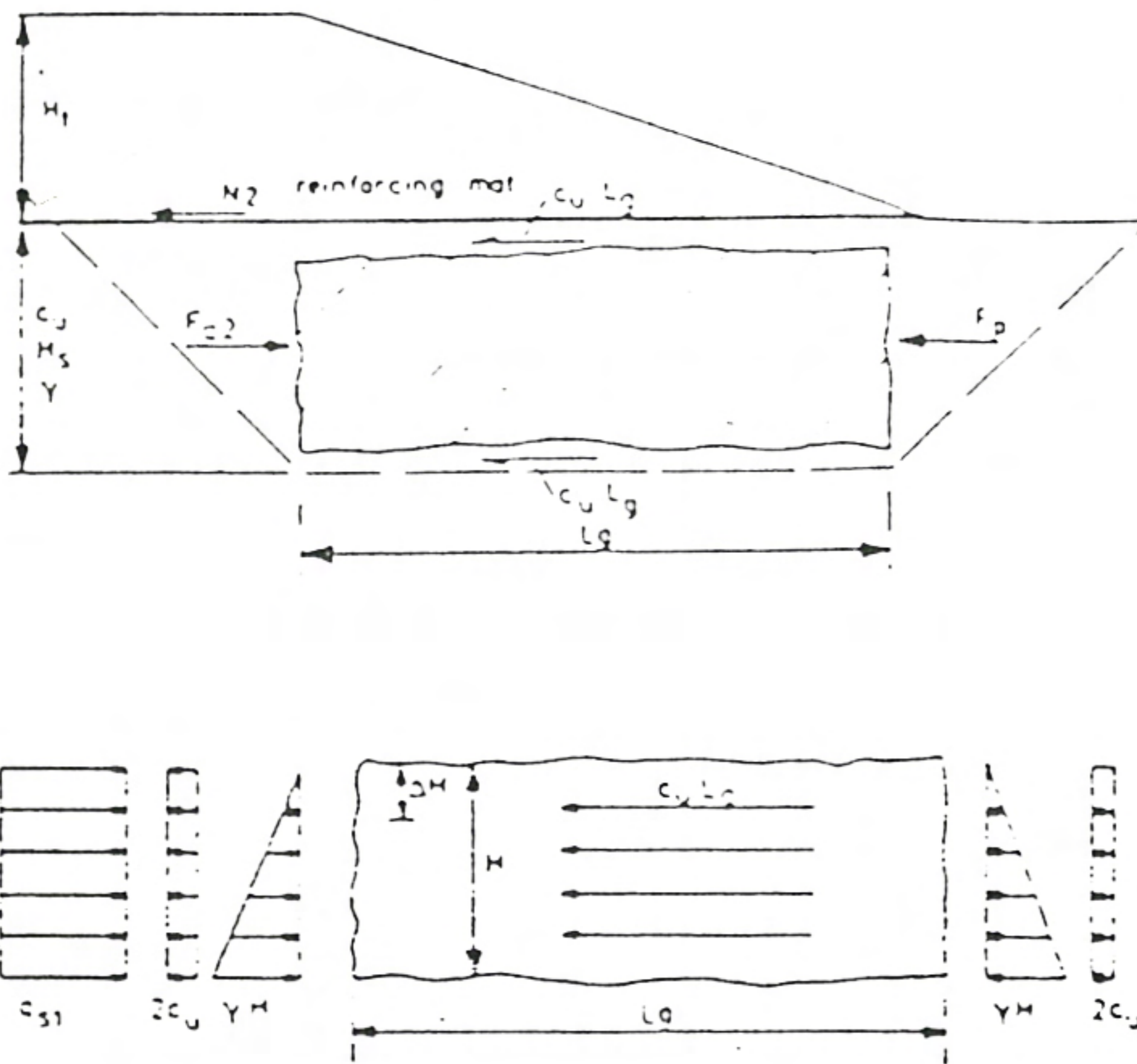
3.2 Dasar teori untuk base reinforcement (perkuatan dasar timbunan)

Berikut ini diuraikan secara detail kestabilan yang diperlukan pada kontruksi tersebut, yaitu:

1. Kestabilan tanah lembeknya
2. Kestabilan didalam perkuatan itu sendiri (internal stability)
 - a. kekuatan geotextile / geogrid
 - b. Ketahanan terhadap gelincir
3. Kestabilan tanah keseluruhan

3.2.1 Kestabilan tanah lembek

Hal penting yang perlu diperiksa ialah bahwa tanah lembeknya tidak bergeser keluar dan menyebabkan ketidakstabilan. Keseimbangan dari daerah yang diarsir pada gambar 7 harus diperhitungkan, dimana daerah tersebut dibatasi oleh kaki dan bagian atas timbunan dan selanjutnya perhitungan harus dilakukan secara berurutan.. Dari Gambar 7 didapat, tekanan tanah aktif F_a , serta tekanan tanah pasif F_p sebagai berikut :



Gambar 7. Keseimbangan dalam dari daerah yang tergeser

$$F_a = 0,5 \gamma H_s^2 - 2 C_u H_s + q_{s1} H_s$$

$$F_p = 0,5 \gamma H_s^2 + 2 C_u H_s + q_{s2} H_s$$

dimana

- g = berat isi dari tanah lembek
- H_s = ketebalan lapisan tanah lembek
- C_u = kekuatan geser tanah lembek (undrain)
- q_{s1} = beban luar pada bahu timbunan
- q_{s2} = tekanan beban luar di kaki timbunan

Agar stabil maka :

$$a) \quad F_a < F_p + C_u L_g + N_2$$

$$< F_p + C_u L_g + L_g C_g f$$

dimana $C_g f$ ialah adhesi antara tanah lembek dan geotextile

$$b) \quad q_{s1} \Delta H - 4 C_u \Delta H < C_u L_g$$

Jika salah satu dari kedua persyaratan tersebut tidak bisa dipenuhi, maka harus digunakan pondasi mattress.

3.2.2. Internal stability (kestabilan dalam)

Dengan adanya geotextile, maka pada keseimbangan ini ada dua hal yang harus diperhitungkan.

a) Kekuatan dari geotextile

Geotextile harus mampu menahan gaya yang disebabkan oleh tekanan aktif (F_a) yang ada dalam timbunan.

sehingga

$$N_1 > 0,5 K_a \gamma H_f^2$$

dimana

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

γ = berat isi dari tanah timbunan

H_f = tinggi timbunan

b) Ketahanan terhadap gelincir

Tahanan geser antara tanah timbunan dan geotextile harus lebih besar dari tekanan aktif yang ada pada tanah timbunan, sehingga dengan demikian

$$F_a < 0,5 L_g H_f \gamma \text{ tg } \mu \text{ atau}$$

$$F_a < L_g C_g f$$

dimana

$\text{tg } \mu$ = koefisien gesekan antara material timbunan dengan geotextile

$C_g f$ = adhesi antara bahan timbunan yang kohesif dengan geotextile

3.2.3 Kestabilan keseluruhan

Perhitungan kestabilan keseluruhan pada kasus ini, dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i \text{ tg } \phi + C_u \cdot \Delta l_i) \cdot R + \sum_{i=1}^m T_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot \sin \theta_i) \cdot R}$$

dimana

- N_i = $W_i \cos \theta_i$
- W_i = berat dari potongan/pias
- θ_i = sudut perpotongan antara garis horizontal dan garis singgung ditengah potongan penampang
- R = jari jari dari bidang keruntuhan
- C_u, ϕ_u = parameter kekuatan tegangan total tanah
- T_i = kekuatan rencana geotextile
- Y_i = lengan momen untuk geotextile
- n = jumlah potongan / pias
- m = jumlah lapisan geotextile
- Δl_i = panjang lengkung dari potongan.

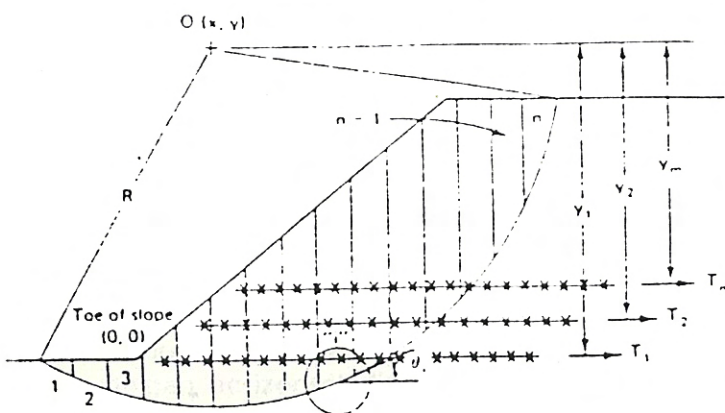
Bilamana hanya digunakan satu lapis geotextile pada bagian bawah dari timbunan, biasanya sudah lazim untuk memasang geotextile tersebut meliputi seluruh lebar dari timbunan. Dikarenakan hal tersebut, anker dari geotextile tidak menjadi persoalan lagi. Bila geotextile yang dipasang lebih dari satu lapis maka akan lebih menguntungkan bila perkuatan geotextile tersebut hanya dipasang pada daerah yang dipengaruhi oleh keruntuhan tersebut, lihat gambar 8.

Panjang minimum anker geotextile yang diperlukan ialah sebagai berikut :

$$L_a = \frac{T}{\gamma \cdot H_f \cdot \text{tg} \mu + C_g} \text{ atau } L_a = \frac{T}{C_{gf} + C_g}$$

dimana

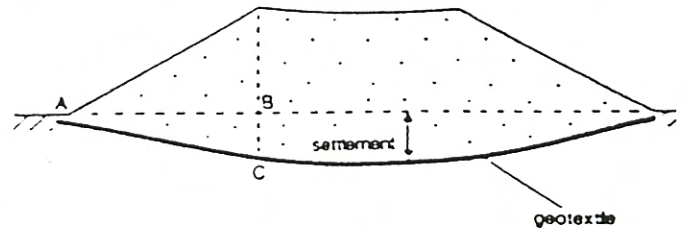
- T = gaya tarik pada geotextile
- γ = berat isi dari tanah timbunan
- $\text{tg} \mu$ = koefisien gesek antara timbunan dan geotextile



Gambar 8. Skema panjang pemasangan geotextile yang lebih dari satu lapis

- C_g = adhesi antara geotextile dan tanah lembek
- C_{gf} = adhesi antara tanah timbunan kohesif dan geotextile

Hal lain yang perlu diperhatikan pada perencanaan ialah karakteristik tegangan - regangan dari geotextile, sebab gaya yang diakibatkan oleh bidang keruntuhan akan menyebabkan naiknya regangan di tanah lembek, seperti terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Regangan pada geotextile yang disebabkan oleh penurunan

Perkiraan dari penurunan maksimum yang menyebabkan regangan, bisa diperoleh dengan menganggap harga maksimum lendutan terjadi pada tengah tengah timbunan, dan penurunan yang nilainya nol terdapat dibagian kaki timbunan, sehingga regangan geotextile dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$\epsilon = \frac{AC - AB}{AB}$$

Sedangkan beban yang bekerja pada geotextile sendiri, dapat diperoleh dari kurva regangan dan tegangannya. Jadi gaya yang harus dipikul oleh geotextile adalah jumlah dari gaya yang diperlukan untuk kestabilan dan dari penurunan yang menyebabkan regangan pada geotextile.

Geotextile pada umumnya unisotropic, jadi sangat penting untuk memasang geotextile tersebut pada arah yang benar.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan pada perencanaan ialah fungsi geotextile sebagai lapisan filter dan lapisan pemisah.

IV. CONTOH PERHITUNGAN

Pada bagian ini disajikan contoh perhitungan timbunan dari suatu ruas jalan yang melewati tanah lembek, dengan ketebalan tanah lembeknya lima meter.

Sifat dari tanah lembeknya ialah sebagai berikut : $\gamma = 1,75 \text{ ton} / \text{m}^3$

$$C_u = 1,0 \text{ ton} / \text{m}^2$$

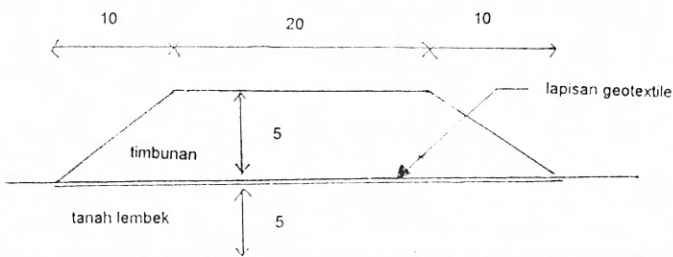
Tinggi timbunan lima meter, dengan kemiringan tebing 1 : 2 dengan bahan timbunan dari material berbutir.

Parameter dari tanah timbunan sendiri ialah :

$$\begin{aligned} \gamma &= 1,95 \text{ ton/m}^3 \\ C' &= 0 \\ \phi &= 38^\circ \end{aligned}$$

Untuk mempercepat pelaksanaan dan untuk meningkatkan kestabilan selama pelaksanaan tersebut, dua kemungkinan penanganan diusulkan, yaitu :

1. Penggunaan satu lapis geotextile didasar timbunan atau
2. Membuat cellular mattress pada tanah lembek tersebut.



Gambar 10. Penampang rencana timbunan

Yang diminta pada persoalan ini, ialah kemungkinan usulan yang bisa digunakan dan mutu geotextile yang diperlukan. Sifat interaksi antara geotextile dan tanah dasar

1. Antara timbunan dengan geotextile
 $\mu = \alpha \text{ tg} \phi'$, dianggap $\alpha = 0,82$
 nilai α tergantung pada jenis geotextile apakah non woven, woven atau grids.
 jadi $\mu = 0,82 \text{ tg } 38^\circ$
 $= 0,641$
 $\phi_{gf} = \text{tg}^{-1}(\mu) = 33^\circ$

2. Antara tanah lembek dengan geotextile.
 $m = 2/3 \text{ Cu} = 2/3 \cdot 1 = 0,67 \text{ t/m}^2$

Analisa untuk satu base reinforcement.

Kestabilan tanah dasar

Tekanan gaya aktif

$$\begin{aligned} F_a &= 0,5 \gamma H_s^2 - 2 C_u H_s + q_s 1 H_s \\ &= 0,5 \times 1,75 \times 5^2 - 2 \times 1 \times 5 + 1,95 \times 5 \times 5 \\ &= 60,625 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Tekanan gaya pasif

$$\begin{aligned} F_p &= 0,5 \gamma H_s^2 + 2 C_u H_s + q_s 2 H_s \\ &= 0,5 \times 1,75 \times 5^2 + 2 \times 1 \times 5 + 0 \times 5 \\ &= 31,875 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan kestabilan

$$\begin{aligned} F_a &< F_p + C_u L_g + L_g C_{gf} \\ 60,625 &< 31,875 + 1 \times 10 + 10 \times 0,67 \\ 60,625 &< 48,575, \text{ tidak benar} \end{aligned}$$

Jadi ini tidak bisa diterima.

Kestabilan dalam dari bergesernya lapisan tanah lembek.

$$\begin{aligned} q_s 1 \cdot \Delta H - 4 C_u \Delta H &< C_u L_g \\ 1,95 \times 5 \times \Delta H - 4 \times 1 \times \Delta H &< 1,0 \times 10 \\ \Delta H &< 1,74 \text{ m} \end{aligned}$$

Yang ada sekarang $H = 5 \text{ m}$, seharusnya lebih kecil dari 1.74 m

Jadi ini juga tidak bisa diterima.

Dengan demikian, usulan pemasangan geotextile satu lapis tidak bisa diterima.

Analisa untuk teotextile mattress.

Daya dukung

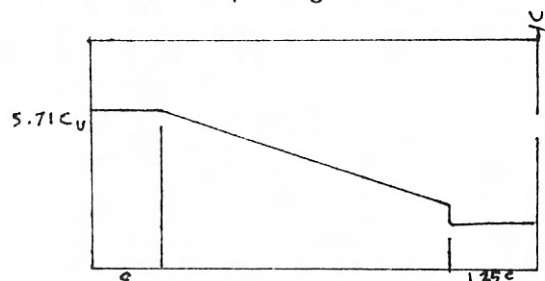
$$\text{Lebar timbunan} = 40 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar mattress geocell} &= \text{lebar timbunan} - 6 \text{ m} \\ &= 34 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan lebar geocell terhadap tebal la-} \\ \text{pisan tanah lembek} &= 34/5 = 6,8 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari gambar diagram tegangan, nilai $P/2C_u$ pada ujung dari bagian yang kaku ialah 4,2; jadi nilai $P = 8,4 C_u$.

Distribusi diagram tegangan dibawah setengah timbunan terlihat pada gambar 11.



Gambar 11, distribusi tegangan dibawah timbunan

Beban dari setengah timbunan

$$P_L = \frac{20 + 10}{2} \times 5 \times 1,95 = 146,25 \text{ t/m}$$

Beban yang menyebabkan keruntuhan dari timbunan

$$\begin{aligned} P_F &= (5,71 \times 1 \times 5) + \left(\frac{8,4 + 5,71}{2} \times 8,75 \times 1 \right) + (1 \times 9,4 \times 6,25) \\ &= 149,03 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Beban keruntuhan plastis > dari beban timbunan, jadi usulan penyelesaian mattress bisa dilaksanakan, dengan angka keamanan

sedikit lebih besar dari satu.

Nilai X, dapat dihitung seperti rumus yang diberikan di muka, dimana :

$$\begin{aligned}\tau &= C_u = 1 \text{ t } \rho \text{ m}^2 \\ \sigma_n &= 5 \times 1,95 = 9,75 \text{ t / m}^2 \\ \phi' &= 38 \text{ , untuk bahan geocell}\end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus untuk mencari " x " seperti yang diuraikan di depan, maka nilai " x " didapat sebagai berikut

$$x = - 15,56 \text{ dan } 3,64 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Jadi } h = 9,75 - 2 \times 3,64 = 2,47 \text{ t./m}^2$$

Jadi gunakan geocell dengan ketinggian satu meter yang kekuatannya 2,5 t/m.

Daftar Pustaka

1. Institution of Civil Engineering ; **Specification for the use of geotextile and related materials.**
2. John Blackie N.M.W; **Geotixtiles**, 1987
3. Jones C.J.P.F; **Earth reinforcement and soil structures**, Butterworth 1985
4. Koener. R.M. & Wels .J.P; **Contruction and geotechnical engineering using Synthetic Fabrics**, Wiley International , 1980
5. **Proceedings 3rd International Conference on Geotextiles**, Viena 1986
6. **Proceedings 1st International Conference on the use of fabrics in geotechnics**, Paris, 1977
7. Rankilor. P.R. , John Willey & Sons; **Membrance in ground engineering**, 1977
8. Short course on Design and Specification of Geotextile and Related Materials, TRRL and University of Strthclyde, Dept of Civil Engineering.

Penulis :

Furqon Affandi, dilahirkan di Garut, Jawa Barat Menyelesaikan pendidikan S1 teknik sipil di I.T.B. tahun 1974 dan pasca Sarjana jalan raya di I.T.B. 1976. Menyelesaikan pendidikan Master of Highway Engineering di Strathclyde University, Glasgow, Inggris tahun 1993. Sekarang bekerja sebagai Peneliti di Pusat Litbang Jalan sejak tahun 1981.