

**APLIKASI GEOCOMPOSITE PADA PENANGULANGAN LONGSOR LERENG JALAN
LABUAN-MALIGANO DI PULAU BUTON**

Darwis Panguriseng^{1*} dan Syahrul Sariman²

¹Guru Besar Universitas Muhammadiyah Makassar

²Lektor Kepala Universitas Bosowa Makassar

Email: darwispanguriseng@unismuh.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan material geosynthetics sebagai bahan perkuatan tanah, terutama untuk peningkatan daya dukung dan kuat geser tanah sudah cukup akrab dalam praktik berbagai jenis konstruksi. Pemilihan jenis material geosynthetics sangat tergantung pada peruntukan tindakan perkuatan tanah yang dilakukan. Penerapan Geocomposite adalah suatu metode penggabungan beberapa jenis material geosynthetics untuk menyusun suatu system perkuatan, sehingga akan dihasilkan suatu struktur konstruksi yang lebih efektif (kuat dan efisien). Komposisi perkuatan geocomposite bisa terdiri atas beberapa alternatif; (1) gabungan antara material geotextile dengan geogrid, (2) gabungan antara geotextile dengan geogrid dan geomembrane, (3) gabungan antara geobag dengan geotextile dan geogrid, (4) gabungan antara geogrid dengan geomembrane. Penggabungan bahan-bahan geosynthetics tersebut, masing-masing akan menghasilkan aksi composite yang akan memenuhi kebutuhan perkuatan tanah yang direncanakan, dengan masing-masing material dasarnya akan memberikan kontribusi sesuai spesifikasinya. Dalam penanggulangan longsor yang terjadi pada lereng, pemilihan komposisi geocompositenya harus disesuaikan dengan karakteristik dan tipe keruntuhan lereng yang terjadi. Pada penanggulangan keruntuhan lereng yang terjadi di ruas jalan Labuan – Maligano di Pulau Buton, dengan tipe longsor rotasi dangkal (*shallow rotation*) dengan tinggi lereng yang melebihi 5,00 m, penerapan Geocomposite dengan komposisi Geobag, Geogrid dan Geotextile cukup efektif.

Kata kunci: Geosynthetics, Geocomposite, Geobag, Geogrid, Geotextile, Geomembrane

Abstract

The use of geosynthetic materials as soil reinforcement materials, especially for increasing the bearing capacity and shear strength of the soil, is quite familiar in the practice of various types of construction. The choice of the type of geosynthetic material is very dependent on the designation of the soil reinforcement action carried out. The application of Geocomposite is a method of combining several types of geosynthetic materials to construct a reinforcement system, so that a more effective (strong and efficient) construction structure will be produced. The geocomposite reinforcement composition may consist of several alternatives; (1) a combination of geotextile material with geogrid, (2) a combination of geotextile with geogrid and geomembrane, (3) a combination of geobag with geotextile and geogrid, (4) a combination of geogrid and geomembrane. The combination of these geosynthetic materials will each produce a composite action that will meet the planned soil reinforcement needs, with each base material contributing according to its specifications. In dealing with landslides that occur on slopes, the selection of the geocomposite composition must be adjusted to the characteristics and types of slope failure that occur. In the management of slope failure that occurred on the Labuan - Maligano road section on Buton Island, with a shallow rotation type of landslide with a slope height exceeding 5.00 m, the application of Geocomposite with the composition of Geobag, Geogrid and Geotextile is quite effective.

Keywords: Geosynthetics, Geocomposite, Geobag, Geogrid, Geotextile, Geomembrane.

1. Pendahuluan

Perkuatan tanah merupakan salah satu metode atau teknik konstruksi yang tertua diterapkan oleh umat manusia. Tembok China (*Great Wall of China*) yang dibangun selama kurang lebih 500 tahun (722 SM – 221 SM), ketika segmen yang melalui lahan rawa (*low land*) pondasi dinding diperkuat dengan ranting-ranting pohon *konifer* yang dicampur dengan rerumputan tertentu (Darwis, 2001). Demikian pula ketika bangsa Romawi membangun *Via publica* (jalan raya) yang pertama yaitu *Via Appia* (Jalan Appia), yang menghubungkan kota Roma dengan Brundisium (Brindisi) sebuah kota pelabuhan yang menjadi gerbang di wilayah timur Roma. Beberapa ruas jalan ini yang melalui kawasan *low land* menggunakan ranting-ranting cemara sebagai perkuatan lapisan tanah dasar jalan (subgrade). Penamaan Jalan Appia diambil dari *Appius Claudius Caecus*, yaitu nama pejabat Romawi yang memulai pembangunan jalan tersebut pada sekitar tahun 312 SM.

Penggunaan ranting kayu sebagai perkuatan konstruksi pada zaman dahulu hanya didasarkan pada intuisi para ahli bangunan kuno, dan belum menggunakan teori apalagi dalam bentuk formula-formula matematis, baik dalam mendimensi maupun dalam menganalisis keandalan perkuatan tersebut.

Orang pertama yang memperkenalkan konsep analisis perkuatan tanah secara ilmiah adalah Henry Vidal pada tahun 1968, seorang ahli Teknik sipil berbangsa Prancis dalam sebuah teori yang disebut Teori *Reinforcement Earth*. Konsep dasar perkuatan tanah dari Henry Vidal adalah bahwa suatu material gabungan (*composite*) yang dibentuk dari perkuatan berbentuk lembaran yang diletakkan horizontal pada tanah berbutir. Interaksi yang terjadi antara tanah dengan perkuatan diperoleh melalui gesekan yang terjadi akibat beban gravitasi. Penemuan Henry Vidal ini didasari oleh pengalaman sederhana melihat dua orang anaknya yang bermain perang-perangan dengan saling lempar pasir di pinggir pantai. Lalu salah seorang anaknya membuat tumpukan pasir sebagai benteng perlindungan dirinya. Akan tetapi karena pasir pantai yang ada tidak bisa ditumpuk tinggi untuk melindungi seluruh tubuhnya, maka dia mengambil daun kayu disekitarnya yang dihampar di atas tumpukan pasir lalu ditambahkan lagi tumpukan pasir, sehingga ketinggian tanggulnya dapat bertambah. Cara ini dilakukan berulang sampai beberapa lapis, hingga tanggul pertahanan anak tersebut dapat melindungi seluruh tubuhnya dari lemparan pasir dari adiknya. Henry Vidal yang menyaksikan aksi permainan kedua anaknya sejenak terkesimak, lalu menyimpulkan bahwa eksistensi lembaran daun di antara lapisan pasir ternyata dapat memperkuat lapisan pasir tersebut, sehingga tumpukannya bisa dibuat anak tersebut yang lebih tinggi. Dari kesimpulan itulah Henri Vidal mulai memikirkan rumusan aksi composite antara lapisan tanah dengan material sisipan sebagai bahan perkuatan. Perumusan formula Henri Vidal disebut dengan *Reinforcement Earth Theory*. Teorinya ini menjelaskan tentang interaksi mekanis yang terbentuk dari pengaruh perkuatan tanah dengan adanya gaya friksi (*shear stresses*) sepanjang logam aluminium yang membentuk zona perkuatan di dalam lapisan tanah. Akibat aksi composite antara tanah dengan material perkuatan dapat meningkatkan daya dukung tanah sebesar 3 sampai 4 kali lipat dibandingkan tanah tanpa perkuatan.

2. Material dan Metode

Darwis (2017), menyatakan bahwa perkuatan tanah (*soil reinforcement*) adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut. Selanjutnya material lapisan tanah yang terbentuk dari hasil tindakan perkuatan tanah disebut tanah perkuatan (*reinforced earth*). Tanah perkuatan adalah lapisan tanah yang telah diberikan material sisipan yang mampu membentuk suatu sistem yang dapat bekerja

sebagai satu kesatuan, sehingga kemampuan dari sistem tersebut menjadi jauh lebih besar atau lebih optimal dari pada kemampuan awal dari lapisan tanah tersebut.

2.1. Material Perkuatan Tanah

Henry Vidal sebagai penemu teori perkuatan tanah, pertama kali menggunakan material lembaran logam aluminium (*metal strip*) sebagai material perkuatan yang bersifat lentur (*flexible inclusion*). Dalam perkembangannya teknologi perkuatan tanah menggunakan material lentur yang lainnya seperti bahan tekstil, plastik, karet, dan lain sebagainya.

Dewasa ini dalam penerapan perkuatan tanah material yang biasa dipergunakan disesuaikan dengan tujuan yang hendak dicapai. Di antara material perkuatan yang banyak dipergunakan antara lain (Darwis, 2001):

- 1) *Metal Strip* ; yaitu bahan lempengan logam aluminium, yang banyak dipergunakan sebagai perkuatan tanah dasar (*bearing capacity reinforcement*).
- 2) *Geotextile* ; yaitu bahan lulus air yang terbuat dari benang-benang atau serat-serat sintetis, dengan anyaman (*woven*) atau tanpa anyaman (*non-woven*).
- 3) *Geobag* ; adalah suatu jenis *geotextile* yang dijahit membentuk karung yang diisi dengan pasir/tanah dalam aplikasinya. Geobag selama ini terutama digunakan di daerah pantai untuk melindungi pantai dari erosi air laut. Geobag dapat terbuat dari bahan *woven geotextile* atau *non-woven geotextile* tergantung tujuan aplikasinya.
- 4) *Geogrid* ; adalah jenis geosintetis yang terbuat dari bahan *Polyester* atau *High Density Polyethylene* (HDPE), dengan anyaman berbentuk lubang-lubang segi empat (*grid*) atau lubang berbentuk jaring (*net*).
- 5) *Geomembrane* ; adalah jenis geosintetis yang bersifat impermeable atau tidak tembus air, biasanya dibuat dari bahan *High Density Polyethylene* (HDPE).

Bahan *Geotextile*, *Geobag* dan *Geogrid* banyak dipergunakan sebagai tulangan tanah (*soil reinforcement*), baik untuk konstruksi dinding penahan tanah (*retaining wall reinforcement*) maupun untuk perkuatan tanah dasar (*bearing capacity reinforcement*). Sedangkan bahan *Geomembrane* digunakan sebagai pemisah (*separator*) pada konstruksi yang membutuhkan lapisan kedap air, dan akhir-akhir ini diterapkan secara luas sebagai *cut-offs* pada bangunan kanal dan sebagai *liners* pada pembangunan beberapa jenis kolam.

Apabila bahan-bahan geosintetis di atas, diterapkan dengan menggabungkan lebih dari satu jenis material, maka sistem perkuatannya disebut *Geocomposite*.

Secara garis besar perkuatan tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan tujuan utama dari tindakan perkuatan, yakni (Darwis, 2017):

1. Perkuatan tanah dasar (*bearing capacity reinforcement*).
2. Perkuatan dinding penahan (*retaining wall reinforcement*)

2.2. Formasi Geocomposite

Sebagaimana telah diuraikan di atas, bahwa sistem geocomposite adalah penerapan perkuatan tanah dengan menggabungkan lebih dari satu jenis material geosintetis. Susunan dari komposisi geocomposite tergantung pada tujuan perkuatan tanah yang akan dibuat. Beberapa alternatif formasi geocomposite yang biasa diterapkan antara lain:

- 1) Composite dari geogrid dengan geotextile ; Formasi ini biasa dibuat untuk struktur bangunan tanah yang membutuhkan peningkatan daya dukung (q_u) dan/atau kuat geser (q_u) yang besar, sekaligus harus terjaga dari pengaliran partikel tanah (*quick soil*). Formasi ini dapat digunakan sebagai *bearing capacity reinforcement*, maupun sebagai *retaining*

walls reinforcement.

- 2) Composite dari geobag, geogrid dan geotextile; Formasi ini biasa dibuat untuk struktur bangunan tanah dengan lereng yang cukup tinggi, yang membutuhkan peningkatan daya dukung (q_u) dan/atau kuat geser (τ) yang besar, terhindar dari pengaliran partikel tanah (*quick soil*). Formasi semacam ini banyak digunakan sebagai *retaining walls reinforcement*, dengan tekanan aktif tanah yang cukup besar seperti pada talud pantai atau lereng jalan.
- 3) Composite dari geogrid, geotextile dan geomembrane; Formasi ini biasa dibuat untuk struktur bangunan tanah yang membutuhkan peningkatan daya dukung (q_u) dan/atau kuat geser (τ) yang besar, terhindar dari pengaliran partikel tanah (*quick soil*), dan juga membutuhkan lapisan kedap air yang dimaksudkan untuk mengeliminir aliran seepage pada lapisan tanah perkuatan. Formasi semacam ini banyak digunakan sebagai *retaining walls reinforcement*, dimana biasanya tanah perkuatan dihindarkan dari dampak aliran seepage dari lapisan tanah di luar zona tanah perkuatan yang dibuat.
- 4) Composite dari geogrid dengan geomembrane; Formasi ini biasa dibuat untuk struktur bangunan tanah yang membutuhkan peningkatan daya dukung (q_u) dan/atau kuat geser (τ) yang besar, sekaligus sebagai upaya untuk menghindarkan zona tanah perkuatan secara keseluruhan menjadi kedap air. Formasi semacam ini banyak digunakan sebagai *retaining walls reinforcement*, terutama apabila curah hujan pada lokasi tersebut cukup tinggi, sehingga infiltrasi air hujan sangat mengkhawatirkan akan mendistorsi kekuatan tanah secara signifikan.

Penggunaan *metal strip* dalam geocomposite hampir tidak pernah ditemukan karena sejak berkembangnya material geosintetis material *metal strip* sudah tidak digunakan lagi sebagai bahan *retaining walls reinforcement*. Bahkan sebagai *bearing capacity reinforcement* bahan ini sudah jarang ditemukan sejak adanya material geosintetis, karena bahan geosintetis lebih murah dibandingkan bahan *metal strip*.

2.3. Metode Aplikasi Geocomposite Pada Perkuatan Lereng

Dalam tulisan ini membahas penerapan sistem geocomposite pada longsor lereng bawah ruas jalan Labuan – Maligano di Pulau Buton Sulawesi Tenggara. Lokasi longsor terjadi pada titik KM. 154.150.

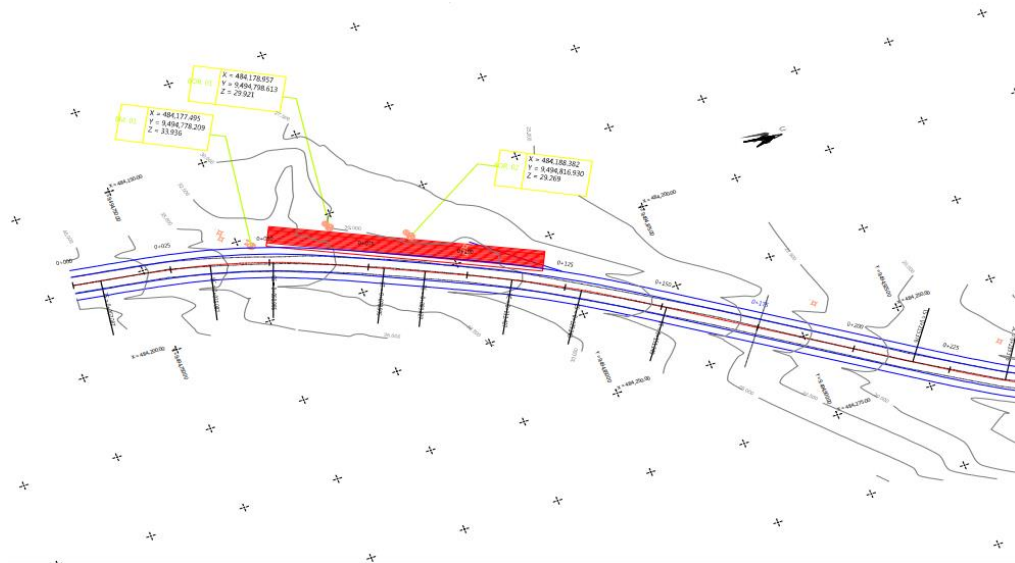
2.3.1. Diskripsi Kondisi Longsor & Topografi

Pada Longsor di station + 154.150 BB, terdapat 2 (dua) titik longsor yang tipenya sama yakni longsor rotasi dan sebagian amblesan, dengan kemiringan longsor ini sekitar 20° sampai 30° . Panjang longsor bawah yang membutuhkan penanganan adalah sebagai berikut:

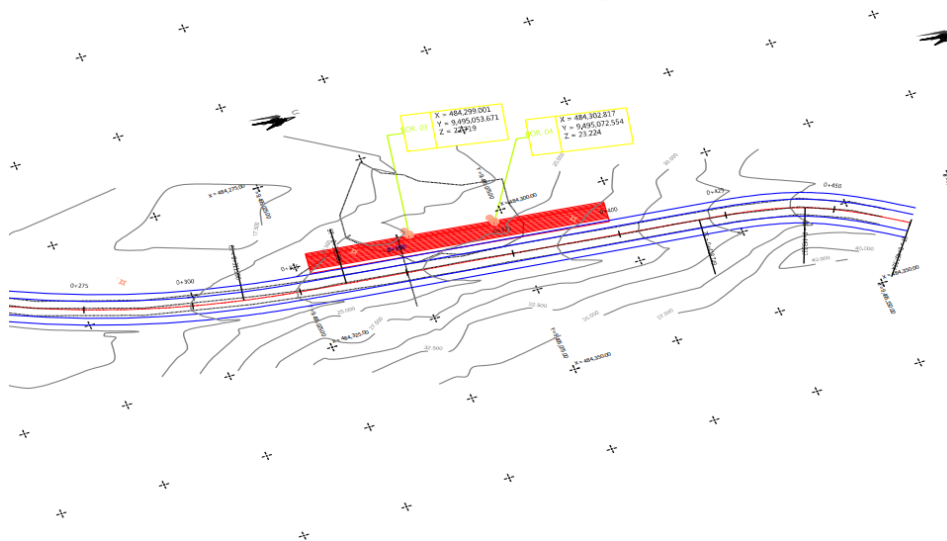
1. Longsor-1, dengan panjang longsor berkisar ± 70 meter.
2. Longsor-2, dengan panjang longsor berkisar ± 60 meter.

Berdasarkan penelitian lapangan dan kajian hasil soil investigasi, disimpulkan bahwa longsor pada kedua titik tersebut disebabkan oleh dua faktor, yakni:

- 1) Terdapat aliran air tanah (*seepage*) yang cukup besar pada saat musim hujan, oleh karena sistem drainase jalan yang belum ada.
- 2) Material subgrade jalan dan bahu jalan didominasi oleh material batuan koral bercampur tanah kapur, yang menyebabkan lapisan tersebut bersifat sangat porous.



Gambar 1. Situasi & Kontur Longoran-1 pada Station 154.150 BB



Gambar 2. Situasi & Kontur Longoran-2 pada Station 154.150 BB

2.3.2. Data Geoteknik Longoran

Penyelidikan tanah yang dilakukan di lokasi longoran pada Station 58.400 BB, yang terdiri atas:

1. Pengujian Lapangan ; berupa pengeboran dan pengambilan sampel asli (undisturbed sample), yang menghasilkan *boring log*.
2. Pengujian Laboratorium ; berupa *soil properties test, unconfined compression, direct shear test*.

Dari hasil penyelidikan tanah yang dilaksanakan ditemukan beberapa indikator dan parameter lapisan tanah di lokasi tersebut.

a) Indikator Lapisan Longsor:

Dari diskripsi *boring log*, terindikasi beberapa hal, antara lain:

- 1) Secara global lapisan tanah di atas *bed rock* mengalami rotasi, dan diprediksi bahwa lapisan tanah tersebut akan selalu bergerak (longsor dan ambles) setiap mengalami peningkatan

kadar air (musim hujan).

- 2) Pergerakan longsor yang terjadi adalah merupakan pergerakan *sliding* (longsor) dalam bentuk rotasi dangkal (*shallow rotation*).
- 3) Kedalaman lapisan yang mengalami rotasi tersebut berkisar ± 3.50 sampai dengan ± 4.50 meter dihitung dari permukaan existing bahu jalan.

b) Parameter Tanah Dasar:

Hasil pengujian laboratorium terhadap tanah dasar yang diambil dari lokasi longsor, dilaporkan adalah sebagai berikut:

Data Longsor-1 ;

- 1) Soil Properties: $\gamma_{soil} = 1,80 \text{ ton/m}^3$; $\gamma_{sat} = 1,95 \text{ ton/m}^3$; $\gamma' = 1,28 \text{ ton/m}^3$
 $\eta = 42,55 \%$ (Loose); PI = 29,58 (Medium Plastis)
- 2) Strength Parameter: $c = 0,3996 \text{ ton/m}^2$; $\phi = 26^{\circ}11'$ = $26,18^{\circ}$

Data Longsor-2 ;

- 1) Soil Properties: $\gamma_{soil} = 1,80 \text{ ton/m}^3$; $\gamma_{sat} = 1,75 \text{ ton/m}^3$; $\gamma' = 1,26 \text{ ton/m}^3$
 $\eta = 51,53 \%$ (Loose); PI = 14,66 (Low Plastis)
- 2) Strength Parameter: $c = 0,0,1924 \text{ ton/m}^2$; $\phi = 26^{\circ}09'$ = $26,15^{\circ}$

3. Solusi Penanganan Longsor-1 & 2 pada Station 154.150 BB

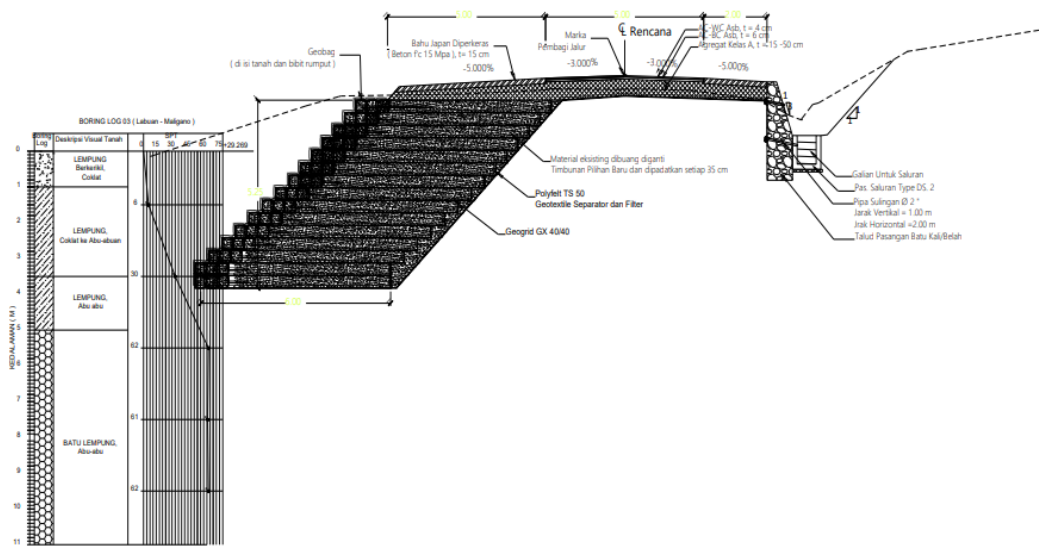
Ada beberapa faktor yang harus menjadi pertimbangan dalam perancangan dinding penahan tanah pada lokasi longsor ini, antara lain:

- 1) Struktur dinding penahan harus bertumpu pada lapisan tanah dasar yang stabil. Penempatan kaki (*base*) dinding penahan tidak diperkenankan berada pada media tanah yang mengalami *sliding* dan/atau rotasi.
- 2) Kondisi topografi lokasi longsor cukup landai, sehingga ketinggian struktur dinding penahan relatif kecil, dan space untuk membuat dinding penahan relatif memadai.
- 3) Kedalaman lapisan tanah stabil relatif dangkal, sehingga pelaksanaan pekerjaan penggalian tanah labil relatif dangkal dan mudah dilaksanakan.

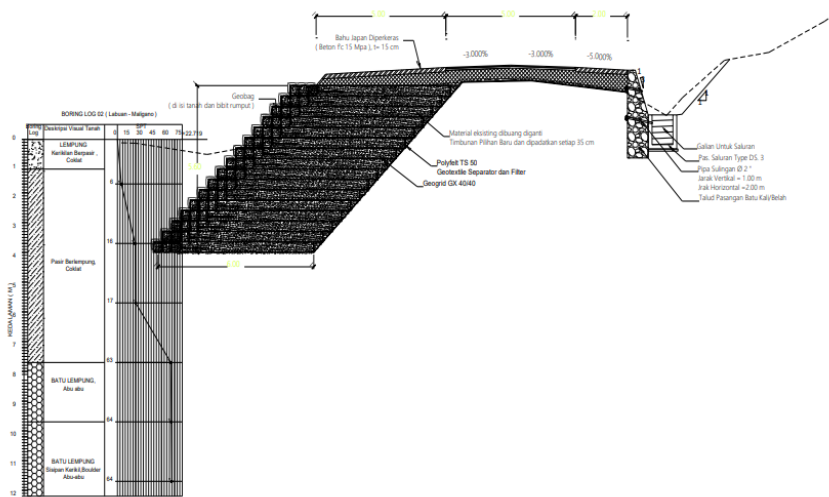
Selain penanganan dinding penahan tanah (*retaining walls*), pada longsor di lokasi ini penanganan aliran air limpasan (*run off*) sangat penting untuk menjadi perhatian. Oleh karena ini maka disain drainase jalan, maupun bangunan pelintas harus di desain secara cermat.

3.1. Alternatif Tipe Dinding Penahan

Dengan mempertimbangkan berbagai aspek topografi dan parameter geoteknik yang telah diuraikan di atas, maka alternatif untuk penanganan longsor pada kedua titik di lokasi ini, adalah Dinding Geocomposite (Geobag + Geogrid + Geotextile), dapat dilihat pada Sketsa Dinding Penahan Geocomposite Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Sketsa Dinding Geocomposite pada Longoran-1 di Station 154.150 BB

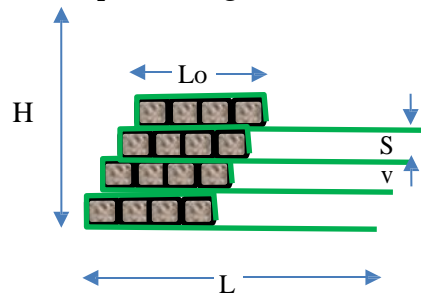


Gambar 4. Sketsa Dinding Geocomposite pada Longoran-2 di Station 154.150 BB

Alternatif penggunaan tipe dinding penahan ini, dapat menjamin bahwa dinding geocomposite memiliki bidang kontak yang panjang dan selalu bertumpu pada lapisan tanah stabil, yang tidak mengalami rotasi. Alternatif ini merupakan cara yang paling efektif untuk memberikan perlawanan terhadap pergerakan rotasi massa tanah yang mengalami longoran.

3.2. Disain Dinding Penahan Geocomposite pada Station 154.150 BB

A. Dinding Geocomposite Longoran-1:



Gambar 5. Skema Perkuatan Geocomposite

1) *Menghitung Panjang Total Geogrid (MX 40/40):*

Parameter Tanah:

- Berat volume basah tanah dasar (γ_1) = 1,95 ton/m³
- Berat volume kering tanah dasar (γ_2) = 1,28 ton/ m³
- Berat volume basah tanah backfill (γ_2) = 1,80 ton/m³
- Kohesi (c) = 3,99 t/m²
- Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 26°11' = 26,18°

Parameter Material & Lereng:

- Kuat Tarik Geogrid = 40 kN/m = 4,00 ton/m
- Sudut gesek tanah vs geogrid (δ_b) = 12°
- Tinggi lereng perkuatan (H) = 6,00 m
- Beban merata yang bekerja (q) = 1,10 ton/m² (Beban Hidup)

Maka panjang total geogrid (L) dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - 26,18^\circ/2)$$

$$K_a = \tan^2 31,91^\circ = 0,388$$

$$L = \frac{0,5 K_a(H \cdot \gamma_2 + q)}{\gamma_1 \tan \delta_b} = 5,37 \approx 6 \text{ m}$$

2) *Menghitung Panjang Lipatan Geogrid:*

Parameter Disain

- Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 26,18°
- Faktor keamanan (SF) = 3,00
- Kedalaman tulangan yang ditekuk ke tanah (z) = 0,25 m
- Koefisien gesek tanah dan geotextile (μ) = 0,5
- Jarak vertikal antar geotextile (Sv) = 0,5 m
- Berat volume tanah backfill (γ) = 1,80 ton/m³
- σ_{hc} = tekanan horisontal rata-rata pada lipatan (dihitung) Gaya horizontal per meter lebar pada dinding (ΔPh);

$$\Delta Ph = \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot S_v^2 \cdot K_a$$

$$\text{Yang mana: } K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) = \tan^2 (45^\circ - 26,18^\circ/2) = 0,388$$

$$L = \frac{0,5 K_a(H \cdot \gamma_2 + q)}{\gamma_1 \tan \delta_b} = \frac{0,5 \times 0,388(5,5 \times 1,8 + 1,1)}{1,95 \tan 12^\circ} = 5,37 \approx 6 \text{ m}$$

2) *Menghitung Panjang Lipatan Geogrid:*

Parameter Disain

- Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 26,18°
- Faktor keamanan (SF) = 3,00
- Kedalaman tulangan yang ditekuk ke tanah (z) = 0,25 m
- Koefisien gesek tanah dan geotextile (μ) = 0,5
- Jarak vertikal antar geotextile (Sv) = 0,5 m
- Berat volume tanah backfill (γ) = 1,80 ton/m³

Panguriseng, Darwis

- σ_{hc} = tekanan horisontal rata-rata pada lipatan (dihitung)

Gaya horizontal per meter lebar pada dinding (ΔPh) ;

$$\Delta Ph = \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot Sv^2 \cdot Ka$$

$$Ka = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) = 0,388$$

$$\Delta Ph = 0,174 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{hc} = \frac{\Delta Ph}{Sv \cdot L} = 0,349 \text{ t/m}$$

Maka panjang lipatan (L_o) geogrid didapat: $L_o = \frac{\sigma_{hc} \cdot Sv \cdot (SF)}{2 \cdot \mu \cdot \gamma} = 1,2 \text{ m} > 1 \text{ m}$
(memenuhi)

Kontrol Stabilitas Internal:

Menghitung faktor keamanan terhadap putus tulangan geogrid (SFr), adalah sebagai berikut ini:

- Kuat tarik ijin tulangan; geogrid (T_a) = 40 kN/m = 4,0 ton/m
(Miragrid® GX Geogrids GX 40/40)
- Gaya horizontal per meter lebar pada dinding (ΔPh) = 0,171 ton/m
 $SFr = T_a / (H \cdot \Delta Ph) = 3,89 > 2$ (memenuhi)

Selanjutnya faktor keamanan terhadap cabut tulangan geosintetis (SFp), dihitung sebagai berikut:

- Tegangan vertikal internal (σ_v) = $K_o \cdot \sigma_{hc}$ → Tanah Urug ; $K_o = 0,35$
 $\sigma_v = 0,122 \text{ ton/m}^2$
- Panjang efektif (L_e) = $L - L_o = 4,80 \text{ m}$

$$SFp = 2 \mu \sigma \vartheta L_e / \Delta Ph = 3,42 > 2,00 \text{ (memenuhi)}$$

4) Kontrol Stabilitas Eksternal:

Faktor keamanan dinding tanah bertulang terhadap penggeseran, dihitung sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sigma_{LH} \gamma_1 \tan \delta p}{0,5 H \gamma_2 \cdot Ka + q H \cdot Ka} = 3,2 > 2,00 \text{ (memenuhi)}$$

Faktor keamanan terhadap penggulingan, dihitung sebagai berikut:

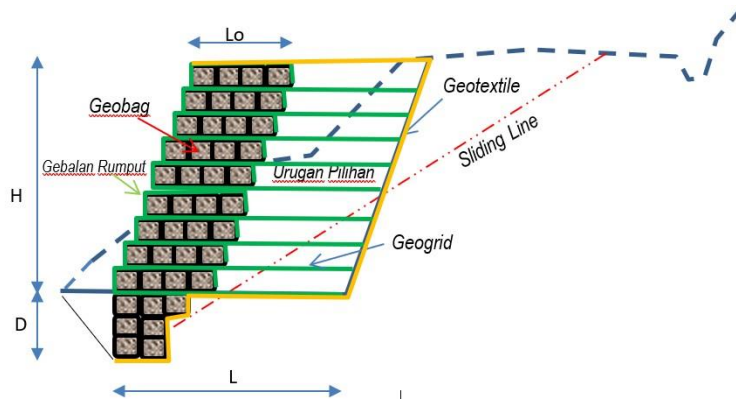
Jumlah momen perlawanan ;

$$\Sigma MR = H \cdot L \cdot \gamma_1 \times \frac{1}{2} L = 210,6 \text{ tm}$$

Jumlah momen penggulingan.

$$\begin{aligned} \Sigma MD &= \gamma_w \cdot H \times \frac{1}{2} H + \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot H \cdot Ka \times \frac{1}{3} H \\ &= \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 + \frac{1}{6} \cdot \gamma_2 \cdot H^2 \cdot Ka = 22,19 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Hasil Dimensi Dinding Geocomposite Longsoran-1 Pada Station 154.150 BB adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Dinding Geocomposite Longsoran-1

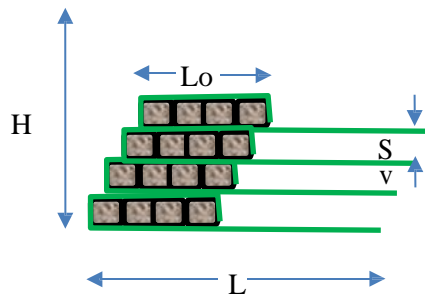
Tabel 1. Dimensi Dinding Geocomposite Longsoran-1

Parameter	Simbol	Dimensi	Satuan
Panjang Total	L	6,00	Meter
Panjang Lipatan	Lo	1,20	Meter
Tinggi Dinding	H	6,00	Meter
Kedalaman Kaki	D	1,20	Meter

Tabel 2. Jenis Bahan dan Spesifikasi

Jenis Bahan	Produk	Spesifikasi
Geobag	Geobag Nonwoven	Q-Sic
Geogrid	TenCate Miragrid® GX Geogrids	GX 40/40
Geotextile	Polyfelt® TS Nonwoven	Polyfelt PEC 50

B. Dinding Geocomposite Longsoran-2:



Gambar 7. Skema Perkuatan Geocomposite

1) Menghitung Panjang Total Geogrid (MX 40/40):

Parameter Tanah:

- Berat volume basah tanah dasar (γ_1) = 1,75 ton/m³
- Berat volume kering tanah dasar (γ_1) = 1,26 ton/m³
- Berat volume basah tanah backfill (γ_2) = 1,80 ton/m³

Panguriseng, Darwis

- Kohesi (c) = 0,1924 kg/cm² = 1,92 t/m²
- Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 26°09' = 26,15°

Parameter Material & Lereng:

- Kuat Tarik Geogrid = 40 kN/m = 4,00 ton/m
- Sudut gesek tanah vs geogrid (δ_b) = 12°
- Tinggi lereng perkuatan (H) = 5,50 m
- Beban merata yang bekerja (q) = 1,10 ton/m²

(Beban Hidup) Maka panjang total geogrid (L) dapat dihitung sebagai berikut:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) = 0,388$$

$$L = \frac{0,5 K_a (H \cdot \gamma_2 + q)}{\gamma_1 \cdot \tan \delta_b} = 5,737 \text{ dibuatkan } 6 \text{ m}$$

2) Menghitung Panjang Lipatan Geogrid:

Parameter Disain

- Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 26,15°
- Faktor keamanan (SF) = 3,00
- Kedalaman tulangan yang ditekuk ke tanah (z) = 0,25 m
- Koefisien gesek tanah dan geotextile (μ) = 0,5
- Jarak vertikal antar geotextile (Sv) = 0,5 m
- Berat volume tanah backfill (γ) = 1,80 ton/m³
- σ_{hc} = tekanan horisontal rata-rata pada lipatan (dihitung) Gaya horisontal per meter lebar pada dinding (ΔPh);
 $\Delta Ph = \frac{1}{2} \gamma_2 \cdot S_v^2 \cdot K_a$
 $K_a = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) = 0,388$
 $\Delta Ph = 0,174 \text{ ton/m}^2$
 $\sigma_{hc} = \frac{\Delta Ph}{S_v \cdot L} = 0,349 \text{ t/m}$

Maka panjang lipatan (Lo) geogrid didapat: $L_o = \frac{\sigma_{hc} S_v (SF)}{2 \mu z \gamma} = 1,2 \text{ m} > 1 \text{ m}$ (memenuhi)

3) Kontrol Stabilitas Internal:

Menghitung faktor keamanan terhadap putus tulangan geogrid (SFr), adalah sebagai berikut ini:

- Kuat tarik ijin tulangan; geogrid (Ta) = 40 kN/m = 4,0 ton / m'
(Miragrid® GX Geogrids GX 40/40)

- Gaya horisontal per meter lebar pada dinding (σ_{Ph}) = 0,171 ton/m

Selanjutnya faktor keamanan terhadap cabut tulangan geosintetis (SFp), dihitung sebagai berikut:

- Tegangan vertikal internal (σ_v) = $K_o \cdot \sigma_{hc}$ → Tanah Urug; $K_o = 0,35$
 $\sigma_v = 0,35 \times 0,349 = 0,122 \text{ ton/m}^2$

- Panjang efektif (Le) = L - Lo = 4,80 m,
 $SFr = T_a / (H \cdot \Delta Ph) = 3,42 > 2$ (memenuhi)

4) *Kontrol Stabilitas Eksternal:*

Faktor keamanan dinding tanah bertulang terhadap penggeseran, dihitung sebagai berikut:

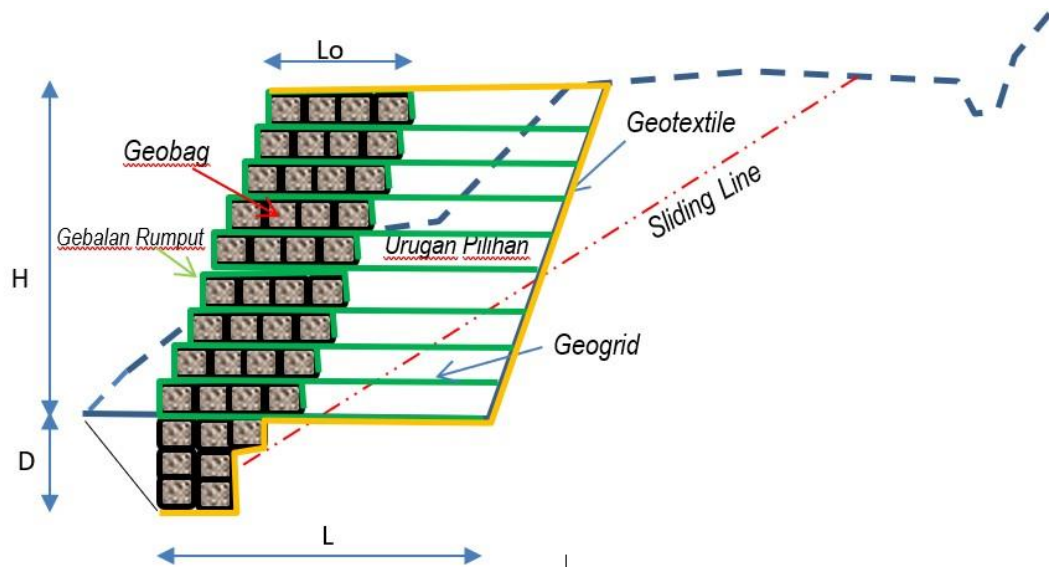
$$SF = \frac{\sigma LH\gamma_1 \tan \delta p}{0,5 H\gamma_2.Ka+q H.Ka} = 2,88 > 2,00 \text{ (memenuhi)}$$

Faktor keamanan terhadap penggulingan, dihitung sebagai berikut:

$$\text{Jumlah momen perlawanan ; } \Sigma MR = H.L.\gamma_1 \times \frac{1}{2} L = 173,25 \text{ t.m}$$

Jumlah momen penggulingan $\Sigma MD = \gamma_w.H \times \frac{1}{2}H + \frac{1}{2} \gamma_2.H.Ka \times \frac{1}{3} H = 18,646 \text{ t.m}$

Hasil dimensi dinding Geocomposite Longsoran-2 pada Stasiun 154.155 BB adalah sebagai berikut:



Gambar 7. dinding Geocomposite Longsoran

Tabel 3. Hasil dimensi dinding Geocomposite Longsoran-2

Parameter	Simbol	Dimensi	Satuan
Panjang Total	L	6,00	Meter
Panjang Lipatan	Lo	1,20	Meter
Tinggi Dinding	H	5,50	Meter
Kedalaman Kaki	D	1,20	Meter

Tabel 4. Jenis Bahan dan Spesifikasi Longsoran-2

Jenis Bahan	Produk	Spesifikasi
Geobag	Geobag Nonwoven	Q-Sic
Geogrid	TenCate Miragrid® GX Geogrids	GX 40/40
Geotextile	Polyfelt® TS Nonwoven	Polyfelt PEC 50

C. Bangunan Pendukung Struktur Geocomposite:

Sebagai bangunan perkuatan pada lereng, struktur geocomposite akan lebih tinggi durabilitasnya apabila dilengkapi dengan bangunan yang dapat mencegah aliran air dalam lapisan tanah urugan (*backfill*). Untuk itu perlu dilengkapi dengan rancangan saluran air limpasan

a) Dimensi Saluran Limpasan Lereng ;

- Luas Catchment Area (A) : ± 0,002 Km².
- Panjang Saluran (L) : ± 0,001 Km
- Perbedaan Elevasi Saluran (D) : ± 0,20 m
- Kemiringan Dasar Saluran (S) : ± 0,02 (2%)
- Koefisien Crazy (Open Chanel) – C : 0,83
- Koefisien Stickler (Concrete) – K : 43,50
- Curah Hujan Max 24 jam (2015) (R₂₄): 180 mm
- Waktu konsentrasi hujan:

$$\text{Formula Giandotti: } tc = \frac{4 A^{0,5} + 1,5 L}{0,8 D^{0,5}} = 0,504 \text{ detik}$$

$$\text{Formula Kirpich: } tc = 0,945 \frac{L^{1,156}}{D^{0,385}} = 0,006 \text{ detik}$$

$$\text{Intensitas hujan } I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc}\right)^{2/3} = 155,18 \text{ mm/jam}$$

$$\text{Debit rencana } Q = \frac{C.I.A}{3,6} = 0,072 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Data hasil pengukuran lapangan dan perhitungan debit, serta hasil perhitungan dimensi penampang dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 6

Tabel 5. Data Lapangan dan Debit Aliran

Data Lapangan	Dimensi Saluran Limpasan Lereng	Dimensi Drainase Jalan	Dimensi Box Culvert
Luas Catchment Area, A (km ²)	0,002	0,6	
Panjang Saluran, L (m)	0,001	0,2	
Perbedaan Elevasi Saluran, D (m)	0,2	1,5	
Kemiringan Dasar Saluran, S	0,02	0,05	
Koefisien Crazy (Open Chanel) – C	0,83	0,83	
Koefisien Stickler (Concrete) – K	43,5	43,5	
Curah Hujan Max 24 jam (2015) (R ₂₄): mm	180	180	
Waktu konsentrasi hujan, tc (detik)	0,504	2,67	
Intensitas hujan, I (mm/jam)	155,18	48,75	
Debit rencana, Qr (m ³ /dt)	0,072	6,62	2 x Debit Drainase = 13,24

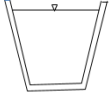


Saluran Limpasan Lereng, Saluran limpasan berada pada lereng atas baik pada longsor-1 maupun pada longsor-2, yang dimaksudkan untuk mempercepat dan mengarahkan aliran air hujan ke dalam drainase jalan, untuk meminimalkan proses infiltrasi air hujan ke dalam lapisan subgrade jalan selama hujan berlangsung.

Drainase jalan digunakan pada kaki lereng dalam, baik pada longsor-1 maupun pada longsor-2.

Hal ini dimaksudkan untuk mengalirkan air ke bangunan pelintas untuk selanjutnya terbuang ke sisi luar jalan.

Box Culvert digunakan sebagai bangunan pelintas air untuk mengalirkan air dari sisi lereng dalam ke sisi luar jalan. Untuk kedua titik longsor pada lokasi ini hanya dibuat 1 (satu) bangunan box culvert yang dapat menampung air dari drainase yang berasal dari kedua titik longsor. Letak box culvert berada diantara kedua titik longsor yang akan diperkuat.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Dimensi Penampang

Item Dimensi Saluran	Dimensi Saluran Limpasan Lereng	Dimensi Drainase Jalan	Dimensi Box Culvert
Bentuk Penampang			
Lebar atas (m)	0,3	1,40	2,00
Lebar bawah (m)	0,2	1,40	2,00
Tinggi saluran (m)	0,3	1,40	1,80
Tinggi jagaan (m)	0,05	0,20	0,20
Penampang basah (m ²)	0,0625	1,69	3,20
Keliling basah (m)	1,00	5,20	7,20
Jari-jari hidrolik (m)	0,0625	0,325	0,444
Kecepatan aliran (m/dt)	4,497	4,6	5,66
Kapasitas Debit, Q max (m ³ /dt)	0,225	7,774	18,12
Qmax > Qr	memenuhi	memenuhi	memenuhi

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Aplikasi Geocomposite pada longsor dengan tipe longsor rotasi dangkal (*shallow rotation*), cukup efektif dan sederhana perancangannya.
2. Penyusunan formasi perkuatan Geocomposite cukup fleksibel, dan dapat disesuaikan dengan ketersediaan masing-masing material yang ada di sekitar atau terdekat dari lokasi penanggulangan yang akan dilaksanakan.

4.2. Saran-saran

1. Dalam penerapan teknologi Geocomposite, pemilihan tipe dan jenis materialnya harus memperhatikan tipe longsor yang terjadi, serta ketersediaan material yang dapat dipergunakan sesuai dengan letak dan lokasi penanggulangan.
2. Perencanaan bangunan pelengkap sangat perlu diperhatikan untuk memberikan jaminan terhadap durabilitas perkuatan lereng yang diberikan oleh struktur Geocomposite yang diterapkan.

Daftar Pustaka

Darwis Panguriseng, 2002. **Teknik Stabilisasi Tanah**. Penerbit Pustaka Universitas "45", Makassar.
Darwis Panguriseng, 2017. **Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah**. Penerbit PT. Pustaka AQ, Yogyakarta.

Darwis Panguriseng, 2018. Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Penerbit PT. Pustaka AQ, Yogyakarta. Mangal Rajat. 2014. "Soil Reinforcement". Geotechnical Engineering and Soil.

Uploaded by [mangalrajat_60](#) on Mar 26, 2014.

<https://www.scribd.com/document/214555611/Soil-Reinforcement-1>. Diunduh tanggal 12 Januari 2018.

Nafisah Al-Huda & Kabul Basah Suryolelono, 2014. Perilaku Tanah Dasar Fondasi Embankment dengan Perkuatan Geogrid dan Drainase Vertikal. Jurnal Teknik Sipil, Vol. 21 No. 1 April 2014. Diunduh tanggal 6 Januari 2018.

Neeraj Singh Parihar, Rajesh Prasad Shukla and Ashok Kumar Gupta, 2015. Effect of Reinforcement on Soil. International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Vol. 10 No.55. Diunduh tanggal 20 Juli 2022.

Mohammad Sheikh zadeh, Sayyed Mahdi Abtahi, and Ali Zadhoush, 2012. A simple review of soil reinforcement by using natural and syntetic fibers. Construction and Building Materials Volume 30, May 2012, Pages 100-116. Diunduh tanggal 12 Juli 2022.