



Analisa Variasi Parameter *Input* Geogrid Sebagai Bahan Perkuatan Pada Tanah Lunak

Analysis of Variations in Input Parameter of Geogrid As A Soft Soil Reinforcement Material

Dewi Sukmawaty^{1*}, Wahiduddin Basry²

¹Universitas Muhammadiyah Palu, ummudeary80@gmail.com

²Universitas Muhammadiyah Palu, wahiduddinbasry01@gmail.com

*Corresponding Author: E-mail: ummudeary80@gmail.com

Artikel Pengabdian

Article History:

Received: 17 Oct, 2024

Revised: 17 Nov, 2024

Accepted: 23 Nov, 2024

Kata Kunci:

Tanah lunak;

Variasi parameter input geogrid;

Metode elemen hingga

Keywords:

Soft soil;

Variations in input

parameter of geogrid;

Finite element method

DOI: 10.56338/jks.v7i11.6363

ABSTRAK

Masalah pada tanah lunak yaitu kuat dukung yang rendah dan kestabilan yang kecil. Jika beban berat bekerja, maka akan terjadi penurunan yang besar. Salah satu metode dalam bidang geoteknik yang berkembang pesat adalah penggunaan bahan geosintetik tipe grid (geogrid) sebagai bahan perkuatan tanah. Penelitian terhadap variasi parameter input geogrid sebagai bahan perkuatan pada tanah lunak ini dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga (Program *Plaxis* versi 8.2). Perkuatan geogrid diletakkan pada dasar timbunan dan penelitian meninjau *Normal embankment* yang merupakan salah satu dari *Trial embankment* Kaliwungu. Variasi terhadap parameter *input* geogrid memberikan hasil adanya kenaikan tegangan efektif rerata pada *normal stiffness (EA)* geogrid yang lebih besar. Selain itu, nilai kuat tarik geogrid yang bekerja lebih tinggi dan regangan geogrid yang bekerja lebih kecil untuk nilai *normal stiffness (EA)* geogrid yang lebih besar. Nilai *normal stiffness* geogrid yang lebih besar juga mengindikasikan penurunan yang lebih seragam dan beban yang dapat ditambahkan juga lebih besar.

ABSTRACT

Problem of soft soil are low bearing capacity and small number of stability. If heavy burden is applied, there will be large decreasing in number. One of the rapidly developing method in geotechnic field is the usage of geosynthetics material of grid type (geogrid) as a soil reinforcement. The research of variations in Input Parameter of Geogrid as a soft soil reinforcement was done by using finite element method (Plaxis programme version 8.2). Geogrid reinforcement was laid on the base of embankment and research observing Normal embankment, which was one of the Trial embankment in Kaliwungu. Variations over geogrid's input parameter gave value result of an increase in average effective stress for larger geogrid stiffness (EA) value. Besides that, geogrid's stress that worked higher and geogrid's strain worked smaller for larger geogrid stiffness (EA) value. Larger value of geogrid stiffness also indicated the more uniform vertical displacement of soil, and the burden added also could be larger.

PENDAHULUAN

Teknik perkuatan tanah dengan menggunakan bahan geosintetik, selain rasional dan ekonomis juga dapat dengan mudah diadaptasikan dengan kondisi khusus di lapangan. Pemakaian geosintetik sebagai bahan perkuatan tanah ini sudah lama dikenal dan akhir-akhir ini semakin banyak digunakan,

karena mudahnya mendapatkan geosintetik di Indonesia. Bahan geosintetik yang mempunyai fungsi utama sebagai bahan perkuatan tanah adalah geogrid (Koerner, 2012).

Menurut ASTM D4439-20, geogrid merupakan suatu geosintetik yang dibentuk oleh suatu jaringan regular dari elemen yang dihubungkan secara integral dengan lubang-lubang lebih besar dari 6,35 mm (1/4 inch) untuk menngijinkan terjadi *interlocking* dengan tanah di sekitarnya, batuan, dan material sekitar lainnya dengan fungsi primer sebagai perkuatan.

Menurut Koerner (2012), geogrid telah digunakan untuk meningkatkan kuat dukung tanah fondasi yang lunak dengan berbagai cara antara lain sebagai :

- a. Lapisan menerus,
- b. Lapisan menerus ganda dengan jarak yang rapat dan tanah granular antara lapisan,
- c. Matras yang terdiri dari sel-sel tiga dimensi yang saling berhubungan.

Dalam penelitian ini, geogrid digunakan sebagai lapisan menerus. Beban maksimum yang ditumpu perkuatan, pada umumnya dalam satu arah yaitu sepanjang lebar timbunan. Oleh karena itu, dalam arah lebar, harus mempunyai kuat tarik maksimum.

Lokasi penelitian adalah *Trial embankment* di daerah Kaliwungu Semarang, Jawa Tengah yang dilaksanakan oleh Balai Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan, Departemen Kimpraswil Bandung. Lokasi *Trial embankment* terletak di sisi utara pulau Jawa, termasuk di daerah pesisir pantai utara Jawa. Kondisi tanah di daerah ini tidak jauh berbeda dengan kondisi kebanyakan tanah di Asia Tenggara, dan umumnya tanah lempung tersebut memiliki indeks plastisitas yang tinggi (80% - 100%) dan tingkat kompresibilitas yang tinggi pula sehingga mengakibatkan tingkat penurunan yang besar.

Program Plaxis merupakan suatu paket program elemen hingga yang khusus digunakan untuk menghitung deformasi dan analisis stabilitas pada berbagai macam permasalahan geoteknik. Prosedur pemberian masukan (*input*) dalam *Plaxis* memerlukan analisis *input* yang rumit dan menghasilkan suatu analisis elemen hingga yang kompleks. *Plaxis* melakukan hitungan secara otomatis dan akan diperoleh hasil dalam waktu yang relatif singkat.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode numeris dengan menggunakan program Plaxis. Simulasi numeris meliputi parameter *input* dan model konstruksi yang digunakan dalam program Plaxis dan dapat dijabarkan sebagai berikut ini.

1. Parameter *input* tanah dasar dan timbunan

Parameter *input* tanah dasar dan timbunan diperoleh dari hasil penyelidikan tanah lapangan dan uji laboratorium, sedangkan untuk parameter-parameter yang tidak tersedia diperoleh dari studi literatur dan korelasi secara analitis. Nilai *c* dan ϕ diperoleh dari hasil uji laboratorium, yaitu dari hasil uji triaksial *unconsolidated undrained (UU)* sedangkan γ_{unsat} dan γ_{sat} diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini (Hardiyatmo, 2019).

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G_s+e)}{1+e} \dots\dots\dots (1)$$

$$\gamma_{unsat} = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai angka pori (*e*) dan gravitasi khusus (*G_s*) untuk tanah dasar lunak, diperoleh dari uji laboratorium. Sedangkan berat volume air (γ_w) digunakan sebesar 9,81 kN/m². Nilai permeabilitas (*k_x* dan *k_y*) dan nilai modulus kekakuan tanah (*E*) dilakukan *trial* dan *error* untuk memperoleh hasil analisis yang mendekati pengukuran lapangan, sedangkan untuk nilai *Poisson's ratio (v)* dan sudut dilatansi (ψ)

mengacu pada Brinkgreve (2002) yang memberikan kisaran v sebesar 0,3 – 0,4 dan untuk kebanyakan jenis tanah dengan nilai $\phi < 30^\circ$, digunakan sudut dilatansi sebesar 0,0.

Pada lapisan terakhir pada tanah dasar, parameter yang digunakan merupakan parameter tanah keras/batuan. Nilai c dan ϕ diperoleh dengan bantuan program *Roclab*. Nilai γ_{unsat} dan γ_{sat} diperoleh dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 dengan nilai angka pori (e) dan gravitasi khusus (G_s) diperoleh dengan menggunakan nilai porositas pada tingkat *very low*, yaitu sebesar 0,9 % (Bell, 1992). Nilai modulus elatisitas (E) batuan sebesar $4,4 \times 10^7$ kN/m² dan *Poisson's ratio* (ν) mengacu pada nilai yang diberikan Jumikis (1979) untuk batuan sedimen, sedangkan nilai permeabilitas mengacu pada nilai yang diberikan Bell (1992) untuk batuan yang *effectively impermeable*.

Pada material timbunan, nilai berat isi tanah basah γ_{sat} dan berat isi kering γ_{unsat} dari material timbunan diperoleh dari uji *sand cone*. Parameter-parameter yang menyangkut kuat geser tanah timbunan didapat dari uji *direct shear*, sedangkan nilai modulus elatisitas (E) merupakan nilai estimasi untuk tanah lempung dengan kekakuan sedang yaitu sebesar 4500 kN/m² – 9000 kN/m² (Bowless, 1977 dalam Hardiyatmo, 2019b).

2. Parameter *input* perkuatan (geogrid)

Parameter *input* perkuatan geogrid diperoleh dengan menggunakan persamaan yang diberikan *Plaxis*. Nilai parameter *input* untuk geogrid merupakan nilai *normal stiffness* (EA) dan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini (Brinkgreve, 2002).

$$EA = \frac{F}{\Delta l/l} \dots\dots\dots (3)$$

dengan,

F : kuat tarik ijin geogrid (kN/m)

$\Delta l/l$: regangan pada geogrid

Nilai kuat tarik ijin geogrid dan regangannya, diperoleh dari brosur produk perkuatan geogrid pada salah satu perusahaan produsen geosintetik di Asia. Dari brosur perkuatan geogrid tersebut, nilai faktor reduksi untuk kerusakan bahan dan faktor reduksi akibat faktor lingkungan memenuhi kisaran nilai yang diberikan Koerner (2012) untuk nilai factor reduksi pada *embankment*. Nilai faktor reduksi untuk kerusakan bahan pada brosur adalah sebesar 1,08 - 1,25 tergantung dari material timbunannya, sedangkan Koerner (2012) memberikan kisaran sebesar 1,1 – 1,4. Nilai factor reduksi akibat factor lingkungan pada brosur adalah sebesar 1,1 sedangkan Koerner (2012) memberikan kisaran nilai factor reduksi sebesar 1,1 – 1,5.

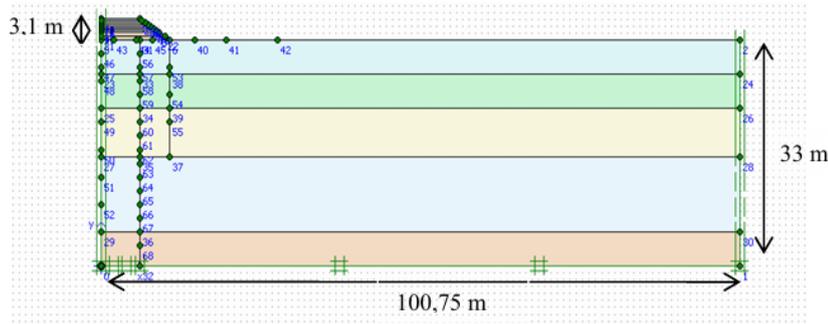
Nilai kuat tarik, regangan, dan *normal stiffness* geogrid dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Nilai parameter *input* geogrid

Jenis geogrid	Kuat tarik ijin (kN/m)	Regangan	<i>Normal stiffness</i> (kN/m)
Geogrid 1	21	0,065	323,08
Geogrid 2	58	0,071	816,90
Geogrid 3	116	0,072	1611,11

3. Model konstruksi

Model konstruksi yang digunakan pada pemodelan *Plaxis* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



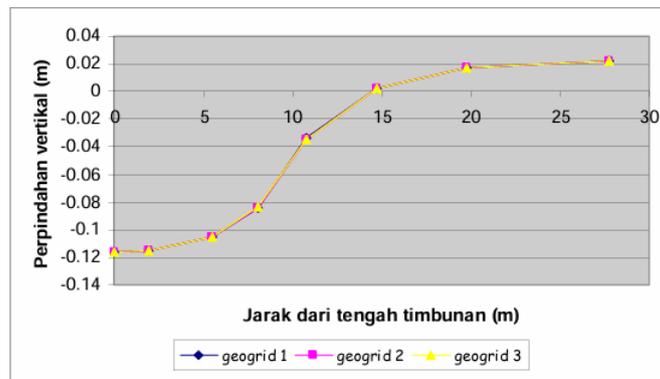
Gambar 1. Model konstruksi dalam *Plaxis*

Model konstruksi tersebut adalah menyesuaikan dengan kondisi lapangan dan dilakukan untuk memperoleh nilai deformasi yang mendekati hasil pengukuran di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perpindahan Vertikal Tanah Dasar

Perpindahan vertikal tanah dasar adalah tidak sama untuk tiap jenis geogrid. Umumnya dengan nilai *normal stiffness* (EA) yang lebih besar, dapat mengurangi penurunan, namun perbedaan nilai perpindahan vertikal tiap jenis geogrid adalah sangat kecil (perbedaan terletak pada angka ketiga dibelakang koma) sehingga dapat menghasilkan pola perpindahan yang relatif sama. Hal ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Perbandingan numeris perpindahan vertikal struktur perkuatan dengan variasi geogrid

Gambar 2 di atas dapat mengindikasikan dengan nilai *normal stiffness* geogrid yang semakin besar, tidak memberikan hasil yang *significant* terhadap perpindahan vertikal. Namun dengan nilai *normal stiffness* geogrid yang lebih besar, perpindahan vertikal yang terjadi dapat lebih seragam (penurunan seragam). Hal ini dapat dilihat pada nilai perpindahan vertikal untuk tiap jenis geogrid pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai perpindahan vertikal dengan variasi geogrid

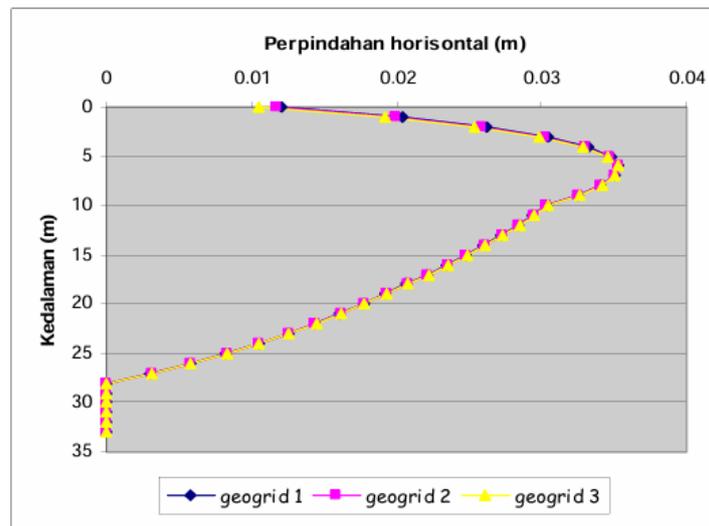
Jarak dari tengah timbunan (m)	Perpindahan vertikal (m)		
	Geogrid 1	Geogrid 2	Geogrid 3
0	-0,385620	-0,383249	-0,380677
1,9	-0,376984	-0,374746	-0,372317
5,5	-0,307701	-0,306405	-0,304969

8,1	-0.206641	-0,206592	-0,206344
10,75	-0,072469	-0,073823	-0,075569

Dapat dilihat pada tabel di atas, nilai penurunan pada tengah timbunan semakin mengecil dengan *normal stiffness* geogrid yang lebih besar. selisih nilai penurunan tersebut, semakin kecil pada jarak yang semakin besar dari tengah timbunan, sehingga pada kaki timbunan (10,75 meter dari tengah timbunan) terlihat penurunan yang lebih besar pada *normal stiffness* geogrid yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan penurunan yang lebih seragam.

2. Perpindahan Horisontal Tanah Dasar

Perpindahan horisontal pada tiap jenis geogrid menghasilkan nilai yang berbeda, namun demikian perbedaan nilai tersebut adalah sangat kecil sehingga pola perpindahan horisontal yang dihasilkan untuk tiap jenis geogrid relatif sama, seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3. Perbandingan numeris perpindahan horisontal struktur perkuatan dengan variasi geogrid

Sama halnya dengan perpindahan vertikal, Gambar 3 mengindikasikan tidak adanya pengaruh yang *significant* terhadap perpindahan horisontal dengan nilai *normal stiffness* geogrid yang semakin besar. Tetapi dengan nilai *normal stiffness* yang besar, perpindahan horisontal yang terjadi dapat lebih kecil. Hal ini karena geogrid dengan *normal stiffness* yang lebih besar, gaya aktif akibat timbunan yang cenderung mendorong tanah dasar ke arah luar menjadi lebih kecil, tertahan oleh kekakuan geogrid yang lebih besar tersebut. Nilai perpindahan horisontal untuk tiap jenis geogrid dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai perpindahan horisontal dengan variasi geogrid

Kedalaman (m)	Perpindahan horisontal (m)		
	Geogrid 1	Geogrid 2	Geogrid 3
0	0,045767	0,042688	0,038646
1	0,067632	0,064692	0,061109
2	0,087562	0,075802	0,081842
3	0,100206	0,097933	0,095292

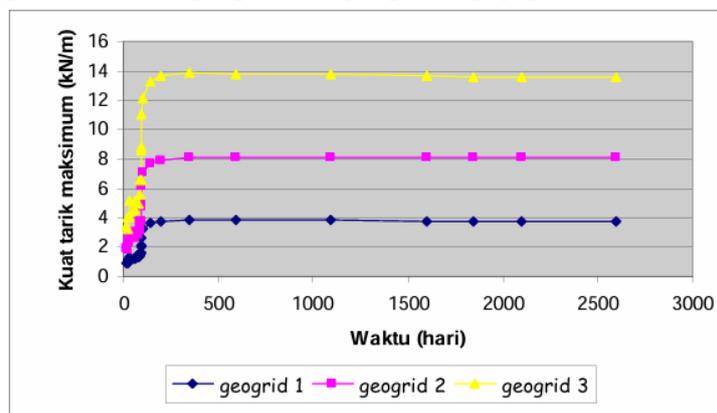
4	0,104697	0,102818	0,100677
5	0,095019	0,094036	0,092864

3. Tegangan Efektif Tanah Dasar

Dengan *normal stiffness* geogrid yang lebih besar dapat menghasilkan nilai tegangan efektif rerata yang lebih besar. Yaitu pada geogrid 1 menghasilkan nilai tegangan efektif rerata sebesar 198 kN/m², pada geogrid 2 menghasilkan nilai tegangan efektif rerata sebesar 198,03 kN/m² dan geogrid 3 menghasilkan tegangan efektif rerata sebesar 198,06 kN/m².

4. Analisis Tegangan Pada Geogrid

Nilai tegangan tarik geogrid yang bekerja untuk tiap jenis geogrid adalah tidak sama. Pada *normal stiffness* yang lebih besar, tegangan tarik yang bekerja juga lebih besar (Gambar 4).



Gambar 4. Perbandingan numeris tegangan tarik maksimum pada geogrid dengan variasi geogrid.

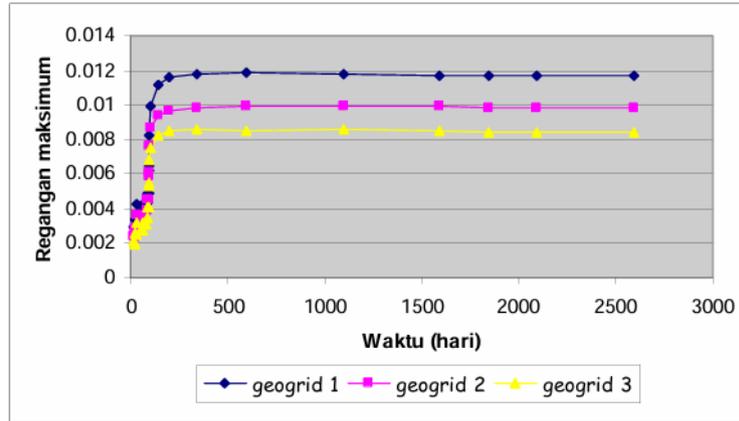
Tabel 4 adalah tabel untuk tegangan tarik geogrid yang digunakan pada akhir konstruksi embankment. Terlihat pada tabel tersebut sisa tegangan tarik geogrid yang lebih besar pada nilai kuat tarik ijin yang lebih besar pula yang mengindikasikan beban yang ditambahkan dapat lebih besar.

Jenis geogrid	Kuat tarik ijin (kN/m)	Tegangan tarik yang digunakan (kN/m)	Sisa tegangan tarik geogrid (kN/m)
	a	b	a - b
Geogrid 1	21	2,67	18,33
Geogrid 2	58	6,21	51,79
Geogrid 3	116	11	105

Dapat terlihat pada Tabel 4, nilai sisa tegangan tarik geogrid yang cukup besar. Jika pada geogrid dengan kuat tarik ijin sebesar 21 kN/m, nilai kuat tarik yang digunakan adalah sebesar 2,67 kN/m untuk membangun konstruksi sebesar timbunan setinggi 3,1 meter, maka tegangan tarik maksimum geogrid dapat dicapai samapi ketinggian timbunan sekitar 20 meter. Kuat tarik ijin geogrid yang lebih besar yaitu sebesar 58 kN/m, ketinggian konstruksi timbunan yang dapat dibangun adalah sebesar dua kali lipatnya yaitu sekitar 40 meter. Pada kuat tarik ijin sebesar 116 kN/m, ketinggian timbunan yang dapat dibangun, dapat mencapai sekitar 70 meter.

5. Analisis Regangan Pada Geogrid

Akibat penambahan beban, regangan pada geogrid juga meningkat. Berbeda dengan tegangan pada geogrid, regangan yang lebih kecil terjadi pada jenis geogrid dengan kuat tarik ijin geogrid yang lebih besar, yang mengindikasikan beban yang dapat ditambahkan lebih besar pada jenis geogrid dengan *normal stiffness* yang lebih besar. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5, sedangkan nilai sisa regangan geogrid pada akhir konstruksi dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 5. Perbandingan numeris regangan maksimum pada geogrid dengan variasi geogrid.

Tabel 5. Nilai regangan pada geogrid

Jenis geogrid	Regangan pada T ijin	Regangan yang digunakan	Sisa regangan pada geogrid
	a	b	a - b
Geogrid 1	0,065	0,008264	0,056736
Geogrid 2	0,071	0,007602	0,063398
Geogrid 3	0,072	0,006828	0,065172

Sama halnya pada tegangan geogrid, nilai sisa regangan geogrid juga masih cukup besar. Pada geogrid 1, regangan maksimum geogrid dapat dicapai hingga ketinggian timbunan sekitar 20 meter. Pada geogrid 2, ketinggian timbunan dapat mencapai sekitar 40 meter dan pada geogrid 3, ketinggian timbunan dapat mencapai sekitar 70 meter.

KESIMPULAN

1. Variasi terhadap parameter geogrid memberikan hasil dengan nilai *normal stiffness* geogrid yang lebih besar, penurunan yang terjadi dapat lebih seragam, dengan perpindahan horisontal yang lebih kecil.
2. Pada *normal stiffness* yang lebih besar, dengan beban yang sama, kuat tarik yang bekerja dapat lebih besar, dan beban yang dapat ditambahkan dapat lebih besar pula.
3. Beban yang lebih besar, maka regangan (perpanjangan) geogrid juga lebih besar.
4. Pada nilai *normal stiffness* yang lebih besar, regangan (perpanjangan) geogrid yang dihasilkan dapat lebih kecil, mengindikasikan beban yang dapat ditambahkan dapat lebih besar.

IMPLIKASI

Penelitian terhadap variasi parameter input geogrid sebagai bahan perkuatan pada tanah lunak dapat menjadi acuan untuk design dan pemilihan nilai parameter input geogrid terhadap konstruksi perkuatan tanah lunak.

BATASAN

Keterbatasan pada geogrid yang digunakan sebagai bahan perkuatan tanah dan keterbatasan pada kasus embankment di atas tanah lunak sehingga memerlukan studi kasus lebih lanjut misalnya terhadap variasi *interface* yaitu bidang kontak antara geogrid dan tanah yang memungkinkan terjadi perbedaan pada *interface* akibat jenis material yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 2020, *Annual Books of ASTM Standards*, Vol. 04.13 (*Standard Terminology for Geosynthetics*), Bell, F.G., 1992, *Engineering Properties of Soils and Rocks*, Third Edition, Butterworth-Heinemann, London.
- Bowles, J.E., 1984, *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, Second edition, McGraw Hill, USA
- Brinkgreve, R.B.J., 2002, *Plaxis 2D version 8*, A.A. Balkema, Netherlands
- Hardiyatmo, H.C., 2019a, *Mekanika Tanah 1*, Edisi ke 7, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2019b, *Mekanika Tanah 2*, Edisi ke 7, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Jumikis, A.R., 1979, *Rock Mechanics*, First Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New jersey.
- Koerner, R.M. 2012. *Designing With Geosynthetics*, Sixth Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Suhendro, B., 2023, *Analisis Struktur Metode Elemen Hingga*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Suryolelono, K.B.. 2000. *Geosintetik Geoteknik*, Edisi-1, Cetakan 1, Nafiri, Yogyakarta.