

## Pemanfaatan Limbah Plastik Jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai Bahan Stabilisasi Lereng Timbunan

Danang Kurniawan<sup>\*1</sup>, Fikri Faris<sup>2</sup>, Teuku Faisal Fathani<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2 Sleman, Yogyakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, FT UGM, Yogyakarta

e-mail: [\\*danangkurniawan@mail.ugm.ac.id](mailto:*danangkurniawan@mail.ugm.ac.id), [fikrifaris@ugm.ac.id](mailto:fikrifaris@ugm.ac.id), [tfathani@ugm.ac.id](mailto:tfathani@ugm.ac.id)

### Abstract

*Plastic is a synthetic polymer material that has been widely used in all levels of society. One of plastic waste type that is widely used is PET (polyethylene terephthalate). PET is a type of plastic that can only be used for one use, it will cause problems with the waste produced. Therefore, an effort was made to utilize plastic PET type waste by assembling it to resemble a geocell shape which functions as a reinforcement material for embankment slopes. The aim of this research is to determine the effect of using PET waste geocell which are used as reinforcement material on embankment slopes. PET waste geocells are made with three types of mineral water bottle sizes, namely 330 ml, 600 ml and 1500 ml. The method used in the calculation is using the Plaxis 2D program. The results of this research are that the use of PET waste geocell reinforcement on embankment slopes can increase the safety factor and reduce the displacement value. The largest increase in safety factor and the largest reduction in displacement value occurred in the reinforcement of 1500 ml PET waste geocells. In parametric modeling, the increase in the safety factor reached 1,375 and in case study modeling the increase in the safety factor reached 1.343. The decrease in horizontal displacement value and vertical displacement in parametric modeling respectively reached 32,07% and 43,15%, while the decrease in horizontal displacement values and vertical displacement values in case study modeling respectively reached 44,26% and 10,13%.*

**Keywords:** Displacement, Geocell, PET waste, Plaxis 2D, Safety Factor.

### Abstrak

*Plastik merupakan material polimer sintetik yang telah banyak digunakan disemua lapisan masyarakat. Salah satu jenis limbah plastik yang banyak digunakan yaitu jenis PET (polyethylene terephthalate). PET merupakan jenis plastik yang hanya dapat digunakan untuk satu kali pemakaian, maka akan menimbulkan permasalahan terhadap limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu dilakukan suatu upaya untuk memanfaatkan limbah plastik jenis PET dengan cara merangkainya menyerupai bentuk geocell yang berfungsi sebagai bahan perkuatan pada lereng timbunan. Pada penelitian ini menggunakan tiga jenis ukuran botol air mineral yaitu 330 ml, 600 ml dan 1500 ml. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan geocell limbah PET yang digunakan sebagai bahan perkuatan pada lereng timbunan. Metode yang digunakan dalam perhitungan yaitu menggunakan program Plaxis 2D. Hasil dari penelitian ini yaitu penggunaan perkuatan geocell limbah PET pada lereng timbunan dapat meningkatkan nilai angka aman dan mengurangi nilai displacement. Peningkatan angka aman terbesar dan pengurangan nilai displacement terbesar terjadi pada perkuatan geocell limbah PET 1500 ml. Pada pemodelan parametrik, peningkatan nilai angka aman mencapai 1,375 dan pada pemodelan studi kasus peningkatan nilai angka aman mencapai 1,343. Penurunan nilai horizontal displacement dan vertical displacement pada pemodelan parametrik secara berurutan mencapai 32,07% dan 43,15%, sedangkan penurunan nilai*

*horizontal displacement dan nilai vertical displacement pada pemodelan studi kasus secara berurutan mencapai 44,26% dan 10,13%.*

**Kata kunci:** Angka Aman, Displacement, Geocell, Limbah PET, Plaxis 2D.

## 1. Pendahuluan

Plastik merupakan material polimer sintetik yang telah banyak digunakan disemua lapisan masyarakat. Diperkirakan pada tahun 2025 produksi sampah di Indonesia akan mencapai angka 130.000 ton per hari. Hitungan rata-ratanya tiap orang diperkirakan membuang sampah 0,5 kg sampah per hari. Sementara angka produksi sampah plastik di Indonesia telah mencapai 5,4 juta per tahun (Suryani, 2015). Jumlah produksi yang besar, maka berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan. Sifat plastik yang sulit diurai dan banyaknya penggunaan material plastik, menimbulkan suatu permasalahan pada dampak limbah yang dihasilkan. Sementara itu hanya sekitar 9% dari sampah plastik yang dilakukan daur ulang, 12% dibuang melalui pembakaran dan 79% dibuang di tempat pembuangan sampah, laut atau di alam (Zheng dkk., 2023).

Plastik dengan jenis *polyethylene terephthalate* (PET) merupakan jenis plastik yang digunakan untuk produk kemasan air mineral. Hal ini disebabkan plastik PET memiliki sifat kuat, transparan dan tahan pelarut (Alabi dkk., 2019). Namun, plastik PET hanya dapat digunakan untuk satu kali pemakaian, karena memiliki kandungan zat beracun apabila digunakan secara menerus. Karena hanya dapat digunakan satu kali pemakaian, maka akan menimbulkan penumpukan limbah apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu dilakukan suatu upaya untuk melakukan pemanfaatan limbah plastik yang salah satunya adalah digunakan sebagai perkuatan tanah, dalam hal ini limbah kemasan air mineral dirangkai menyerupai *geocell*

*Geocell* merupakan salah satu produk geosintetik yang digunakan untuk perkuatan pada tanah yang lemah. Memiliki bentuk struktur sel tiga dimensi yang menyerupai sarang lebah, sel tersebut diisi dengan tanah sehingga membentuk bahan komposit dari interaksi tanah dan sel. Selain itu, *geocell* memiliki kekuatan tarik yang berguna untuk meningkatkan stabilitas lereng. Berdasarkan permukaannya, *geocell* terbagi dalam dua jenis yaitu *textured geocell* dan *smooth geocell* (PT. Pandu Equator Prima, 2023). Dalam pengaplikasiannya *geocell* dapat digunakan untuk beberapa bidang rekayasa geoteknik, salah satunya adalah sebagai perkuatan fondasi pada konstruksi timbunan jalan.

Timbunan yang dibangun di atas tanah yang lunak memiliki kecenderungan bergerak ke arah lateral akibat adanya tekanan tanah horisontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan horizontal ini yang menyebabkan timbulnya tegangan geser pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah di bawahnya. Apabila tanah dasar tidak mampu untuk menahan tegangan geser yang terjadi, maka lereng akan mengalami keruntuhan (Hardiyatmo, 2017). Oleh karena itu, penggunaan perkuatan *geocell* diharapkan dapat menahan tegangan geser yang terjadi dan dapat meningkatkan kestabilan lereng timbunan. Hal tersebut dapat terjadi karena *geocell* memiliki fungsi sebagai matras yang mampu menahan dan menyebarkan beban ke daerah yang lebih luas serta memiliki kekuatan tarik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Meidudga dkk. (2021) membahas tentang studi eksperimental pemanfaatan limbah *polyethylene terephthalate* sebagai bahan perkuatan pada *subgrade*. Penelitian tersebut dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pemodelan secara numeris dengan Plaxis 2D. Limbah PET yang digunakan adalah botol air mineral kemasan 600 ml dengan pola penyusunan tegak lurus dan dengan ukuran tinggi 5 cm dan 7,5 cm. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh

Diansyah dkk. (2021) melakukan penelitian tentang pengaruh pola dan ketinggian pada kekuatan *geocell* PET. Penelitian tersebut dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pemodelan secara numeris dengan *Rocscience (RS<sup>3</sup>)*. Limbah yang digunakan adalah botol air mineral kemasan 600 ml dengan pola penyusunan tegak lurus dan sarang lebah serta dengan ukuran tinggi 5 cm dan 7,5 cm.

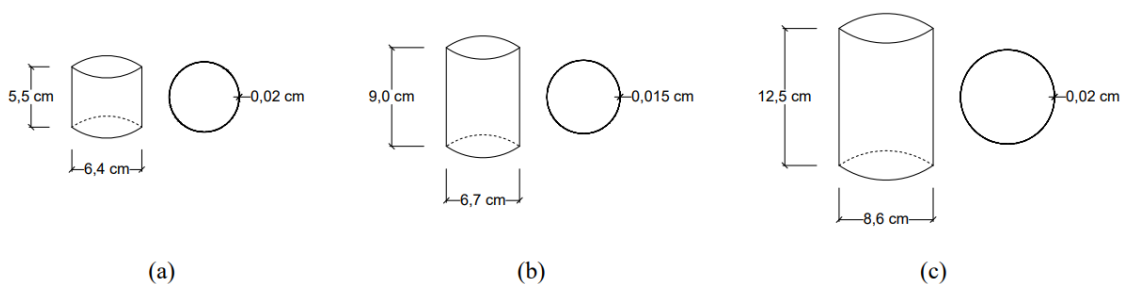
Penelitian tentang pemanfaatan limbah PET sebagai perkuatan tanah masih terbatas, oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah PET sebagai bahan stabilisasi lereng timbunan. Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *geocell* limbah PET yang digunakan sebagai bahan perkuatan pada lereng timbunan. Metode yang digunakan dalam perhitungan yaitu menggunakan program *Plaxis 2D*. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini yaitu dengan penggunaan *geocell* limbah PET dapat meningkatkan stabilitas lereng timbunan.

## 2. Metode Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut.

### a. Persiapan pengujian.

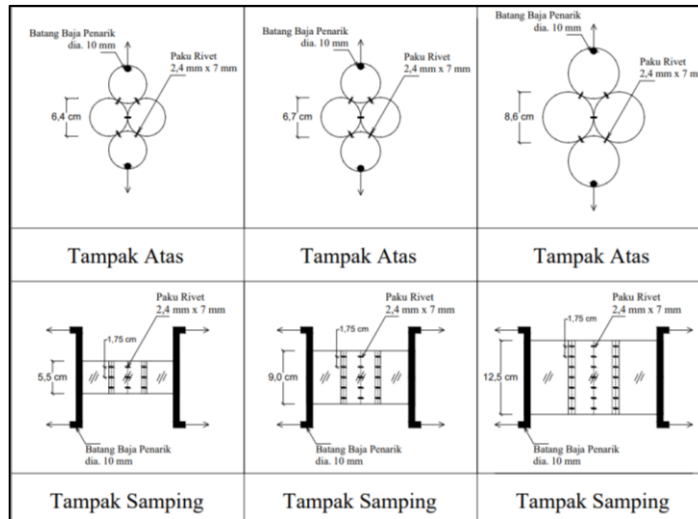
Mempersiapkan bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian. Bahan yang digunakan adalah limbah PET yang berasal dari botol air mineral yang dipotong dengan memaksimalkan penggunaan limbah botol dengan dimensi seperti pada Gambar 1.



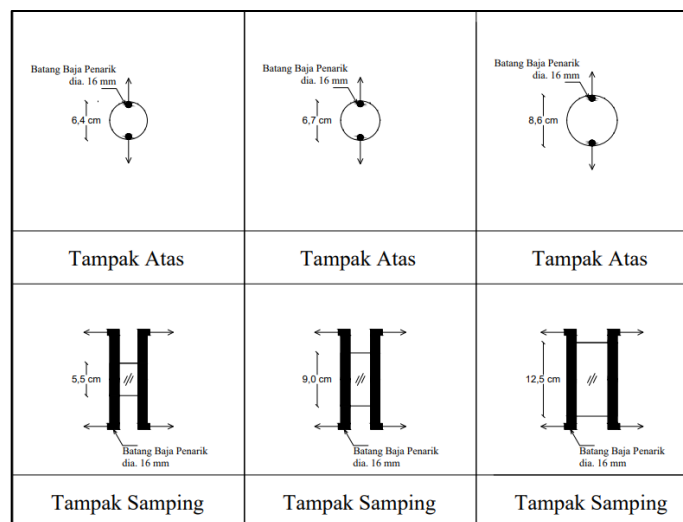
**Gambar 1. Bahan Limbah PET (a) Limbah PET 330 ml (b) Limbah PET 600 ml (c) Limbah PET 1500 ml**

### b. Konfigurasi benda uji

Pada pengujian, terdapat dua jenis benda uji yang digunakan yaitu benda uji pada pengujian kuat tarik sambungan dan kuat tarik bahan. Benda uji pada pengujian kuat tarik sambungan dibentuk dengan pola sarang lebah. Sambungan antar limbah PET digunakan paku rivet dengan jarak antar paku 1,75 cm dan jumlah paku rivet dalam satu sisi pada ukuran limbah PET 330 ml, PET 600 ml dan PET 1500 ml secara berturut-turut yaitu 3 buah, 5 buah dan 7 buah. Konfigurasi benda uji pada pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET terdapat pada Gambar 2. Pada pengujian kuat tarik bahan limbah PET, benda uji berupa limbah PET dipotong sesuai dimensi yang telah ditentukan dengan konfigurasi benda uji seperti pada Gambar 3.

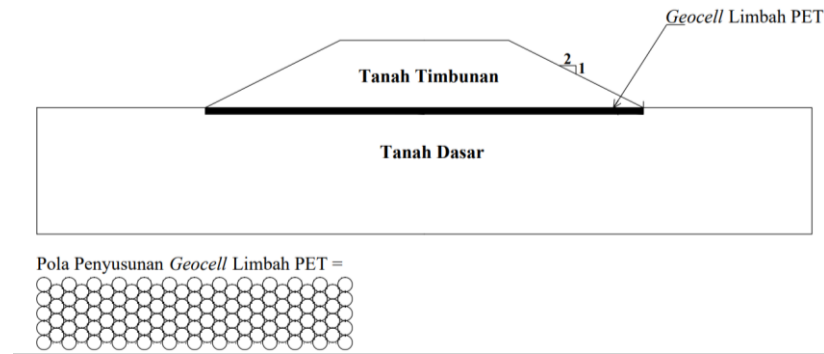


Gambar 2. Konfigurasi benda uji pada pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET (a) PET 330 ml (b) PET 600 ml (c) PET 1500 ml



Gambar 3. Konfigurasi benda uji pada pengujian kuat tarik bahan limbah PET (a) PET 330 ml (b) PET 600 ml (c) PET 1500 ml

- c. Pemodelan perkuatan *geocell* limbah PET pada lereng timbunan  
 Penggunaan perkuatan *geocell* limbah PET pada lereng timbunan diletakan di dasar timbunan sebagai perkuatan fondasi timbunan (Yang dkk., 2010). Penggunaan perkuatan *geocell* menggunakan satu lapis perkuatan seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4. Pemodelan perkuatan geocell limbah PET pada lereng timbunan**

d. Pemodelan *geocell*

Pada penelitian ini, analisis perkuatan *geocell* limbah PET dilakukan menggunakan program Plaxis 2D. *Geocell* limbah PET dimodelkan sebagai material “*geogrid*” dan sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D. Mehdi-pour dkk. (2013) pemodelan pada *geocell* dapat dilakukan dengan memodelkan material *geocell* sebagai material komposit berbentuk pelat. Pemodelan *geocell* pada Plaxis 2D dapat juga dimodelkan sebagai material “*geogrid*”, hal tersebut karena *geocell* saat digunakan sebagai bahan perkuatan bekerja mengandalkan kuat tarik. Pada saat *geocell* tersebut tertarik, maka akan berdeformasi dan mengalami perpanjangan (Pramulandani & Hamdhan, 2020).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengujian

a. Pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET

Pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik sambungan limbah PET dengan hasil pengujian terdapat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET**

No	Limbah PET	Beban Maksimum Rerata (kN)	Regangan Rerata (%)
1	Limbah PET 330 ml	0,202	1,918
2	Limbah PET 600 ml	0,287	1,921
3	Limbah PET 1500 ml	0,563	2,074

b. Pengujian kuat tarik bahan limbah PET

Pengujian Kuat Tarik Bahan Limbah PET dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan maksimum dan nilai regangan. Dari nilai tegangan dan regangan yang didapat, maka nilai modulus sekan dari bahan PET dapat diketahui. Nilai modulus sekan geosintetik didapat dari nilai tegangan pada nilai regangan 2% (Bina Marga, 2009). Hasil dari pengujian kuat tarik bahan limbah PET terdapat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Rangkuman hasil pengujian kuat tarik bahan limbah PET**

No	Limbah PET	Tegangan Maksimum Rerata (N/mm <sup>2</sup> )	Regangan Rerata (%)
1	Limbah PET 330 ml	115,451	18,905
2	Limbah PET 600 ml	131,634	22,348
3	Limbah PET 1500 ml	144,833	20,123

**Tabel 3. Nilai modulus sekan dari bahan limbah PET**

No	Limbah PET	Modulus Sekan (kN/m)
1	Limbah PET 330 ml	1369,767
2	Limbah PET 600 ml	1854,779
3	Limbah PET 1500 ml	1641,531

### 3.2 Analisis Pemodelan Parametrik

Analisis pemodelan parametrik adalah pemodelan lereng timbunan dengan nilai propertis material, geometri dan ketentuan lainnya telah ditentukan, kecuali propertis *geocell* limbah PET.

#### a. Propertis tanah

Propertis tanah pada pemodelan parametrik lereng timbunan terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Propertis tanah pada pemodelan parametrik lereng timbunan**

No	Parameter	Nama	Lempung	Pasir	Satuan
1	Berat volume basah	$\gamma_{unsat}$	16	19	kN/m <sup>3</sup>
2	Berat volume jenuh	$\gamma_{sat}$	17	20	kN/m <sup>3</sup>
3	Permeabilitas	$k_x = k_y$	$1 \times 10^{-4}$	0,5	m/hari
4	Modulus Young	E	3000	25000	kN/m <sup>2</sup>
5	Angka Poisson	$\nu$	0,25	0,3	-
6	Kohesi	$c$	23	20	kN/m
7	Sudut Geser Dalam	$\phi$	4	20	°
8	Sudut Dilatasi	$\psi$	0	0	°

#### b. Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D.

Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D didapatkan dari hasil pengujian kuat tarik sambungan *geocell* limbah PET seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D**

No	Parameter	PET 330 ml	PET 600 ml	PET 1500 ml	Satuan
1	Kuat tarik sambungan rerata	2,429	3,443	5,064	kN/m
2	Regangan	1,918	1,921	2,074	%
3	Kekakuan Normal (EA)	126,646	179,247	244,160	kN/m

#### c. Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D.

Penentuan Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*plate*” ditentukan dari hasil pengujian kuat tarik bahan PET. Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D terdapat pada Tabel 6.

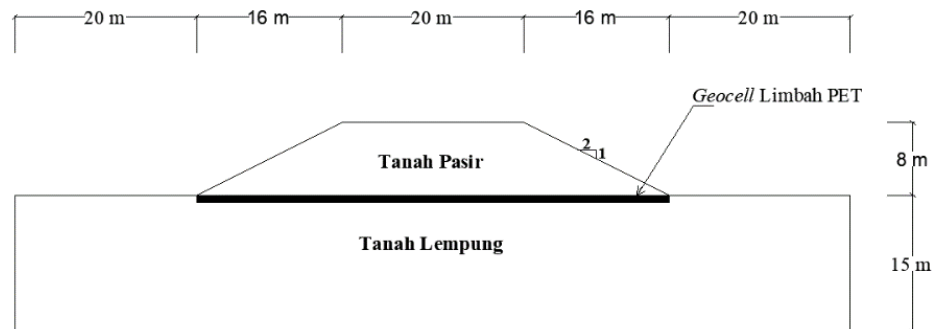
**Tabel 6. Propertis *geocell* limbah PET sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D**

No	PET	EA (kN/m)	EI (kN/m <sup>2</sup> )	$w$ (kN/m)	$\nu$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	330 ml	46809,798	11,800	0,88	0,25
2	600 ml	91726,621	61,915	1,44	0,25
3	1500 ml	98200,648	127,865	2	0,25

#### d. Geometri pemodelan parametrik

Geometri pemodelan parametrik lereng timbunan memiliki tanah dasar jenis lempung dengan ketebalan 15 m, ketinggian lereng 8 m, kemiringan lereng 1V:2H. Pada analisis, muka air tidak

disertakan agar pengaruh perkuatan *geocell* limbah PET dapat diketahui secara signifikan. Detail geometri pemodelan parametrik lereng timbunan terdapat pada Gambar 5.



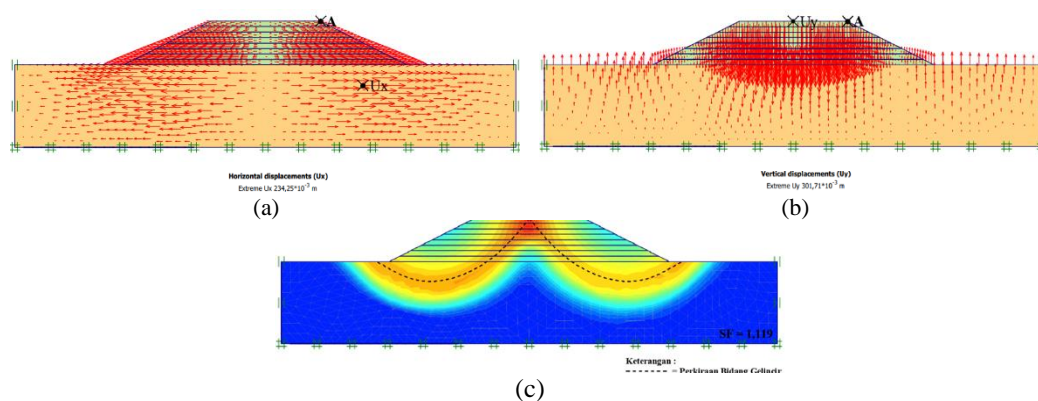
Gambar 5. Geometri pemodelan parametrik lereng timbunan

### 3.3 Hasil Analisis Pemodelan Parametrik

Analisis pemodelan parametrik lereng timbunan dilakukan menggunakan Plaxis 2D. Hasil yang ditampilkan pada analisis lereng timbunan berupa nilai *displacement* dan nilai angka aman. Nilai *displacement* diambil pada posisi titik A yang berada pada sudut atas timbunan.

#### a. Pemodelan parametrik lereng timbunan tanpa perkuatan

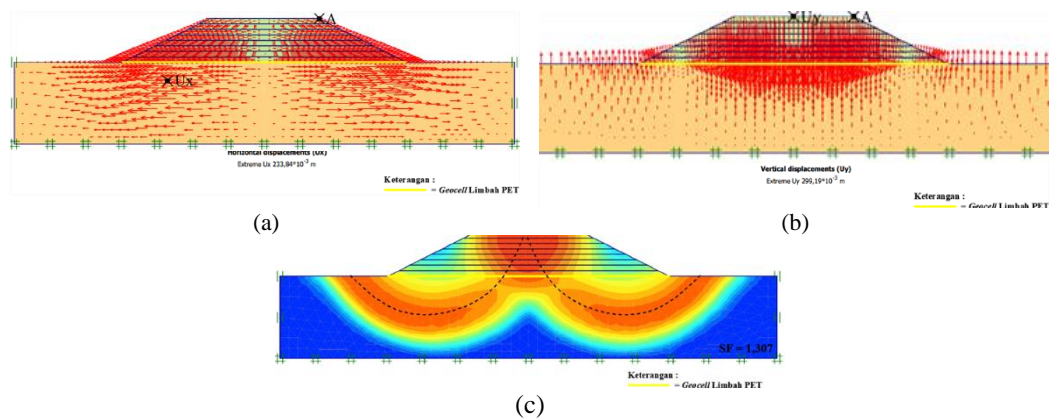
Pada pemodelan parametrik lereng timbunan 8 m tanpa perkuatan, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $37,70 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik  $U_x$  dengan nilai sebesar  $234,25 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $205,15 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik  $U_y$  dengan nilai sebesar  $301,71 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,119 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dengan nilai angka aman  $< 1,25$ , maka lereng timbunan dinyatakan tidak aman atau longsor pernah terjadi (Bowles, 1986).



Gambar 6. Pemodelan parametrik lereng timbunan 8 m tanpa perkuatan (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Bidang gelincir dan nilai angka aman

- b. Pemodelan parametrik lereng timbunan dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D.

Pada pemodelan parametrik lereng timbunan 8 m dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $37,35 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik Ux dengan nilai sebesar  $233,84 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $204,36 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik Uy dengan nilai sebesar  $299,19 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,307 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Dengan nilai angka aman  $> 1,25$ , maka lereng timbunan dinyatakan aman atau longsoran jarang terjadi (Bowles, 1986).

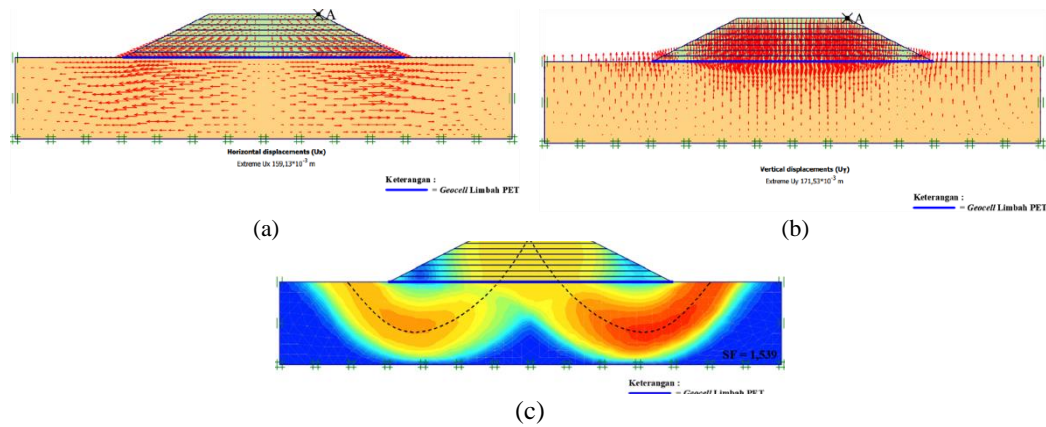


**Gambar 7. Pemodelan parametrik lereng timbunan 8 m dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Bidang gelincir dan nilai angka aman**

- c. Pemodelan parametrik lereng timbunan dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D.

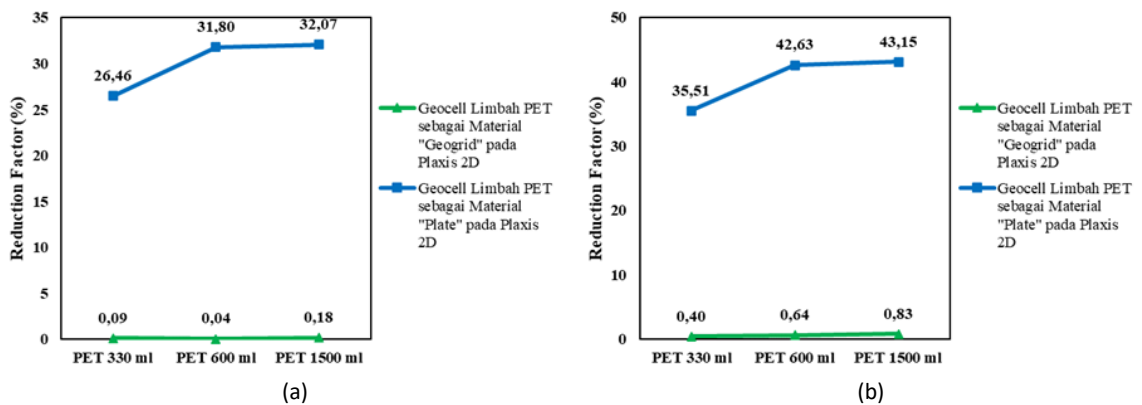
Pada pemodelan parametrik lereng timbunan 8 m dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $0,99 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik Ux dengan nilai sebesar  $159,13 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $140,27 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik Uy dengan nilai sebesar  $171,53 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,539 terdapat pada Gambar 8. Dengan nilai angka aman  $> 1,25$ , maka lereng timbunan dinyatakan aman atau longsoran jarang terjadi (Bowles, 1986).





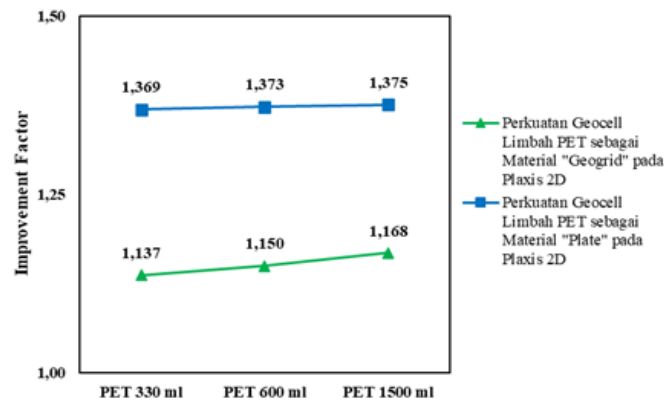
**Gambar 8. Pemodelan Parametrik lereng timbunan 8 m dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “plate” pada Plaxis 2D (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Bidang gelincir dan nilai angka aman**

Nilai *displacement* yang terjadi pada pemodelan parametrik lereng timbunan dengan perkuatan *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” dan sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D ditampilkan dalam bentuk nilai *reduction factor* (RF) seperti pada Gambar 9.



**Gambar 9. Nilai *displacement* pemodelan parametrik lereng timbunan dengan perkuatan *geocell* limbah PET (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement***

Nilai angka aman pemodelan parametrik lereng timbunan dengan perkuatan *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” dan sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D ditampilkan dalam bentuk nilai *improvement factor* (IF) seperti yang ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Nilai angka aman pemodelan parametrik lereng timbunan

### 3.4 Analisis Pemodelan Studi Kasus

Studi kasus yang digunakan adalah proyek pembangunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975. Pada proyek tersebut terdapat pekerjaan timbunan setinggi 10,15 m, oleh karena itu perlu dilakukan analisis dan evaluasi terhadap kestabilan lereng menggunakan program Plaxis 2D.

#### a. Propertis tanah

Propertis tanah pada pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 terdapat pada Tabel 7.

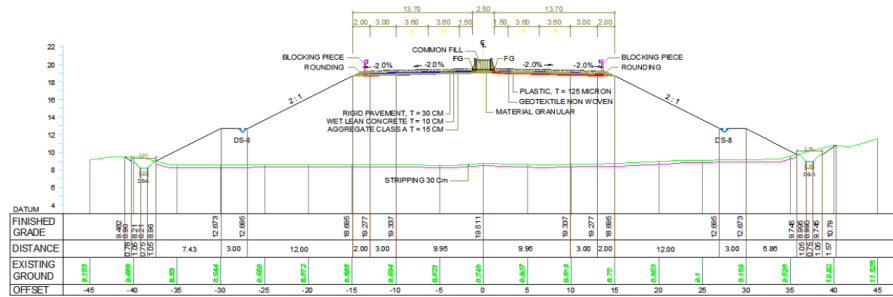
Tabel 7. Parameter tanah pemodelan studi kasus

No	Parameter	Nama	Lempung Kuning	Pasir Lepas	Lempung Abu	Pasir Abu	Pasir	Satuan
1	Berat volume basah	$\gamma_{unsat}$	15	11	15	19	16,6	kN/m <sup>3</sup>
2	Berat volume jenuh	$\gamma_{sat}$	16	12	16	20	17,6	kN/m <sup>3</sup>
3	Permeabilitas	$k_x = k_y$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	0,1	0,5	m/hari
4	Modulus Young	E	3000	6080	9000	25600	25000	kN/m <sup>2</sup>
5	Angka Poisson	$\nu$	0,25	0,3	0,25	0,3	0,3	-
6	Kohesi	$c$	24	5	144	5	20	kN/m
7	Sudut Geser Dalam	$\varphi$	3	26,93	3	47,93	10	°
8	Sudut Dilatasi	$\psi$	0	0	0	17,93	0	°

Sumber : PT. Pembangunan Perumahan (2017)

#### b. Geometri pemodelan studi kasus

Geometri pemodelan studi kasus jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 memiliki ketinggian timbunan sebesar 10,15 m, kemiringan lereng 1V:2H, tidak terdapat muka air tanah dan beban perkerasan dan beban lalu lintas sebesar 20 kN/m<sup>2</sup>. Detail geometri pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 terdapat pada Gambar 11.



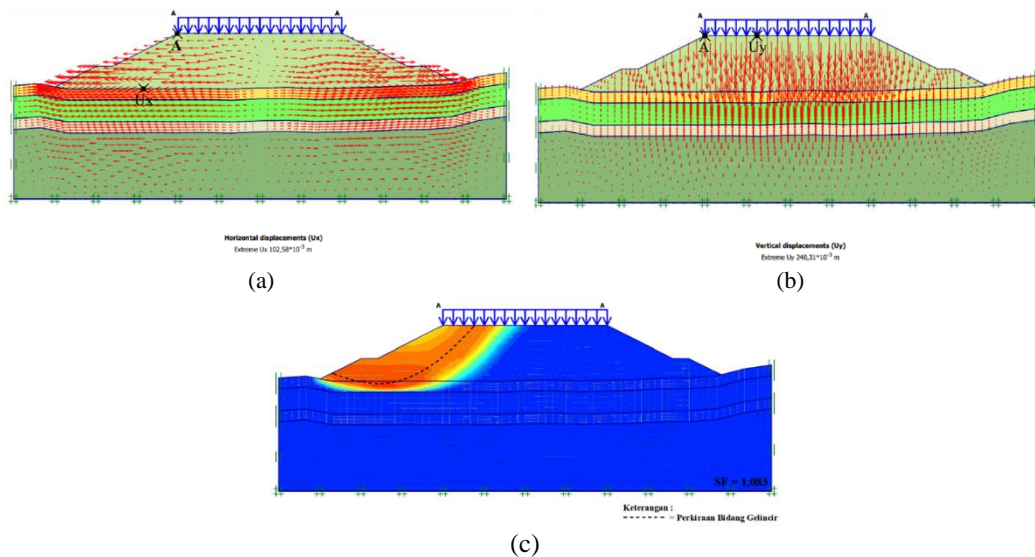
Gambar 11. Geometri pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 (PT. Pembangunan Perumahan, 2017)

3.5 Hasil Analisis Pemodelan Studi Kasus

Analisis pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dilakukan menggunakan program Plaxis 2D. Hasil analisis yang di tampilkan adalah nilai *displacement* dan nilai angka aman. Nilai *displacement* diambil pada posisi titik A atau berada pada sudut kiri atas timbunan.

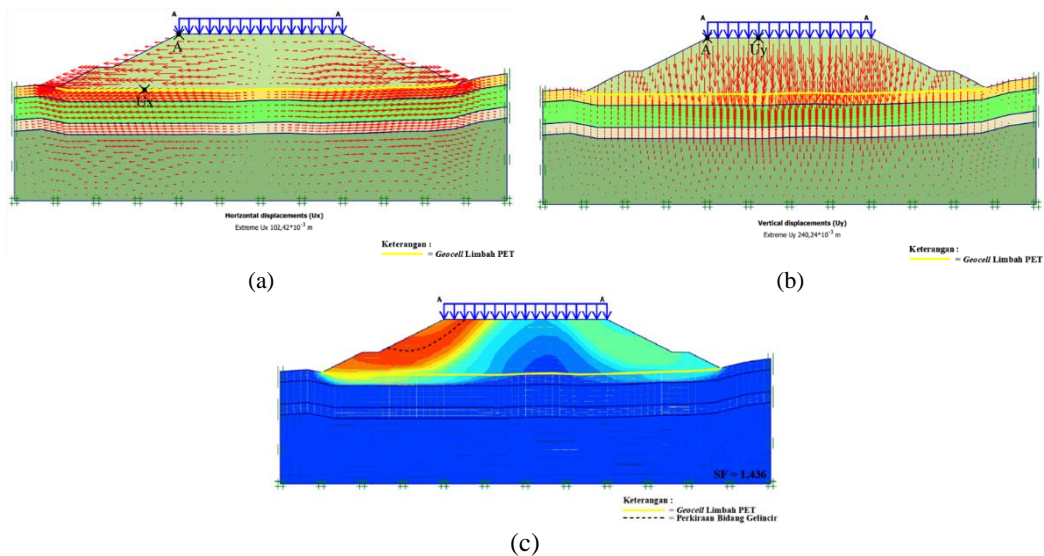
- a. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 tanpa perkuatan

Pada pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan - Samarinda STA 1+975 tanpa perkuatan, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $12,05 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik Ux dengan nilai sebesar  $102,58 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $190,76 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik Uy dengan nilai sebesar  $240,31 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,083 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Dengan nilai angka aman < 1,25, maka lereng timbunan dinyatakan tidak aman atau longsor pernah terjadi (Bowles, 1986).



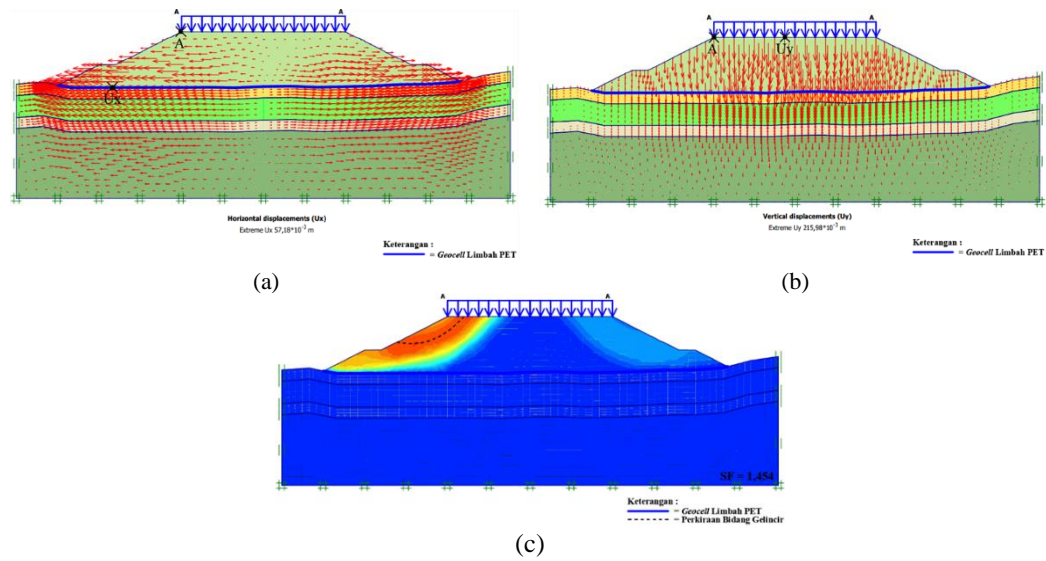
Gambar 12. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 tanpa perkuatan (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Bidang gelincir dan nilai angka aman

- b. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol balikpapan – samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D. Pada pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $12,01 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik Ux dengan nilai sebesar  $102,42 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $190,70 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik Uy dengan nilai sebesar  $240,24 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,436 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Dengan nilai angka aman  $> 1,25$ , maka lereng timbunan dinyatakan aman atau longsoran jarang terjadi (Bowles, 1986).



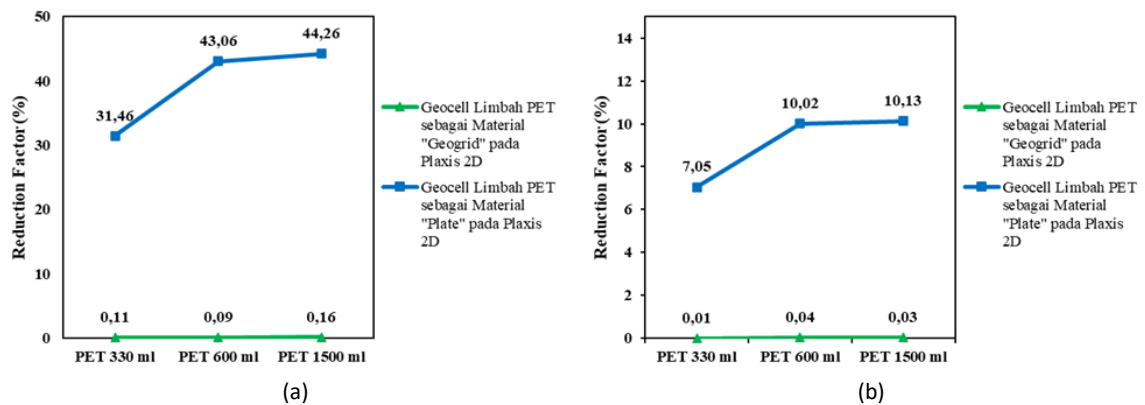
**Gambar 13. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Nilai angka aman**

- c. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol balikpapan – samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D. Pada pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D, nilai *horizontal displacement* pada titik A sebesar  $3,599 \times 10^{-3}$  m dan nilai *horizontal displacement* maksimum terletak pada titik Ux dengan nilai sebesar  $57,18 \times 10^{-3}$  m. Sedangkan nilai *vertical displacement* pada titik A sebesar  $176,20 \times 10^{-3}$  m dan nilai *vertical displacement* maksimum terletak pada titik Uy dengan nilai sebesar  $215,98 \times 10^{-3}$  m. Bidang gelincir dan nilai angka aman yang dihasilkan sebesar 1,454 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14. Dengan nilai angka aman  $> 1,25$ , maka lereng timbunan dinyatakan aman atau longsoran jarang terjadi (Bowles, 1986).



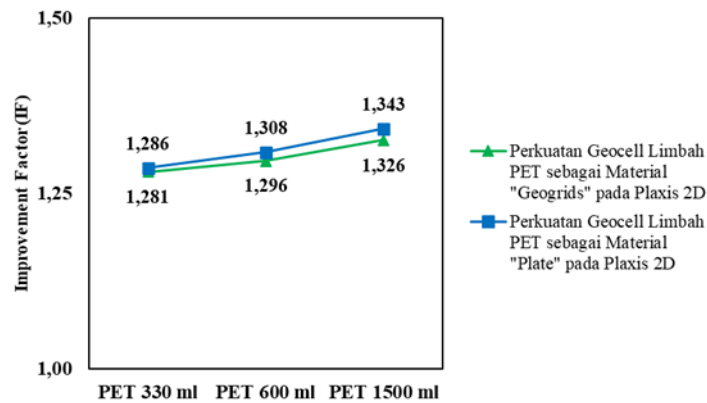
**Gambar 14. Pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml sebagai material “plate” pada Plaxis 2D (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement* (c) Bidang gelincir dan nilai angka aman**

Nilai *displacement* yang terjadi pada pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” dan sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D di tampilkan dalam bentuk nilai *reduction factor* (RF) seperti pada Gambar 15.



**Gambar 15. Nilai *displacement* pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET (a) Nilai *horizontal displacement* (b) Nilai *vertical displacement***

Nilai angka aman pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET sebagai material “*geogrid*” dan sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D ditampilkan dalam bentuk nilai *improvement factor* seperti pada Gambar 16.



**Gambar 16. Nilai angka aman pemodelan studi kasus lereng timbunan jalan tol Balikpapan – Samarinda STA 1+975 dengan perkuatan *geocell* limbah PET**

Hasil yang didapat pada pemodelan *geocell* sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D memiliki nilai *improvement factor* (IF) dan nilai *reduction factor* (RF) yang lebih rendah dibandingkan dengan pemodelan *geocell* sebagai material “*plate*” pada Plaxis 2D. Perbedaan nilai tersebut akibat sifat atau karakteristik yang berbeda yang dimiliki oleh material “*geogrid*” dan material “*plate*”. Material “*geogrid*” memiliki sifat fleksibel, yang membuat beban yang berada di atas dapat mengalami mulur. Hal itu ditunjukkan pada nilai *displacement* yang terjadi baik *horizontal displacement* ataupun *vertical displacement* memiliki nilai yang tidak terlalu jauh dibandingkan dengan tanpa perkuatan. Sedangkan pada pemodelan *geocell* sebagai material “*plate*” memiliki sifat solid atau berfungsi sebagai matras, hal tersebut mengakibatkan beban yang berada di atas ditahan dan disalurkan ke daerah yang lebih luas. Hal itu ditunjukkan pada nilai IF dan nilai RF yang memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa perkuatan ataupun dengan perkuatan *geocell* sebagai material “*geogrid*” pada Plaxis 2D.

#### 4. Kesimpulan

Hasil yang didapat pada pengujian *geocell* limbah PET memiliki nilai yang cukup tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan perkuatan pada lereng timbunan dengan model kegagalan yaitu pada daerah sekitar sambungan. Penggunaan perkuatan *geocell* limbah PET pada lereng timbunan dapat meningkatkan nilai angka aman atau nilai *improvement factor* (IF) dan mengurangi nilai *displacement* atau *reduction factor* (RF). Ukuran limbah PET dapat mempengaruhi nilai IF dan RF. Semakin besar dan tebal dimensi limbah PET, semakin besar juga memiliki nilai IF dan RF yang dihasilkan. Peningkatan nilai angka aman atau IF mencapai nilai 1,375 dan pengurangan nilai *displacement* atau RF mencapai nilai 44,26% yang terjadi pada perkuatan *geocell* limbah PET 1500 ml.

#### Daftar Pustaka

- Alabi, O. A., Ologbonjaye, K. I., Awosolu, O. & Alalade, O. E., 2019. Public and environmental health effects of plastic wastes disposal: a review. *Journal of Toxicology and Risk Assessment*, 5(2).
- Bowles, J. E., 1986. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.

- Diansyah, A. A., Faris, F. & Rifa'i, A., 2021. *Numerical modelling geocell reinforced slope by use of plastic bottle waste*. Yogyakarta. Indonesia. Universitas Gadjah Mada, ICST.
- Hardiyatmo, H. C., 2017. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya : Perancangan dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bina Marga, 2009. *Pedoman Kontruksi dan Bangunan No.003/BM/2009 Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*, Jakarta Selatan: Bina Marga.
- Mehdipour, I., Ghazavi, M. & Moayed, R. Z., 2013. Numerical study on stability analysis of geocell reinforced slopes by considering the bending effect. *Geotextiles and Geomembranes*, Volume 32, pp. 23-34.
- Meidudga, R. E., Faris, F., Hardiyatmo, H. C. & Diansyah, A. A., 2021. *Utilization of plastic waste polyethylene (PET) for reinforced subgrade*. Yogyakarta. Indonesia. Universitas Gadjah Mada, ICST.
- Pramulandani, A. & Hamdhan, I. N., 2020. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (PLAXIS 2D). *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 6(2).
- PT. Pandu Equator Prima, 2023. *Aplikasi Geocell pada Bidang Teknik Sipil*. Available at: <https://pandu-equator.com/>
- Suryani, 2015. Efektivitas sosialisasi dinas kebersihan dan pertamanan (DKP) kota Samarinda tentang pengelolaan sampah organik. *eJournal Ilmu Komun*, 3(2), p. 244–262.
- Yang, X., Han, J., Parsons, R. L. & Leshchinsky, D., 2010. Three-dimensional numerical modeling of single geocell-reinforced sand. *Frontiers of Architecture and Civil Engineering in China volume* , Volume 4, pp. 233-240.
- Zheng, K. et al., 2023. Progress and perspective for conversion of plastic wastes into valuable chemicals. *Chem.Soc.Rev*, Issue 52, pp. 8-29.