

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data penelitian

Ruas Jalan Tol Seksi V Balikpapan – Samarinda merupakan ruas jalan Tol yang akan menghubungkan kedua kota tersebut, terletak di Kalimantan Timur. Ruas jalan tol ini merupakan bagian dari ruas jalan Tol Trans Kalimantan Timur yang akan menghubungkan kota Balikpapan – Bontang.

Ruas Jalan tol Seksi V Balikpapan – Samarinda terletak pada perbukitan rendah dan diperlukan timbunan yang tinggi untuk mencapai Elevasi rencana Jalan. Selain itu, kondisi tanah dasar pada ruas jalan ini adalah tanah lunak yang memerlukan penanganan khusus untuk menciptakan keamanan dan kenyamanan jalan tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara analisis Stabilitas Timbunan jalan tanah asli, timbunan yang diperkuat dengan *Geotekstil* dan tanah asli yang diperkuat dengan *Sheet Pile*. Analisis tersebut menggunakan Program Plaxis 8.6 yang dilakukan dengan dua kondisi Masa Konstruksi dan Pasca Konstruksi.

1. Masa Konstruksi

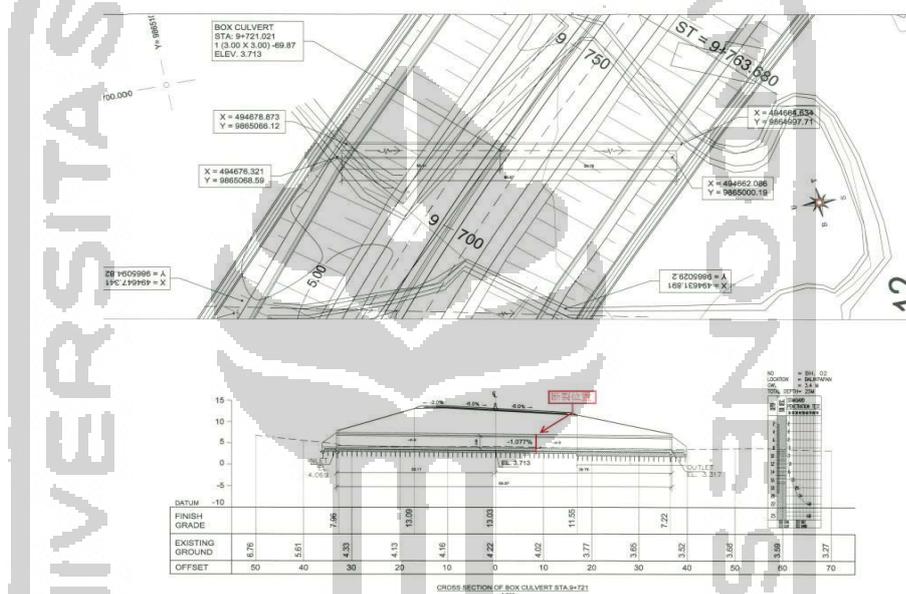
Masa Konstruksi adalah masa dimana saat situasi jalan belum diberlakukan sebagaimana fungsinya untuk mobilitas jalan kendaraan. Pada kondisi ini tanah bersifat *drained*, yang berarti air mampu keluar masuk tanah pada waktu tertentu karena perubahan isi yang terjadi pada tanah tidak mengakibatkan perubahan tegangan air pada rongga tanah.

2. Pasca Konstruksi

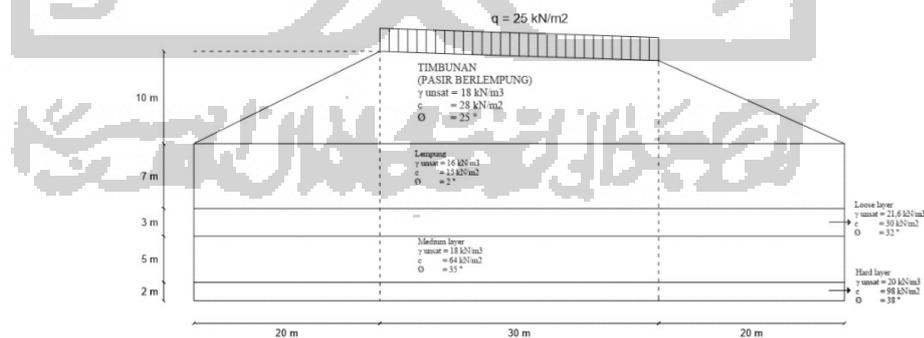
Pasca konstruksi adalah masa dimana saat situasi tanah timbunan dengan struktur jalan telah diberlakukan sebagaimana fungsinya untuk mobilitas jalan kendaraan. Pada kondisi ini tanah bersifat *undrained*, yang berarti air tidak dapat keluar masuk tanah pada waktu tertentu karena tanah telah mengalami

perubahan isi yang mengakibatkan perubahan tegangan air dan memadatkan rongga tanah.

Adapun penampang melintang jalan tol Seksi V Balikpapan – Samarinda Sta. 9+726 sampai dengan sta. 9+926 dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 Berikut ini,



Gambar 5.1 Lokasi dan Potongan Melintang Jalan Sta. 9+726 s/d Sta. 9+926



Gambar 5.2 Lokasi dan Potongan Melintang Jalan Sta. 9+726 s/d Sta. 9+926

5.2 Data Tanah dan Beban

Dalam melakukan analisis stabilitas timbunan jalan, diperlukan data tanah dari lapangan. Dalam penelitian ini, data tanah yang diperlukan adalah data sekunder dari proyek jalan Tol Balikpapan – Samarinda seksi V, Sta. 9+726 sampai dengan Sta. 9+926 PT.WIKA Tbk (Persero).

Untuk penanganan longsor di Sta. 9+726 dilakukan kajian teknis menggunakan parameter tanah yang ada serta dilakukan pemodelan dengan menggunakan Program Plaxis versi 8.6 Solusi yang direkomendasikan adalah dengan melakukan perkuatan tanah dasar dengan menggunakan *Sheet piles* berbahan baja. dan geotekstil dipresentasikan dalam tabel sebagai berikut.

5.2.1 Data Tanah

Dalam perencanaan perkuatan Timbunan Jalan, data tanah yang digunakan mengacu pada penyelidikan tanah yang dilakukan oleh PT. WIKA Tbk (Persero) yaitu uji Sondir. Hasil uji Sondir di empat titik dan Hasil uji Bor Log dapat dilihat pada Lampiran 3.1 dan Lampiran 4.1. Parameter tanah yang digunakan dalam perencanaan stabilitas Timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Parameter Tanah

<i>Parameters</i>	<i>Name</i>	<i>Emb.</i>	<i>Soft Layer</i>	<i>Medium Layer</i>	<i>Hard Layer</i>	<i>Units</i>
<i>Model</i>	<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	-
<i>Type of Behavior</i>	<i>Type</i>	D	D	D	D	-
<i>Soil Weight Unsaturated</i>	γ_{unsat}	18	16	18	20	kN/m ³
<i>Soil Weight Saturated</i>	γ_{sat}	19,5	17,5	20	21	kN/m ³
<i>Young's Modulus</i>	E_{ref}	15000	2000	8800	14000	kN/m ²
<i>Cohesion</i>	c	29	13	25	30	kN/m ²
<i>Friction Angle</i>	ϕ	27	2	30	35	°
<i>Poisson Ratio</i>	ν	0,3	0,3	0,3	0,3	-
k_x		$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	
k_y		$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	

5.2.2 Data Beban Kendaraan Jalan

Dalam penelitian ini, beban – beban yang bekerja pada lereng adalah beban struktur perkerasan, beban lalu lintas dan beban gempa. Pada saat masa konstruksi, beban yang bekerja hanya beban struktur perkerasan dan beban gempa. Sedangkan pada saat paska konstruksi, beban yang bekerja meliputi beban struktur perkerasan, beban lalu lintas dan beban gempa.

1. Beban Struktur Perkerasaan dan Lalu Lintas

Berdasarkan data sekunder, nilai untuk beban struktur perkerasan jalan yaitu 10 kN/m². Sedangkan beban lalu lintas yang digunakan adalah 15 kN/m². Oleh karena itu, beban yang digunakan pada masa konstruksi yaitu 10 kN/m². Sedangkan beban yang digunakan pada paska konstruksi yaitu 25 kN/m². Besaran untuk nilai beban lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 5.2.

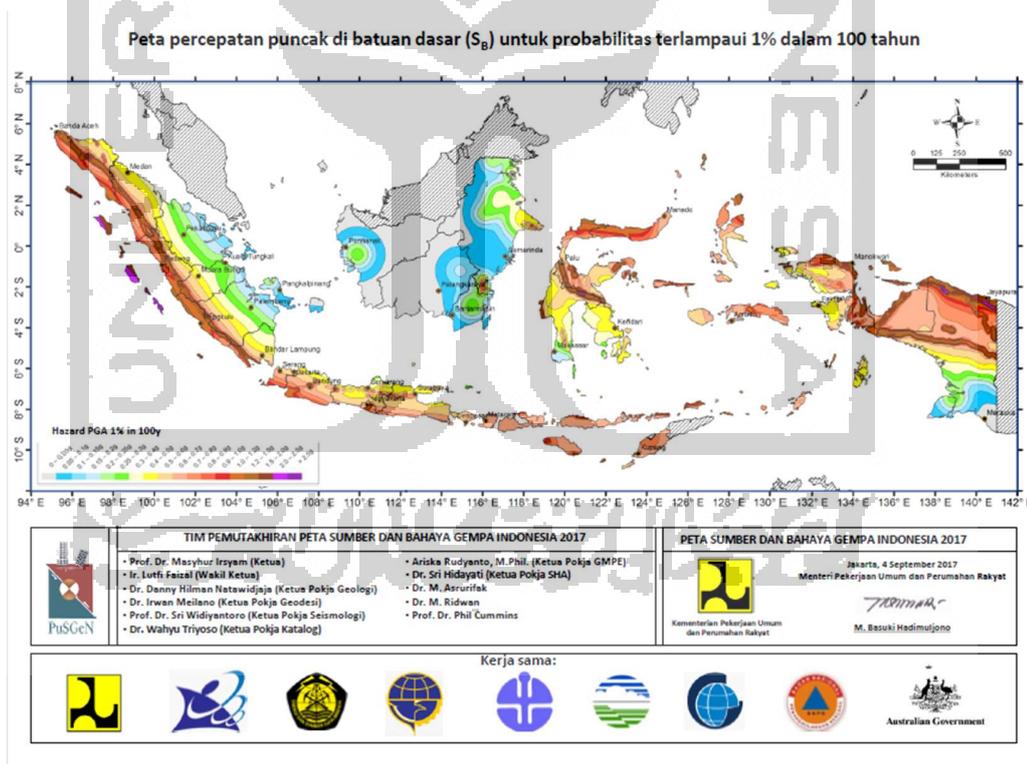
Tabel 5.2 Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalulintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu litas (kN m)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

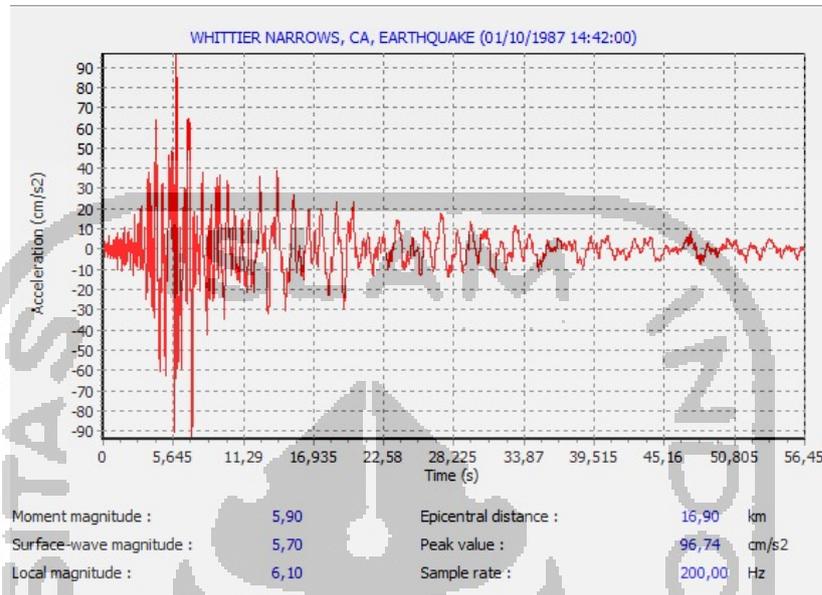
(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

2. Beban Gempa

Perhitungan pengaruh gempa terhadap timbunan secara analisis mengacu pada peta zonasi gempa yang diambil dari SNI 2833:2017. Beban gempa yang digunakan dalam analisis adalah beban gempa dinamik dengan waktu interval yang digunakan diperoleh dari data USGS (*U.S. Geological Survey*). Berdasarkan Gambar 5.2 kota Balikpapan nilai percepatan puncak gempa sebesar $0,05 - 0,1g$. Oleh karena itu, nilai percepatan puncak gempa yang digunakan sebesar $0,09674$ dengan waktu interval sebesar $5,645$ Waktu tersebut dianggap sudah melewati percepatan puncak gempa. Secara berturut – turut peta zonasi gempa dan hubungan antara nilai percepatan puncak gempa dan waktu gempa dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 sebagai berikut.



Gambar 5.3 Peta Zonasi Gempa
(sumber : SNI 2833:2017)



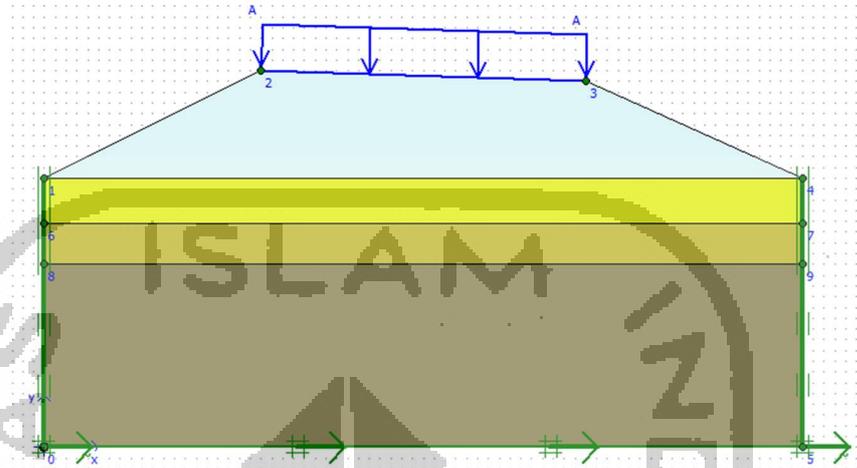
Gambar 5.4 Hubungan antara Percepatan Gempa dan Waktu Gempa
(Sumber USGS, 2018)

5.3 Tanah Timbunan Asli

Analisis yang dilakukan pada tanah timbunan asli bertujuan untuk mengetahui gaya – gaya yang kemungkinan terjadi, nilai angka aman dan pengaruh terhadap perilaku gempa yang terjadi. Perhitungan analisis menggunakan program Plaxis 8.6 dan perhitungan manual menggunakan metode Fellenius.

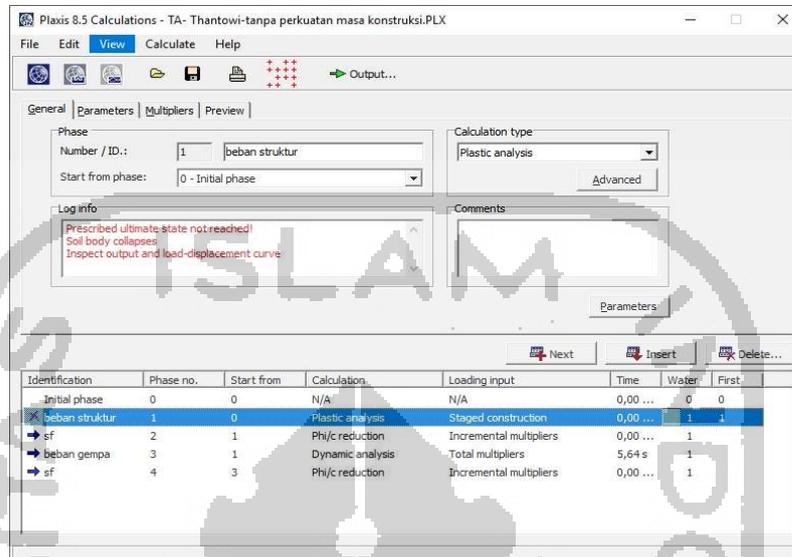
5.3.1 Analisis tanah Timbunan Asli menggunakan Program Plaxis 8.6

Dalam permodelan Analisis Tanah Timbunan asli, beban – beban yang bekerja meliputi beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas dan beban gempa yang dilakukan dengan dua kondisi, yaitu pada kondisi masa konstruksi dan paska konstruksi. Permodelan potongan melintang Tanah Timbunan asli dalam Plaxis 8.6 dilakukan secara dua dimensi yang dapat dilihat pada Gambar 5.5.

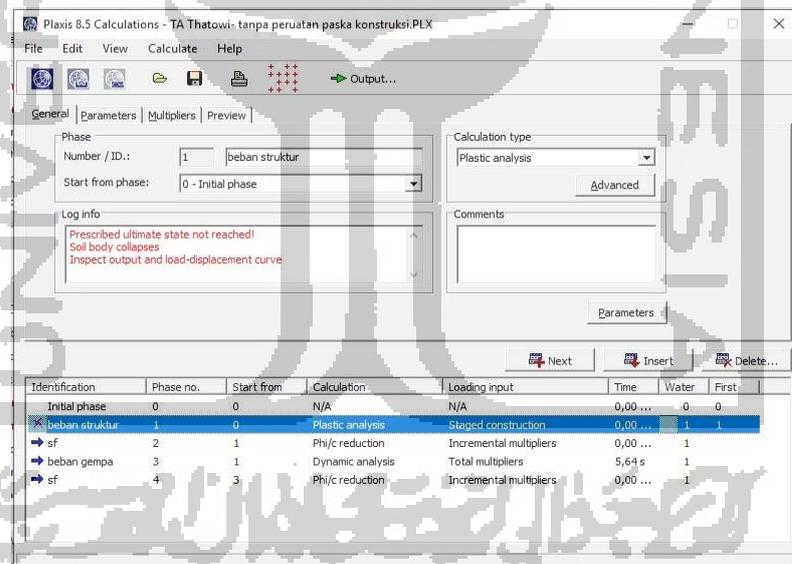


Gambar 5.5 Permodelan Potongan Melintang Tanah Timbunan Asli pada Program Plaxis 8.6

Pada saat dilakukan tahap perhitungan pada Program Plaxis 8.6, baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi, Tahapan memasukkan beban struktur perkerasan jalan terjadi *Soil body collapse* atau kondisi batas tidak tercapai yang ada pada kotak informasi perhitungan seperti pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7. hal tersebut diakibatkan kondisi tanah dasar tersebut tidak mampu mendukung beban tanah timbunan dan beban perkerasan jalan. Dengan terjadinya *collapse* pada tahapan memasukkan beban perkerasan jalan, maka tahapan selanjutnya tidak dapat dilakukan perhitungan karena pada tahapan berikutnya berhubungan dengan tahapan sebelumnya.

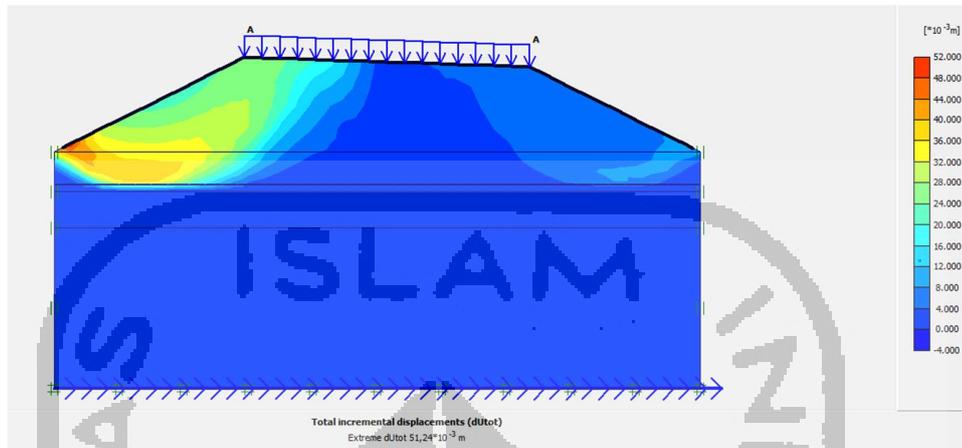


Gambar 5.6 Proses Tahapan Perhitungan Tanah Timbunan Asli Masa Konstruksi Pada Program Plaxis 8.6



Gambar 5.7 Proses Tahapan Perhitungan Tanah Timbunan Asli Pasca Konstruksi Pada Program Plaxis 8.6

Adapun daerah kelongsoran pada timbunan tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut ini.



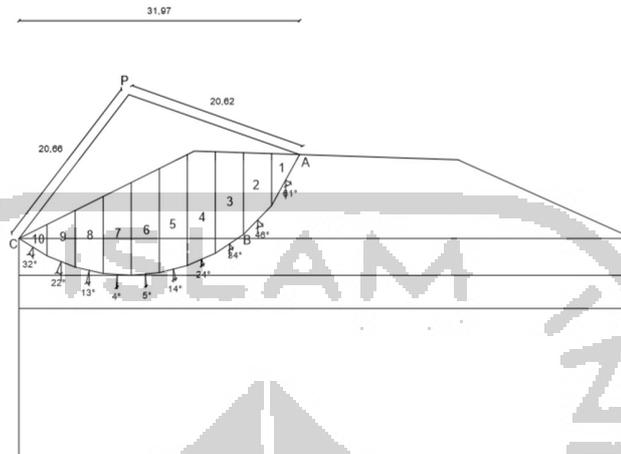
Gambar 5.8 Daerah Potensi Longsor Pada Timbunan tanah Asli saat kondisi masa konstruksi

Pada Perhitungan Timbunan Tanah asli, tahapan perhitungan nilai angka aman atau SF tidak dapat diperoleh. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan manual untuk memperoleh angka aman pada Timbunan tanah asli tersebut. Metode yang digunakan pada perhitungan penelitian ini adalah metode Fellinius.

5.3.2 Perhitungan Manual Menggunakan Metode Fellinius

Perhitungan manual dengan menggunakan metode Fellinius digunakan untuk mendapatkan nilai *safety factor* pada tanah Timbunan. Metode ini menghasilkan nilai *safety factor* sangat rendah yang tidak dapat ditampilkan dalam perhitungan menggunakan program plaxis 8.6. Pada analisis menggunakan Program Plaxis 8.6 didapatkan bidang longsor seperti pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9.

Berdasarkan gambar tersebut, keruntuhan terjadi hingga tanah dasar dengan jari-jari 20,66 meter dan total panjang dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 31,97 meter. Secara detailnya dapat dilihat pada Gambar 5.9 sebagai berikut.



Gambar 5.9 Penampang Irisan pada Timbunan Tanah Asli

Bidang Longsor dibagi menjadi 10 irisan. Panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 31,97 meter, maka tiap irisan akan mempunyai lebar $31,97/10 = 3,197$ meter. Untuk hasil rekapitulasi perhitungan menggunakan Metode Fellenius dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan menggunakan Metode Fellenius Tanah lapis 1

No	A (m ²)	W	W.sin Θ	W.cos Θ	W.cos Θ .tan ϕ
1	9,525	171,451	149,9535488	83,1206093	42,3520658
2	24,455	440,192	316,6461867	305,7816681	155,8035419
3	31,378	564,804	315,8343887	468,2437371	238,5821006
4	31,733	571,194	232,3255301	521,8116841	265,8763329
5	28,131	506,358	122,4990872	491,3170034	250,3385171
6	23,020	414,374	36,1151086	412,7975803	210,3308727
7	17,910	322,382	-22,4880920	321,5946985	163,8606833
8	12,800	230,400	-51,8287229	224,4948629	114,3858459
9	7,689	138,402	-51,8463017	128,3240998	65,3843946
10	2,579	46,422	-24,5999120	39,3680887	20,0590431
	189,220		1022,6108212		1526,9733981

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan menggunakan Metode Fellinius Tanah lapis 2

No	A (m ²)	W	W.sin θ	W.cos θ	W.cos θ .tan ϕ
1					
2					
3	2,095	33,52	18,74414612	27,78933943	0,970425117
4	7,62	121,92	49,58933152	111,3794622	3,889456525
5	11,164	178,624	43,21305668	173,3181038	6,052401552
6	12,949	207,184	18,05727541	206,3956023	7,207493253
7	13,096	209,536	-14,61649248	209,0255808	7,299334126
8	11,624	185,984	-41,83729689	181,2172421	6,32824554
9	8,414	134,624	-50,43103803	124,8211992	4,358852326
10	3,156	50,496	-26,75880317	42,82303666	1,495413392
	70,118	1121,888	-4,039820839		37,60162183

Berdasarkan hasil pengukuran panjang garis kurva AB = 26,706 m, BC = 12,095 m. Dari panjang kurva tersebut dapat dihitung nilai tahanan kelongsoran yang dikerahkan oleh komponen kohesi sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sum c_i \cdot a_i &= (13 \times 26,706) + (29 \times 12,095) \\ &= 697,933 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Pada tanah timbunan terdapat beban merata yang dihasilkan dari beban struktur dan beban lalu lintas sebesar 25 kN/m². Maka dari itu, momen yang dihasilkan dari beban merata tersebut diperhitungkan sebagai momen yang menggerakkan.

$$\begin{aligned}M_q &= (q \times A) \\ &= (25 \times 259,3388) \\ &= 6483,47 \text{ kN}\end{aligned}$$

Nilai *Safety factor* pada Timbunan tanah asli dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellinius adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}SF &= \frac{697,93+1564,6}{6483,5+1018,6} \\ &= 0,3016\end{aligned}$$

Berdasarkan nilai angka aman yang didapat pada timbunan tanah asli, diketahui bahwa semua nilai angka aman tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bowless yaitu SF > 1,25. Oleh karena itu perlu dilakukan perkuatan tanah untuk

meningkatkan angka aman pada timbunan tersebut. Perkuatan tanah yang digunakan adalah *Sheet Pile* dan Geotekstil. Kedua perkuatan tersebut diharapkan mampu menahan gaya lateral dan beban – beban yang bekerja.

5.4 Perkuatan Timbunan Dengan *Sheet Pile* Baja

Perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur merupakan salah satu alternatif perkuatan yang digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang terjadi. Pada dasarnya dengan tinggi timbunan yang cukup besar, maka diperlukan penambahan angkur dengan jarak tertentu. Perkuatan ini diharapkan mampu meningkatkan nilai *safety factor* tanah timbunan jalan. Analisis ini dilakukan sebagai perbandingan dengan analisis perkuatan Timbunan dengan Geotekstil.

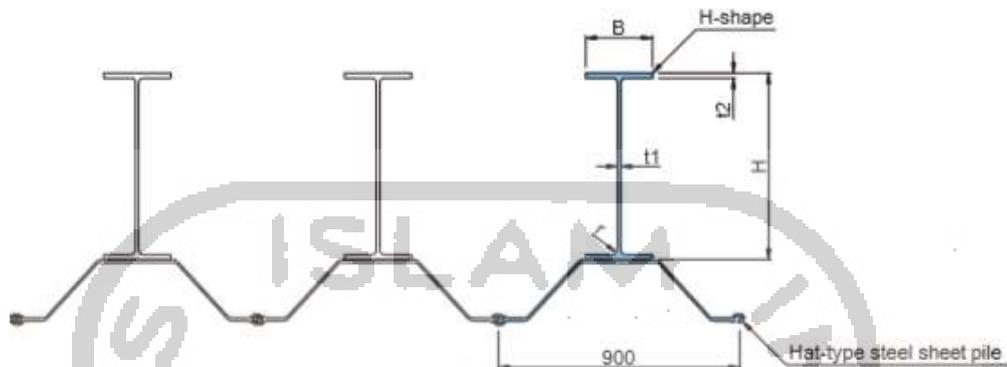
Dalam analisis perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur, perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan metode *simplified*. Metode ini memperhitungkan semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif

5.4.1 Data Perkuatan *Sheet Pile*

Dalam analisis perkuatan Timbunan dengan *sheet pile*, digunakan *sheet pile* produksi Nippon Steel tipe Hat+H NS-SP-10H dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Jenis material = Baja
2. *Widerstands moment* = 10440 cm³
3. Lebar (b) = 0,25 m
4. Tinggi (h) = 0,8 m
5. Ketebalan (t1) = 0,016 m
6. Ketebalan (t2) = 0,032 m
7. Modulus Elastisitas Baja = 2×10^8 kN/m²
8. Momen Inersia = 0,005689 m⁴
9. Berat = 3,14 kN

Adapun gambar profil *sheet pile* baja dapat dilihat pada Gambar 5.10.

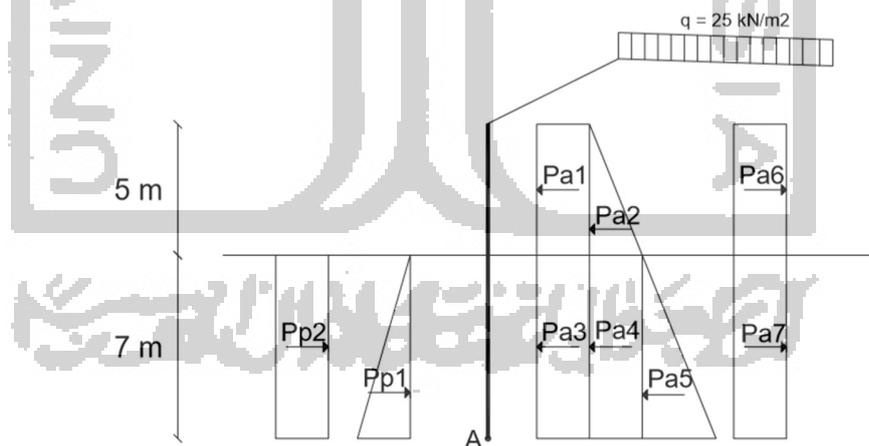


Gambar 5.10 Profil Sheet Pile Baja
(Sumber : infocom-hmjts-uty.blogspot.com,2018)

5.4.2 Perhitungan Desain Sheet Pile Berangkur

1. Tekanan Tanah Lateral

Pada perhitungan tekanan tanah lateral, perhitungan menggunakan cara *simplified*. Dalam perhitungan *simplified*, semua tekanan tanah baik aktif maupun pasif diperhitungkan secara utuh. Distribusi tekanan tanah lateral pada *sheet pile* berangkur dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



Gambar 5.11 Distribusi Tekanan Lateral Pada Sheet Pile

a. Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

$$K_{a1} = \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \right)$$

$$= \cos\beta \left(\frac{\cos 27 - \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}}{\cos 27 + \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}} \right)$$

$$= 0,89101$$

$$K_{a2} = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 - \frac{2}{2} \right)$$

$$= 0,93255$$

$$K_{p2} = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$= \tan^2 \left(45 + \frac{2}{2} \right)$$

$$= 1,072323$$

b. Perhitungan Tekanan tanah aktif dan pasif

Berikut adalah contoh perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif pada *sheet pile*.

$$\begin{aligned} Pa1 &= q \times K_{a1} \times h1 \\ &= 25 \times 0,89101 \times 3,5 \\ &= 77,963 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= 0,5 \times \gamma b1 \times h1 \times K_{a1} \times h1 \\ &= 0,5 \times 18 \times 3,5 \times 0,89101 \times 3,5 \\ &= 98,233 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa3 &= (q \times K_{a2}) \\ &= (25 \times 0,93255) \\ &= 23,314 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa4 &= (\gamma b1 \times h1) \times K_{a2} \times D \\ &= (18 \times 3,5) \times 0,93255 \times D \\ &= 58,751 D \text{ kN} \end{aligned}$$

$$Pa5 = 0,5 \times \gamma b2 \times D \times K_{a2} \times D$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times 16 \times 0,93255 \\
 &= 7,460 D^2 \text{ kN} \\
 \text{Pa6} &= 2 \times c1 \times \sqrt{Ka1} \times h1 \\
 &= 2 \times 29 \times \sqrt{0,89101} \times 3,5 \\
 &= 191,618 \text{ Kn} \\
 \text{Pa7} &= 2 \times c1 \times \sqrt{Ka2} \times D \\
 &= 2 \times 13 \times \sqrt{0,93255} \times D \\
 &= 25,10791 D \text{ kN} \\
 \text{Pp1} &= 0,5 \times \gamma b2 \times D \times Kp2 \times D \\
 &= 0,5 \times 16 \times D \times 1,072323 \times D \\
 &= 8,578584 D^2 \text{ kN} \\
 \text{Pp2} &= 2 \times c \times \sqrt{Kp2} \times D \\
 &= 2 \times 13 \times \sqrt{1,072323} \times D \\
 &= 26,92379 D \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 sebagai berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

No	Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)
1	Pa 1	$q \times Ka1 \times h1$	77,963
2	Pa 2	$0,5 \times \gamma b1 \times h1 \times Ka1 \times h1$	98,233
3	Pa 3	$(q \times Ka2)$	23,314
4	Pa 4	$(\gamma b1 \times h1) \times Ka2 \times D$	58,751
5	Pa 5	$0,5 \times \gamma b2 \times D \times Ka2 \times D$	7,460
6	Pa 6	$2 \times c1 \times \sqrt{Ka1} \times h1$	191,618
7	Pa 7	$2 \times c1 \times \sqrt{Ka2} \times D$	25,107908

Tabel 5.6 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

No	Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)
1	Pp 1	$0,5 \times \gamma b^2 \times D \times Kp2 \times D$	$8,5785842 D^2$
2	Pp 2	$2 \times c \times \sqrt{Kp2} \times D$	$26,923788 D$

2. Momen dan Kedalaman Penetrasi pada *Sheet pile*.

Pada perhitungan momen *sheet pile*, titik tinjauan momen terletak pada dasar *sheet pile*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Perhitungan Nilai Momen Pada Sheet Pile

No	Tekanan Tanah	Gaya (kN)	Lengan Ke A (m)	Momen (kNm)
1	Pa 1	77,963	$1,750 + D$	$136,435 + 77,963 D$
2	Pa 2	98,233	$1,167 + D$	$114,606 + 98,233 D$
3	Pa 3	23,314	$0,500 D$	$11,657 D^2$
4	Pa 4	58,751	$0,500 D$	$29,375 D^2$
5	Pa 5	7,460	$0,333 D$	$2,487 D^3$
6	Pa 6	191,618	$1,750 + D$	$335,332 + 191,618 D$
7	Pa 7	25,107908	$0,500 D$	$12,554 D^2$
13	Pp 1	$8,5785842 D^2$	$0,333 D$	$2,860 D^3$
14	Pp 2	$26,923788 D$	$0,500 D$	$13,462 D^2$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan nilai momen sebagai berikut.

$$\Sigma M \text{ total} = 0,373 D^3 + 15,017 D^2 + 15,422 D + 84,291$$

Dalam kondisi seimbang, $\Sigma M \text{ total} = 0$, maka

$$\Sigma M \text{ total} = 0$$

$$0,373 D^3 + 15,017 D^2 + 15,422 D + 84,291 = 0$$

$$D = 3,1 \text{ m.}$$

Nilai kedalaman *sheet pile* didapatkan sebesar 3,1 m. Nilai tersebut dikalikan dengan angka keamanan sebesar 1,5 sehingga panjang kedalaman menjadi $4,65 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$. Karena kedalaman penetrasi *Sheet Pile* belum

memotong bidang longsor oleh karena itu kedalaman penetrasi *Sheet Pile* diperpanjang menjadi 10 m. Maka, panjang total *sheet pile* sebesar 13,5 m.

5.4.3 Penentuan Profil *Sheet Pile* Baja

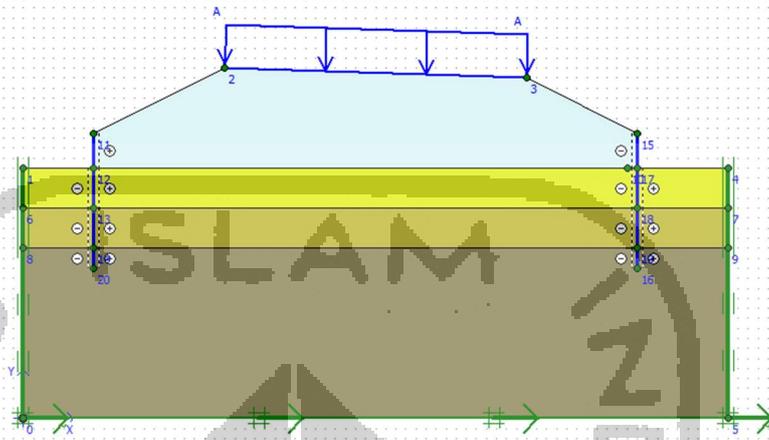
Dalam perencanaan ini, digunakan *sheet pile* baja produksi Nippon Steel tipe Hat+H NS-SP-10H dengan nilai tegangan tarik ijin (σ) 400 Mpa. Penentuan tipe *Sheet Pile* baja didasarkan pada nilai *widerstand moment* yang tersedia di tabel profil baja produksi Nippon Steel pada Lampiran 4. Berdasarkan perhitungan sebelumnya, maka nilai ΣM total didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \Sigma M \text{ total} &= -0,373 D^3 + 15,017 D^2 - 15,422 D - 84,291 \\
 &= -0,373 (10^3) + 15,017 (10^2) - 15,422 (10) - 84,291 \\
 &= 890,4352 \text{ kNm} \\
 W &= \frac{\Sigma M \text{ total}}{\sigma} \\
 &= \frac{890,4352}{210000} \\
 &= 0,00424 \text{ m}^3 \\
 &= 4240,167 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan didapat nilai *widerstands moment* sebesar $4240,167 \text{ cm}^3 < 10440 \text{ cm}^3$, maka profil *sheet pile* baja yang digunakan aman.

5.4.4 Analisis Stabilitas Perkuatan Timbunan dengan *Sheet Pile* Menggunakan Program Plaxis 8.6.

analisis stabilitas perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* menggunakan program plaxis 8.6 sama dengan analisis stabilitas perkuatan Timbunan dengan menggunakan Geotekstil. Dalam analisisnya dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi masa konstruksi dan kondisi paska konstruksi. Permodelan Timbunan dengan perkuatan *sheet pile* pada program plaxis 8.6 dapat dilihat pada Gambar 5.12 sebagai berikut.

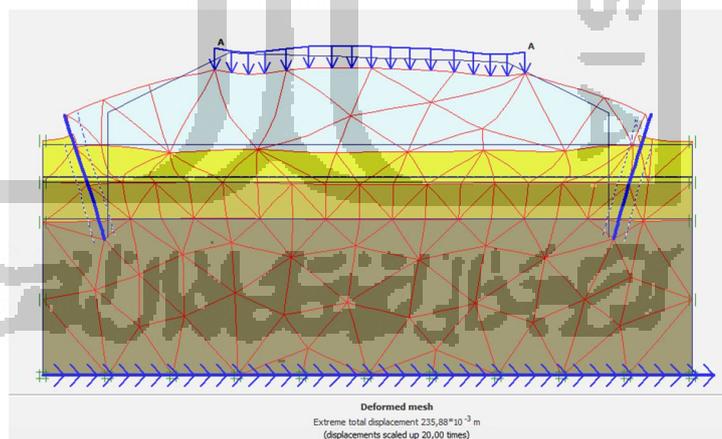


Gambar 5.12 Pemodelan Perkuatan Timbunan Dengan Sheet Pile Menggunakan Program Plaxis 8.6

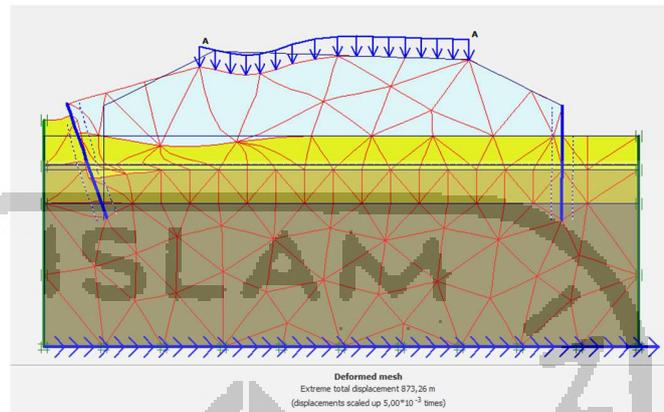
1. Permodelan Masa Konstruksi

a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14.



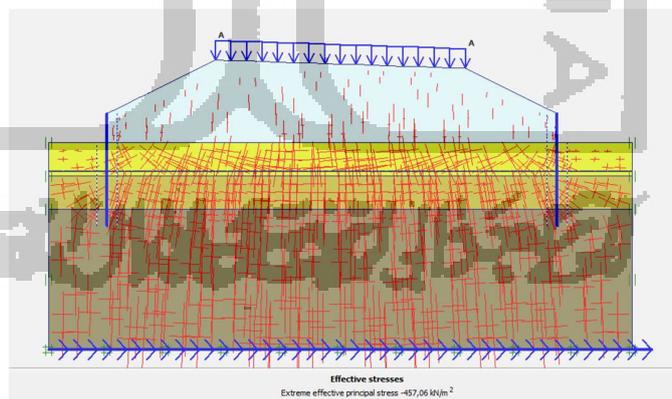
Gambar 5.13 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



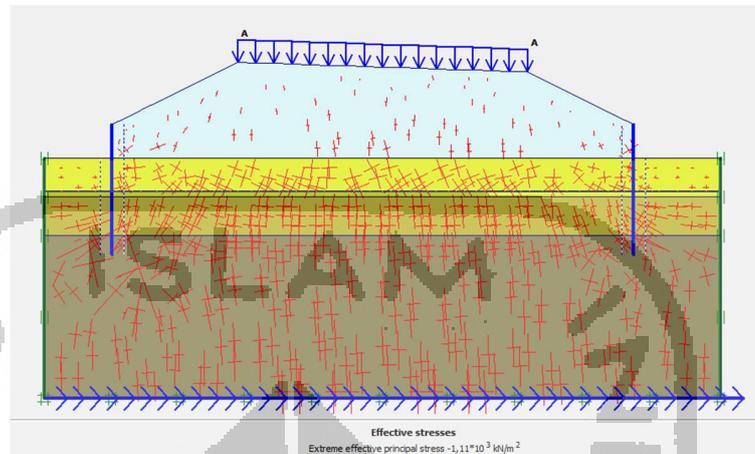
Gambar 5.14 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-457,06 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-1,11 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5. 15 dan Gambar 5.16.



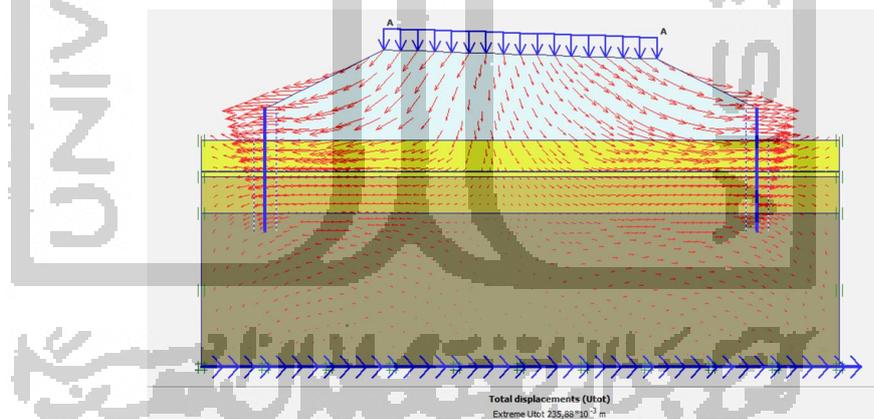
Gambar 5.15 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



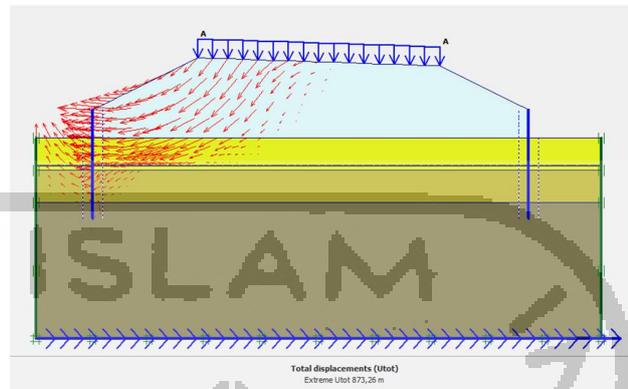
Gambar 5.16 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



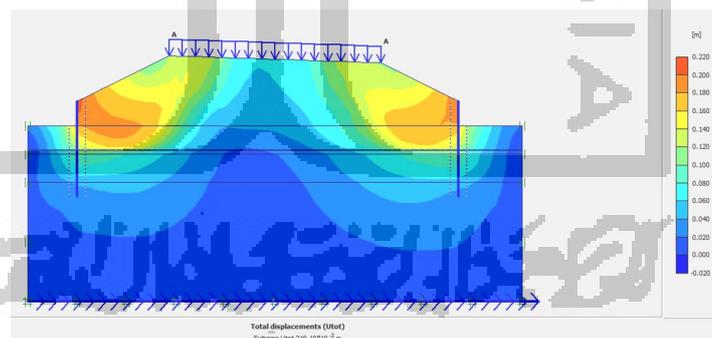
Gambar 5.17 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



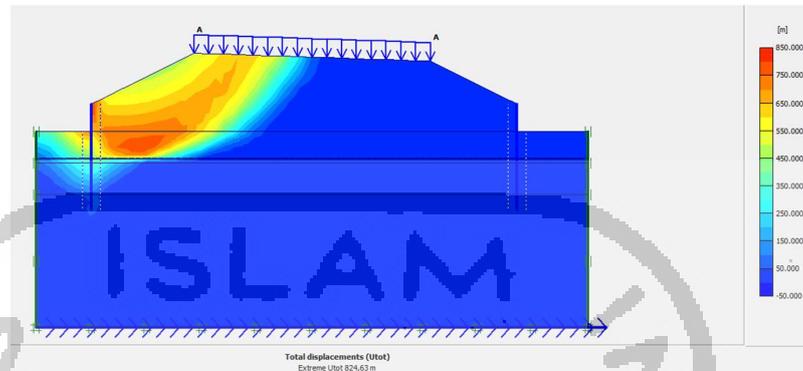
Gambar 5.18 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

d. *Total Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar $219,10 \times 10^{-3}$ m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 824,63 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20.



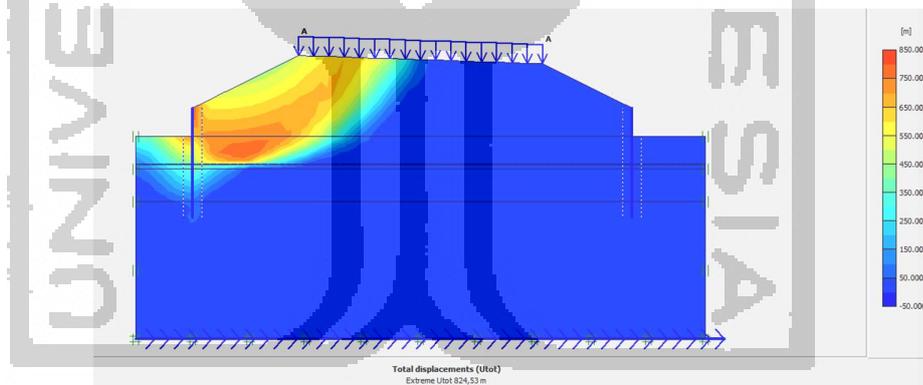
Gambar 5.19 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



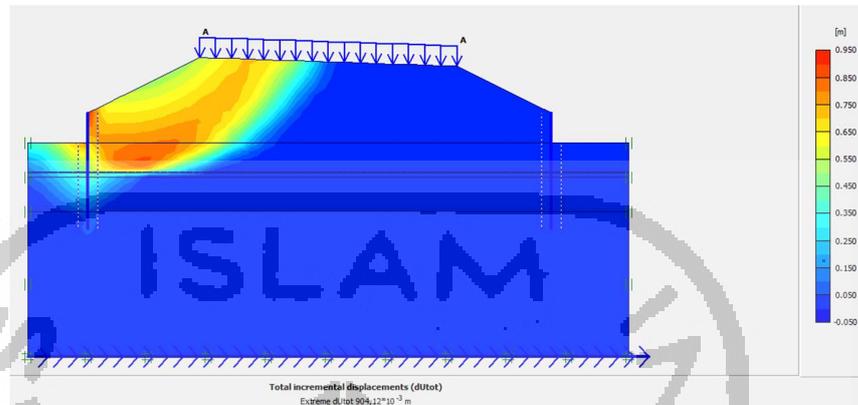
Gambar 5.20 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22.



Gambar 5.21 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



Gambar 5.22 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,4953. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,4924. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* berangkur tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4953

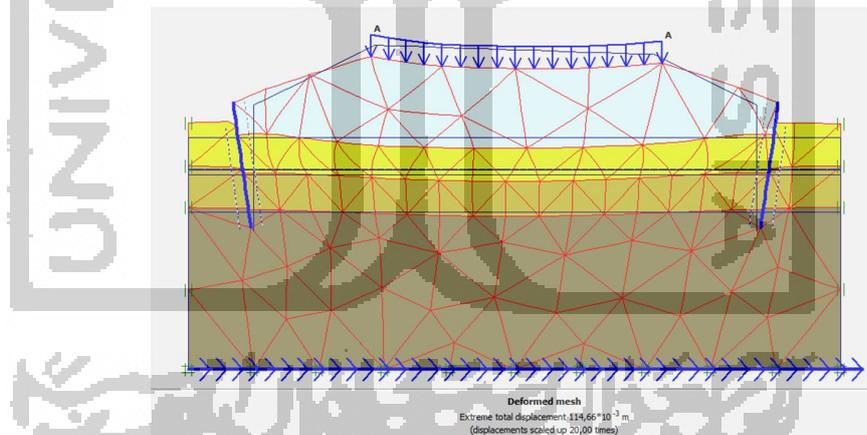
Gambar 5.23 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,4924

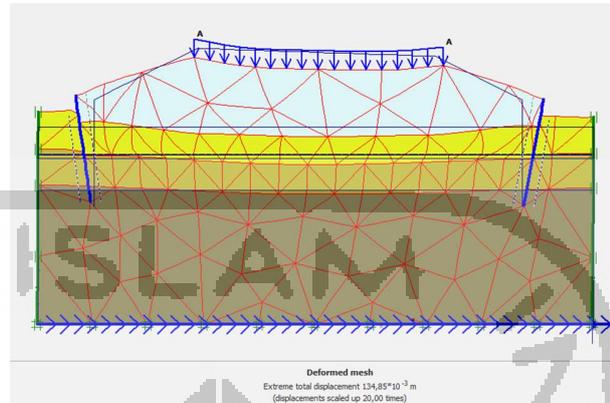
Gambar 5.24 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Berangkur Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

2. Pasca Konstruksi
 - a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi pasca konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.



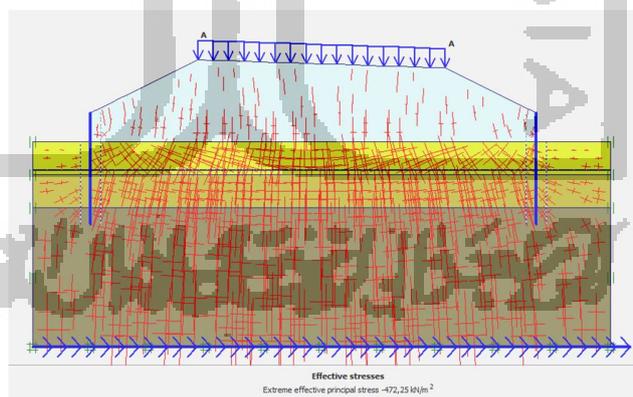
Gambar 5.25 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Pasca Konstruksi



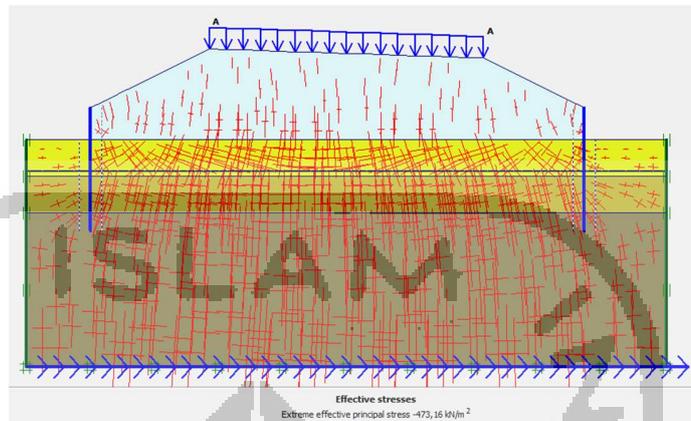
Gambar 5.26 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-472,25 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-473,16 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28.



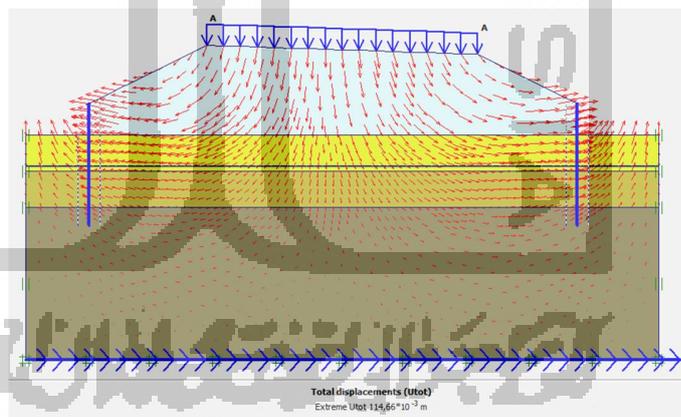
Gambar 5.27 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



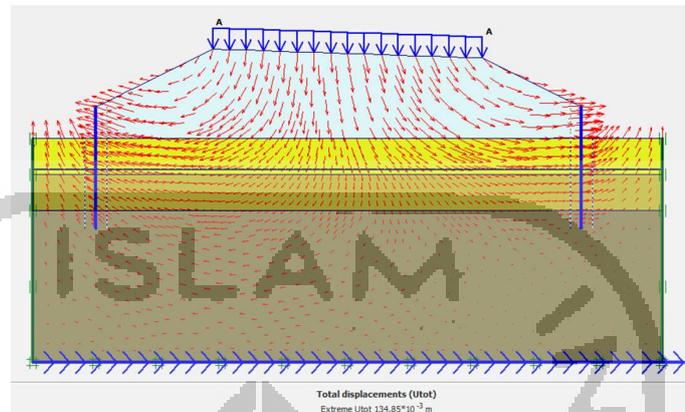
Gambar 5.28 Tegangan Efektif Perkuatan Lereng Menggunakan *Sheet Pile* Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30.



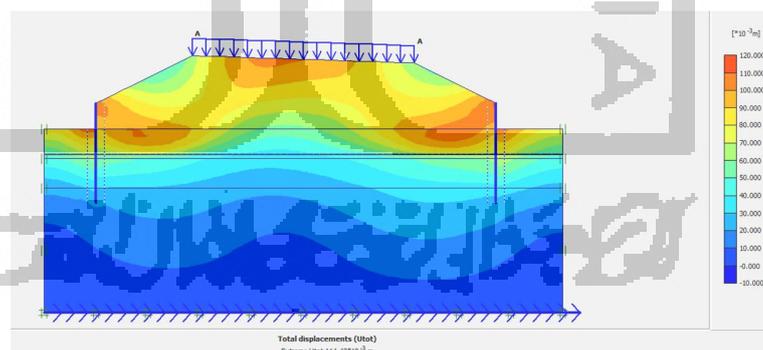
Gambar 5.29 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan *Sheet Pile* Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



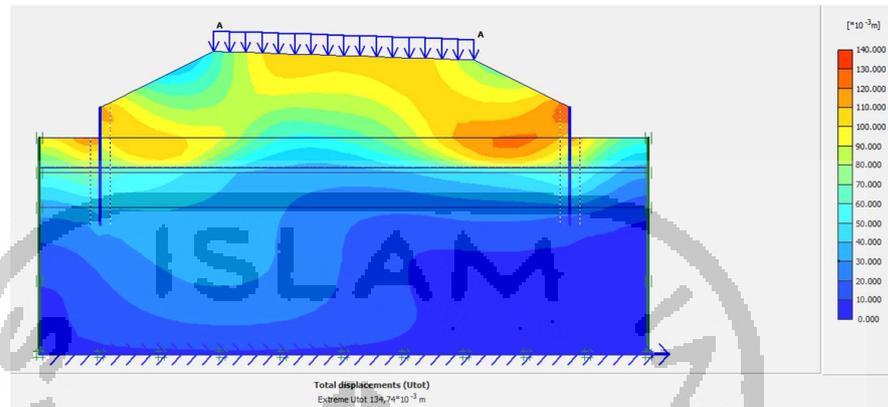
Gambar 5.30 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

d. Total *Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $114,43 \times 10^{-3}$ m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar $134,74 \times 10^{-3}$ m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32.



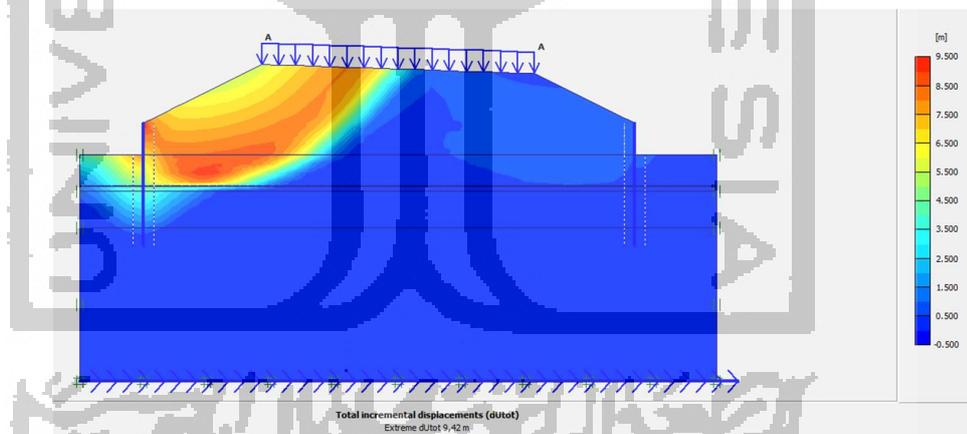
Gambar 5.31 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



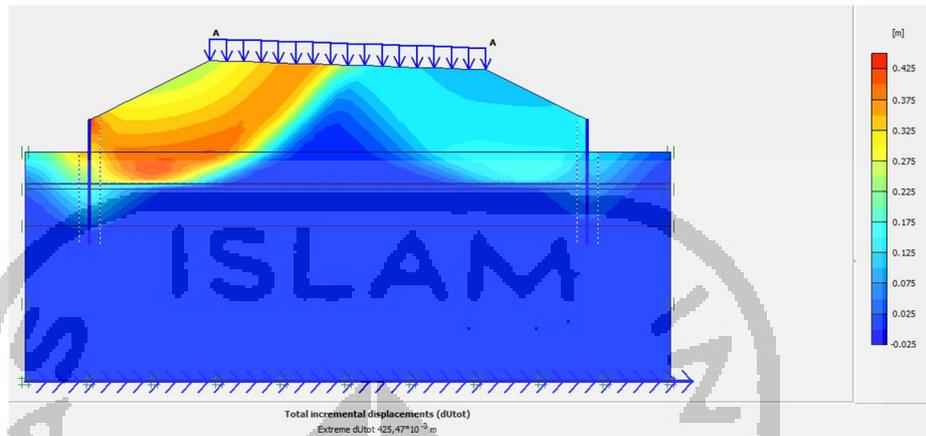
Gambar 5.32 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34.



Gambar 5.33 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5.34 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,2744. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *sheet pile* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Gambar 5.36.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2753

Gambar 5.35 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2744

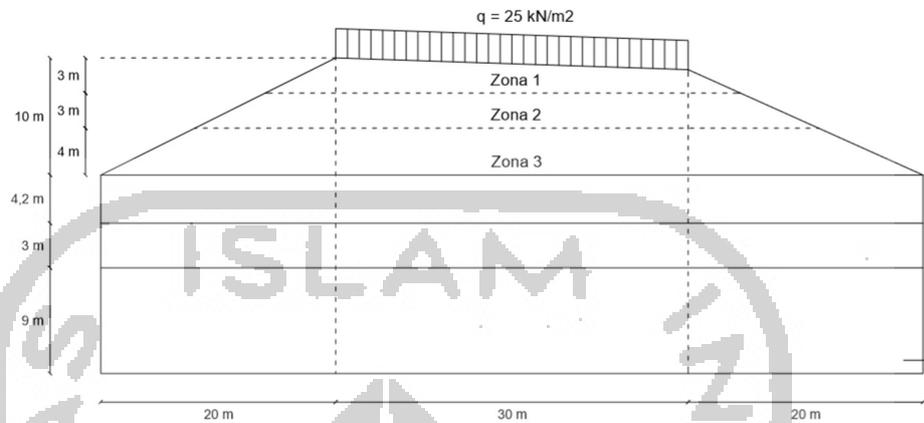
Gambar 5.36 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Sheet Pile Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

5.5 Perkuatan Timbunan Dengan Geotekstil

Agar menaikan Safety Factor Timbunan pada jalan Tol yang menghubungkan ruas Balikpapan – Samarinda seksi V sepanjang $\pm 33,5$ km perlu dilakukan suatu pekerjaan konstruksi perkuatan Timbunan yang dapat menahan penurunan Tanah. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis perkuatan Timbunan menggunakan perkuatan geotekstil sesuai dengan perbandingan menggunakan perkuatan *Sheet Pile*.

Berdasarkan Hardiyatmo (2008), geotekstil merupakan material lembaran yang terbuat dari bahan tekstil polymeric, bersifat lolos air, yang dapat berbentuk bahan nir-anyam (non woven), rajutan atau anyam (woven) yang digunakan dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain di dalam aplikasi teknik sipil. Ketika kain tekstil ini diletakkan di dalam tanah, maka disebut geotekstil.

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode zone per zone, pemilihan jumlah zona dipengaruhi oleh ketinggian Timbunan, dikarenakan tinggi Timbunan mencapai 10 m, maka tanah timbunan dibagi menjadi tiga bagian yaitu zone 1, zone 2, dan zone 3. Berdasarkan potensi kelongsoran pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11, peletakan geotekstil dilakukan pada timbunan bagian atas. Adapun desain peletakan geotekstil pada timbunan dapat dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Timbunan Baru Dengan Perkuatan Geotekstil

Dalam merencanakan suatu perkuatan geotekstil, perlu dilakukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada geotekstil, dan perlu dilakukan analisis terhadap stabilitas eksternal dan internal pada geotekstil, sehingga geotekstil menjadi lebih stabil.

Adapun data yang digunakan dalam menghitung perkuatan geotekstil adalah sebagai berikut.

1. Tanah Timbunan
 - a. Berat Volume Tanah (γ_b) : 18 kN/m³
 - b. Berat Volume Tanah (sat) : 19,5 kN/m³
 - c. Sudut Geser Dalam (ϕ) : 27 °
 - d. Kohesi (c) : 29 kN/m²
 - e. Kemiringan Lereng : 27 °
2. Data Geotekstil
 - a. Jenis Geotekstil : Geotekstil woven UW-250
 - b. Kuat Tarik Ultimate : 52 kN/m
 - c. Kekakuan Normal : 260 kN/m

Untuk koefisien daya dukung dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Koefisien Daya Dukung Tanah

ϕ	N_c	N_q	N_y	ϕ	N_c	N_q	N_y
7	7,16	1,88	0,71	26	22,25	11,85	12,54
8	7,53	2,06	0,86	27	23,94	13,2	14,47
9	7,92	2,25	1,03	28	25,8	14,72	16,72
10	8,85	2,47	1,22	29	27,86	16,44	19,34
11	8,8	2,71	1,44	30	30,14	18,4	22,4
12	9,28	2,97	1,69	31	32,67	20,63	25,9
13	9,81	3,26	1,97	32	35,49	23,18	30,22
14	10,37	3,59	2,29	33	38,64	26,09	35,19
15	10,98	3,94	2,65	34	42,16	29,44	41,06
16	11,63	4,34	3,06	35	46,12	33,3	48,03
17	12,34	4,77	3,53	36	50,59	37,75	56,31
18	13,1	5,26	4,07	37	55,63	42,92	66,19
19	13,93	5,8	4,68	38	61,35	48,93	78,03
20	14,83	6,4	5,39	39	37,87	55,96	92,25
21	15,82	7,07	6,2	40	75,31	64,2	109,41
22	16,88	7,82	7,13	41	83,86	73,9	130,22
23	18,05	8,66	8,2	42	93,71	85,38	155,55
24	19,32	9,6	9,44	43	105,11	99,02	186,54
25	20,72	10,66	10,8	44	118,37	115,31	224,64

Perhitungan geotekstil menggunakan program Microsoft Excel sehingga angka-angka yang tertulis apabila dihitung secara manual akan menghasilkan angka yang tidak 100% sama.

5.5.1 Stabilitas External

1. Menentukan Jarak Vertical pada Geotekstil (SV)

Beban merata kendaraan = 25 kN/m digunakan safety factor = 1.5.

Koefisien Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.

$$\begin{aligned}
 Ka1 &= \cos\beta \left(\frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi}} \right) \\
 &= \cos 27 \left(\frac{\cos 27 - \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}}{\cos 27 + \sqrt{\cos^2 27 - \cos^2 27}} \right) \\
 &= 0,8910
 \end{aligned}$$

a. Zona 1

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc 1} &= (q \times ka) + (ka \times H1 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\
 &= (25 \times 0,8910) + (0,8910 \times 3 \times 18) - (2 \times 29 \times \sqrt{0,8910}) \\
 &= 15,6415 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sv1 &= \frac{Ta}{\sigma_{hc 1} \times SF} \\
 &= \frac{26}{15,6415 \times 1,5} \\
 &= 1,1081 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Di lapangan dipakai Sv1} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya Lapisan geotekstil} &= \frac{3}{1,5} \\
 &= 2 \text{ Lembar}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil} = 2 \text{ Lembar}$$

b. Zona 2

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc 2} &= (ka \times H2 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\
 &= (0,8910 \times 6 \times 18) - (2 \times 6 \times \sqrt{0,8910}) \\
 &= 41,4806 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Sv 2 &= \frac{Ta}{\sigma_{hc 1} \times SF} \\
 &= \frac{26}{41,4806 \times 1,5} \\
 &= 0,4178 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Di lapangan dipakai Sv1} = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyaknya Lapisan geotekstil} &= \frac{3}{0,5} \\
 &= 6 \text{ Lembar}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil} = 4 \text{ Lembar}$$

c. Zona 3

$$\begin{aligned} \text{ohc 3} &= (ka \times H^3 \times \gamma b) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\ &= (0,8910 \times 10 \times 18) - (2 \times 29 \times \sqrt{0,8910}) \\ &= 105,6332 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sv 3} &= \frac{Ta}{\sigma_{hc} \times SF} \\ &= \frac{26}{105,6332 \times 1,5} \\ &= 0,1640 \text{ m} \end{aligned}$$

Di lapangan dipakai Sv 3 = 0,5 m

Banyaknya Lapisan geotekstil = $\frac{4}{0,5}$
= 8 Lembar

Diambil = 8 Lembar

2. Menentukan Panjang Geotekstil

a. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum MR}{\sum MD} = \frac{\text{Momen Melawan}}{\text{Momen Penggulingan}} \geq 1,5$$

$$\sum MD = \left(q \times ka \times \frac{1}{2} \times H^2 \right) + \left(\frac{1}{2} \times ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H \right) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)$$

$$\sum MR = ((0,5 \times \gamma b \times H) + (q \times 0,5)) \times L^2$$

$$L = \frac{SF \cdot [0,5 \cdot Q \cdot Ka \cdot H^2 - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2 + \frac{1}{6} \cdot Ka \cdot H^3 \cdot \gamma b]}{\tan \phi \cdot (0,5Q + 0,5 \cdot \gamma b \cdot H)}$$

$$L = \frac{1,5 \cdot [0,5 \cdot 25 \cdot 0,8910 \cdot 10^2 - 29 \cdot \sqrt{0,8910} \cdot 10^2 + \frac{1}{6} \cdot 0,8910 \cdot 10^3 \cdot 18]}{\tan 27 \cdot (0,5 \cdot 25 + 0,5 \cdot 18 \cdot 10)}$$

$$L = 30,1392$$

Diambil panjang Geotekstil = 31 m

b. Stabilitas terhadap Geser

Tahanan geser pada dasar perkuatan ($\delta b = \frac{2}{3} \times 30^\circ = 20^\circ$)

$$L = \frac{SF \cdot [Q \cdot Ka \cdot H - 2 \cdot c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H + 0,5 \cdot Ka \cdot H^2 \cdot \gamma b]}{\tan \phi (Q + H \cdot \gamma b)}$$

$$L = \frac{1,5 \cdot [25 \cdot 0,8910 \cdot 10 - 2 \cdot 29 \cdot \sqrt{0,8910} \cdot 10 + 0,5 \cdot 0,8910 \cdot 10^2 \cdot 18]}{\tan 27(25 + \cdot 18)}$$

$$L = 6,8525 \text{ m}$$

Diambil panjang Geotekstil = 7 m

c. Eksentrisitas

$$e = \frac{\Sigma MD}{Rv} = \frac{(Pq \times \frac{1}{2} H) + (Ps \times \frac{1}{3} H) - (Pk \times \frac{1}{2} H)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

Resultan Gaya yang bekerja pada teras

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{(q \times Ka \times \frac{1}{2} \times H^2) + (\frac{1}{2} \times Ka \times \gamma b \times H^2 \times \frac{1}{3} \times H) - (2 \times c \times \sqrt{Ka} \times \frac{1}{2} \times H^2)}{(H \times \gamma b \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{\Sigma M_{aktif}}{Rv}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{((0,5 \times Q \times ka \times H^2) + ((\frac{1}{6}) \times ka \times H^3 \times \gamma b) - (c \times \sqrt{Ka} \times H^2)}{Q + (\gamma b \times H) \cdot L}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{((0,5 \times 25 \times 0,8910 \times 10^2) + ((\frac{1}{6}) \times 0,8910 \times 10^3 \times 18) - (29 \times \sqrt{0,8910} \times 10^2)}{25 + (18 \times 10) \cdot L}$$

$$\frac{1}{6} L = \frac{1049,3766}{205 L}$$

$$1049,3766 = 34,1666 L^2$$

$$L^2 = 30,71346$$

$$L = \sqrt{30,71346}$$

$$L = 5,5419 \text{ m}$$

Diambil panjang Geotekstil = 6 m

d. Tinjauan terhadap daya dukung pondasi

$$\text{Digunakan SF} = 1,2$$

$$N_c = 23,94$$

$$N_\gamma = 14,47$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \times \gamma b \text{ timb.} + q}$$

$$Q_{ult} = c \times N_c + 0,5 \times L \times \gamma b \times N_\gamma$$

$$= 29 \times 23,94 + 0,5 \times L \times 18 \times 14,47$$

$$= 694,26 + 130,23 L$$

Maka,

$$\begin{aligned} q_{ult} &= q_{ult} \times SF \\ &= (694,26 + 130,23 L) \times 1,2 \\ &= 833,112 + 156,276 L \end{aligned}$$

$$L \leq \frac{833,112 + 156,276 L}{(10 \times 18) + 25}$$

$$L \leq \frac{833,112 + 156,276 L}{205}$$

$$205 L \leq 833,112 + 156,276 L$$

$$L = \frac{833,112}{(205 - 156,276)} = 17,0986 \text{ m}$$

$$L = 17,0986$$

Digunakan panjang Geotekstil = 18 m

Berdasarkan empat jenis stabilitas eksternal, digunakan panjang paling besar yaitu 31 meter. Panjang 31 meter merupakan panjang minimum yang digunakan pada perkuatan Timbunan agar mampu menahan keempat stabilitas eksternal, akan tetapi panjang tersebut belum melawati garis potensi kelongsoran pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 sepanjang 31,97 meter, maka digunakan panjang geotekstil sebesar 32 meter, agar geotekstil mampu menyalurkan gaya ke tanah pasif.

Hasil rekapitulasi perhitungan menentukan L dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Menentukan Panjang Geotekstil

No	Panjang	Nilai L	Satuan
1.	L Stabilitas Terhadap Guling	30,1392	m
2.	L Stabilitas Terhadap Geser	6,8525	m
3	L Stabilitas Terhadap Eksentrisitas	5,5419	m
4	L Stabilitas terhadap Daya Dukung	17,0986	m
5	L yang digunakan	30,1392	m

5.5.2 Stabilitas Internal

1. Panjang geotekstil *overlapping*

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_{vi} \times SF}{2 \times \gamma_b \times z_i \times \tan \phi}$$

Zona A1 pada geotekstil no. 1

$$\sigma_{hc} = 15,6414 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 1,5$$

$$S_{v1} = 1,1081 \text{ m}$$

$$Z_1 = 1,5 \text{ m}$$

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times Z_1 \times SF}{2 \times H_1 \times \gamma_b \times \tan \phi}$$

$$L_o = \frac{15,6414 \times 1,5 \times 1,5}{2 \times 3 \times 18 \times \tan 27}$$

$$= 0,6395 \text{ m}$$

Karena panjang overlapping minimum 1 meter, maka panjang overlapping diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan L_o dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Panjang Overlapping Geotekstil

Zona	Geotekstil	S_{vi} (m)	Z_i (m)	L_o (m)	L_o Pakai (m)
Zona 1	Geotekstil no 1	1,1081	1,5	0,6395	1
	Geotekstil no 2	1,1081	1,5	0,6395	1
Zona 2	Geotekstil no 3	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 4	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 5	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 6	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 7	0,4178	0,5	0,2826	1
	Geotekstil no 8	0,4178	0,5	0,2826	1

Tabel 5.10 Rekapitulasi Panjang Overlapping Geotekstil

zona	Geotekstil	Svi (m)	Zi (m)	Lo (m)	Lo Pakai (m)
Zona 3	Geotekstil no 9	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 10	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 11	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 12	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 13	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 14	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 15	0,1640	0,5	0,4319	1
	Geotekstil no 16	0,1640	0,5	0,4319	1

2. Panjang efektif geotekstil

$$Le = \frac{SF \times Svi \times ka \times \gamma b \times zi}{2 \times \gamma b \times zi \times tg \emptyset}$$

Zona 1 pada geotekstil no. 1

$$Le = \frac{SF \times Svi \times ka}{2 \times tg \emptyset}$$

$$Le = \frac{1,5 \times 1,1081 \times 0,8910}{2 \times tg 27}$$

$$= 1,4533 \text{ m}$$

Karena panjang Le minimum 1 meter, maka panjang Le diambil 1 m. Hasil rekapitulasi perhitungan Le dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Panjang Efektif Geotekstil

Zona	Geotekstil	Le (m)	Le pakai (m)
Zona 1	Geotekstil no 1	1,4533	1,5
	Geotekstil no 2	1,4533	1,5
Zona 2	Geotekstil no 3	0,5480	1,5
	Geotekstil no 4	0,5480	1,5
	Geotekstil no 5	0,5480	1,5

Tabel 5.11 Rekapitulasi Panjang Efektif Geotekstil

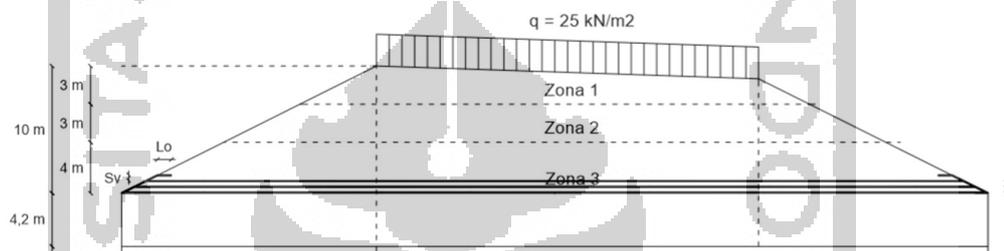
Zona	Geotekstil	Le (m)	Le pakai (m)
Zona 2	Geotekstil no 6	0,5480	1,5
	Geotekstil no 7	0,5480	1,5
	Geotekstil no 8	0,5480	1,5
Zona 3	Geotekstil no 9	0,2152	1,5
	Geotekstil no 10	0,2152	1,5
	Geotekstil no 11	0,2152	1,5
	Geotekstil no 12	0,2152	1,5
	Geotekstil no 13	0,2152	1,5
	Geotekstil no 14	0,2152	1,5
	Geotekstil no 15	0,2152	1,5
	Geotekstil no 16	0,2152	1,5

Setelah memperhitungkan panjang geotekstil berdasarkan stabilitas eksternal dan internal, selanjutnya menghitung kemampuan geotekstil dalam menahan kuat tarik akibat tanah. Kuat tarik akibat tanah pada geotekstil terjadi saat geotekstil menerima beban dari atas (soil embankment) maka geotekstile akan terjadi perlawanan dengan meregang dan mentransfer tegangan tersebut ke daerah pasif. Sehingga geotekstil mampu menahan gaya tarik yang bekerja akibat diberikan beban tersebut. Untuk itu keperluan perencanaan jenis geotekstil yang mampu menahan gaya tarik tersebut perlu dilakukan pengecekan terhadap gaya tariknya. Untuk menghitung kuat tarik geotekstil, gunakan nilai Svi paling dasar, yaitu pada zona 3 dengan Svi 0,1640 meter. Adapun perhitungan gaya tarik yang bekerja pada geotekstil adalah sebagai berikut.

Gaya tarik yang bekerja pada geotekstil

$$\begin{aligned}
 T &= tg \emptyset \times 2 \times \sigma_n \times b \times L \\
 &= tg 30 \times 2 \times (0,5 \times 0,8 \times 15,3) \times 1 \times 7 \\
 &= 49,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai kuat tarik maksimum pada geotekstil sebesar 49,47 kN. Nilai tersebut masih berada dibawah nilai kuat tarik ultimate dari geotekstil sebesar 52 kN/m, maka geotekstil aman dalam menahan kuat tarik. Adapun detail pemasangan dapat dilihat pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Detail Pemasangan Geotekstil Pada Timbunan Baru

Timbunan baru dengan perkuatan geotekstil di analisis menggunakan program Plaxis 8.6. Adapun input parameter tanah dan input parameter geotekstil dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, dan data geotekstil terlampir pada lampiran 5.1.

Tabel 5.12 Parameter Tanah Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil

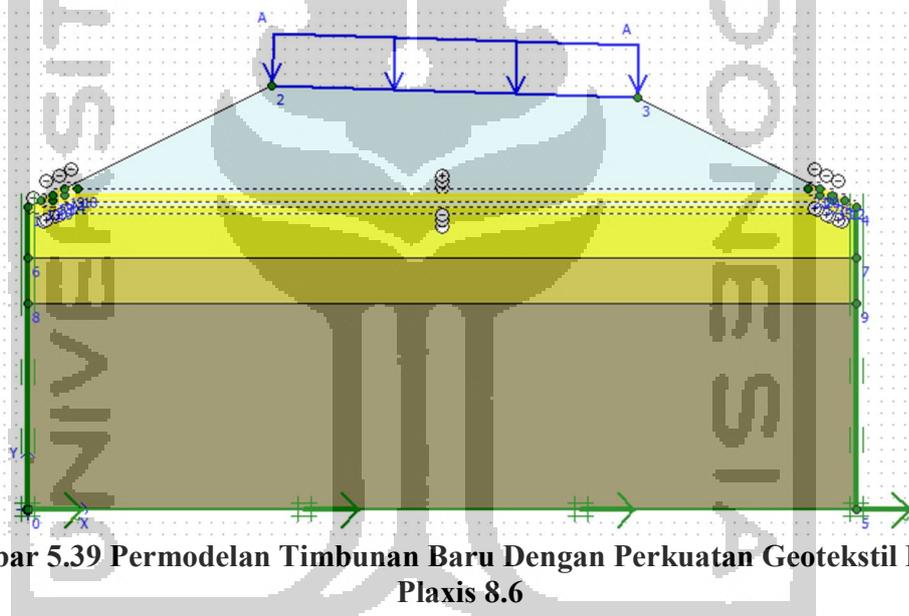
<i>Parameters</i>	<i>Name</i>	<i>Emb.</i>	<i>Soft Layer</i>	<i>Medium Layer</i>	<i>Hard Layer</i>	<i>Units</i>
<i>Model</i>	<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	-
<i>Type of Behavior</i>	<i>Type</i>	D	D	D	D	-
<i>Soil Weight Unsaturated</i>	γ_{unsat}	18	16	18	20	kN/m ³
<i>Soil Weight Saturated</i>	γ_{sat}	19,5	17,5	20	21	kN/m ³
<i>Young's Modulus</i>	E_{ref}	15000	2000	8800	14000	kN/m ²
<i>Cohesion</i>	c	29	13	25	30	kN/m ²
<i>Friction Angle</i>	ϕ	27	2	30	35	°
<i>Poisson Ratio</i>	ν	0,3	0,3	0,3	0,3	-
k_x	k_x	$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	
k_y	k_y	$0,1 \times 10^{-1}$	$0,1 \times 10^{-6}$	$0,1 \times 10^{-4}$	$0,1 \times 10^{-1}$	

Tabel 5.13 Parameter Input Geotekstil

Parameter	Notasi	Nilai	Satuan
Kekakuan Normal	EA	260	kN/m

Sumber : PT. Tekindo Geosistem Unggul (2018)

Timbunan baru dengan perkuatan geotekstil dimodelkan secara dua dimensi menggunakan program Plaxis 8.6, dengan memasukkan beban kendaraan dan beban gempa dinamik, pemodelan dilakukan dengan dua variasi, yaitu dengan dan tanpa beban gempa. Adapun pemodelan tanah timbunan baru dengan perkuatan geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.39.



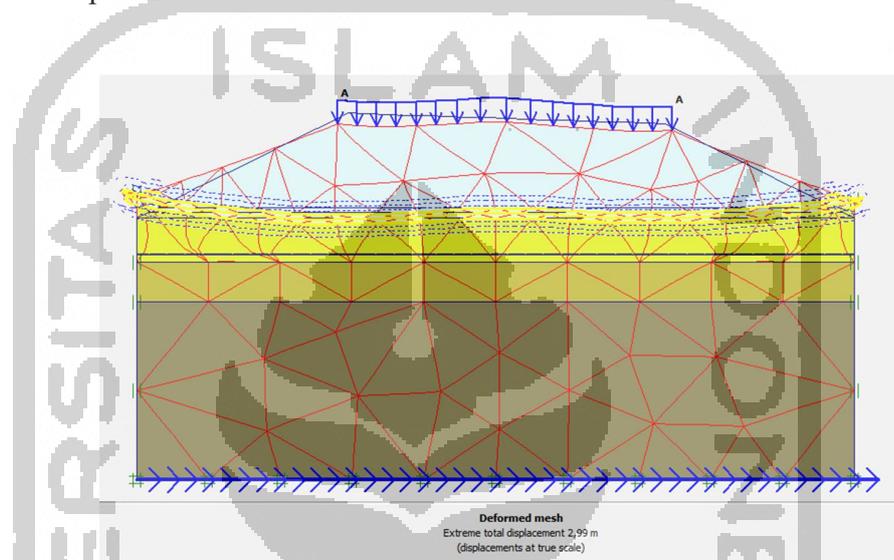
Gambar 5.39 Permodelan Timbunan Baru Dengan Perkuatan Geotekstil Dalam Plaxis 8.6

1. Masa Konstruksi

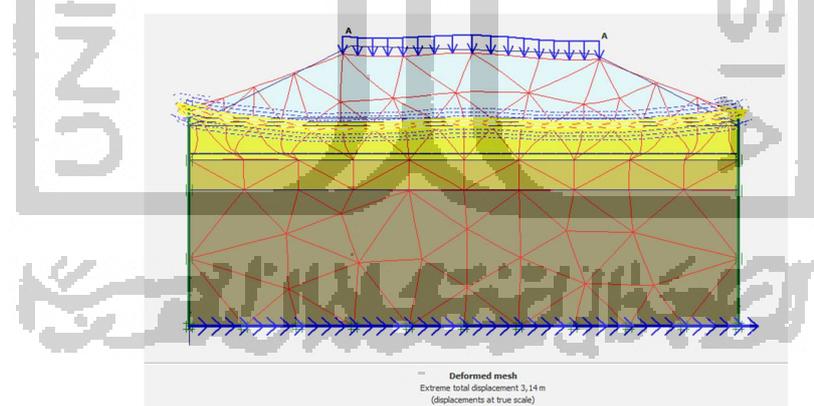
a. *Deformed mesh*

Selanjutnya hasil dari deformed mesh terlihat dengan adanya perubahan jaring elemen menjadi tidak beraturan, perbedaan deformed mesh terlihat antara timbunan baru menggunakan perkuatan geotekstil dengan beban gempa dan tanpa beban gempa pada masa konstruksi. Deformed Mesh pada pemodelan tanpa beban gempa lebih dominan vertical, sedangkan deformed mesh pada

pemodelan dengan beban gempa cenderung tidak beraturan akibat beban gempa. Adapun hasil deformed mesh pada timbunan baru menggunakan perkuatan geotekstil tanpa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.40 dan Gambar 5.41.



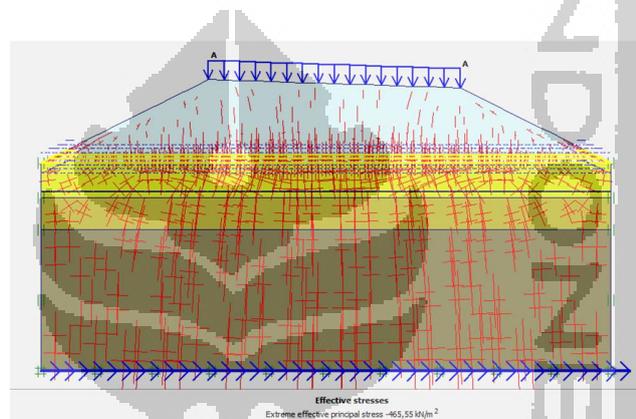
Gambar 5.40 Deformed Mesh Timbunan Baru Menggunakan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Masa konstruksi



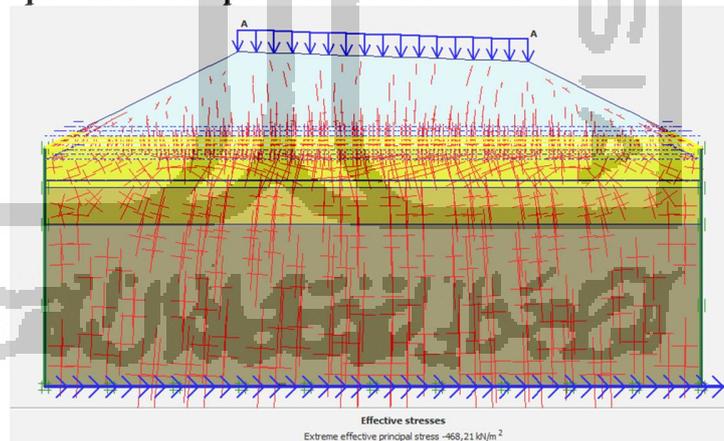
Gambar 5.41 Deformed Mesh Timbunan Baru Menggunakan Perkuatan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Masa konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-465,55 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-468,21 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5. 42 dan Gambar 5.43.



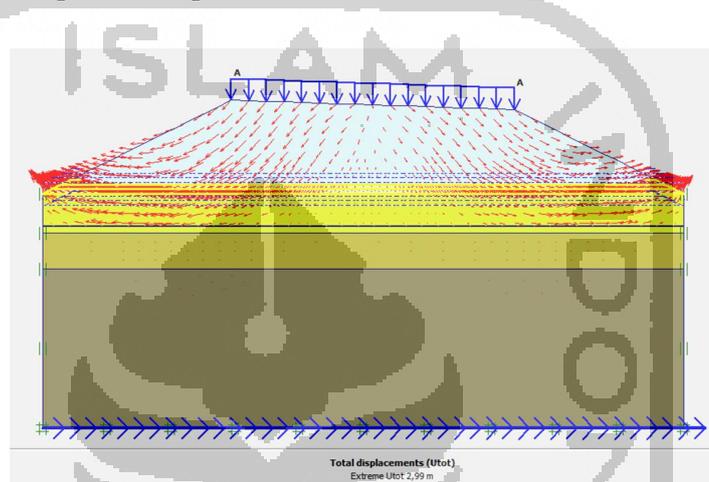
Gambar 5.42 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



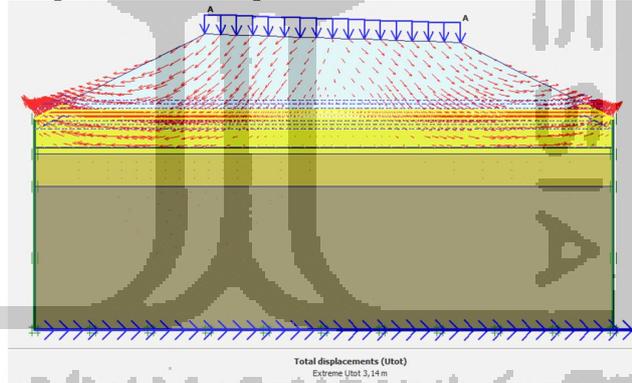
Gambar 5.43 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.44 dan Gambar 5.45.



Gambar 5.44 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

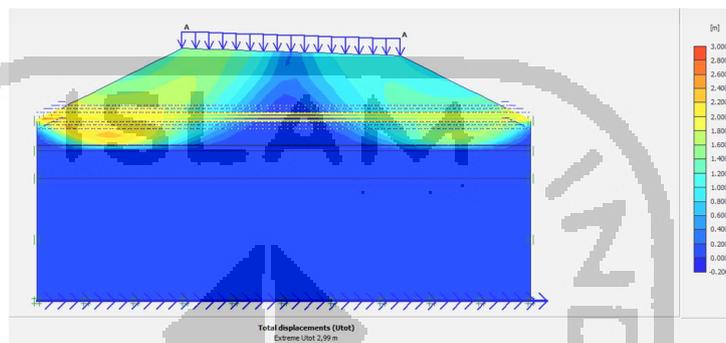


Gambar 5.45 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

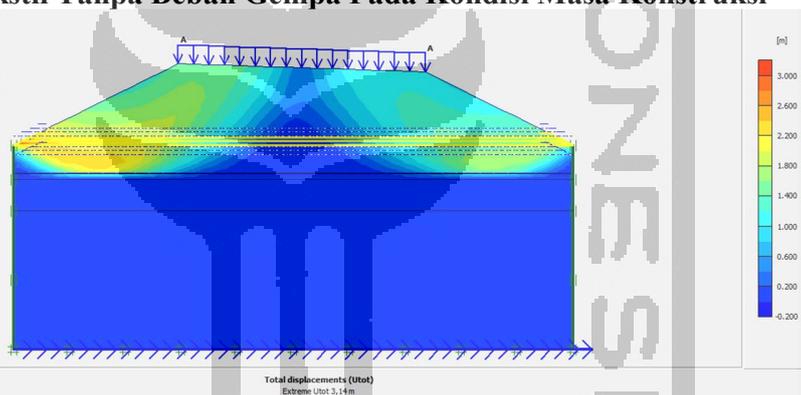
d. Total *Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 2,99 m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 3,14 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan

dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.46 dan Gambar 5.47.



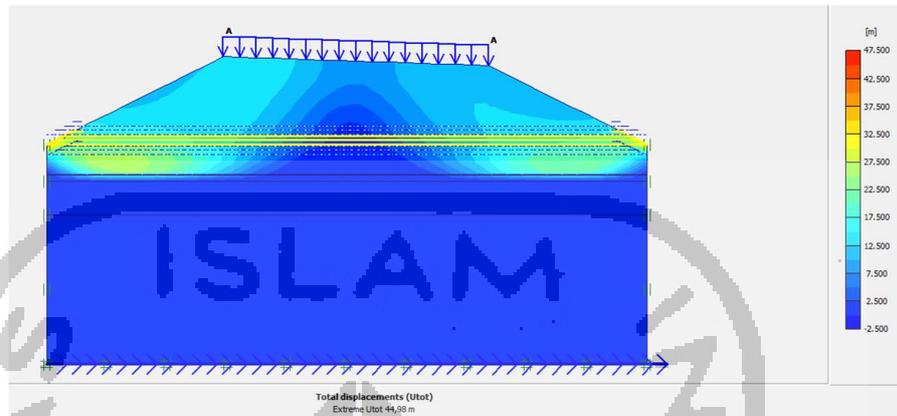
Gambar 5.46 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



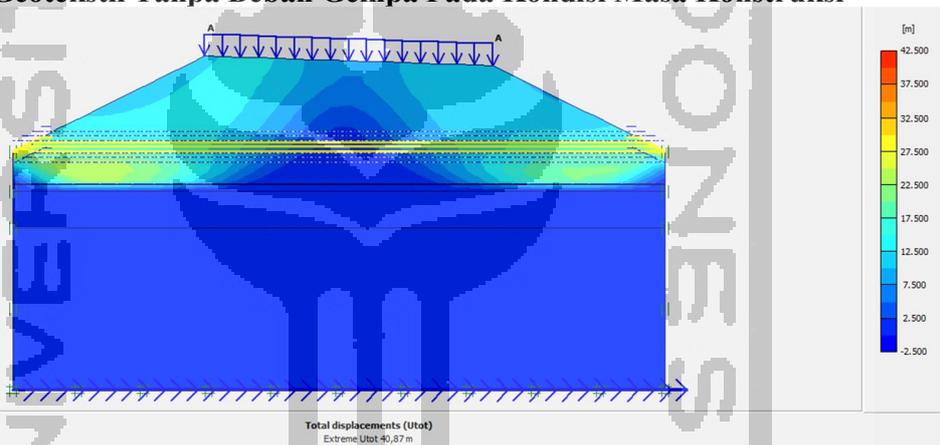
Gambar 5.47 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.48 dan Gambar 5.49.



Gambar 5.48 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi



Gambar 5.49 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,6266. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,6057. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.50 dan Gambar 5.51.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,6266

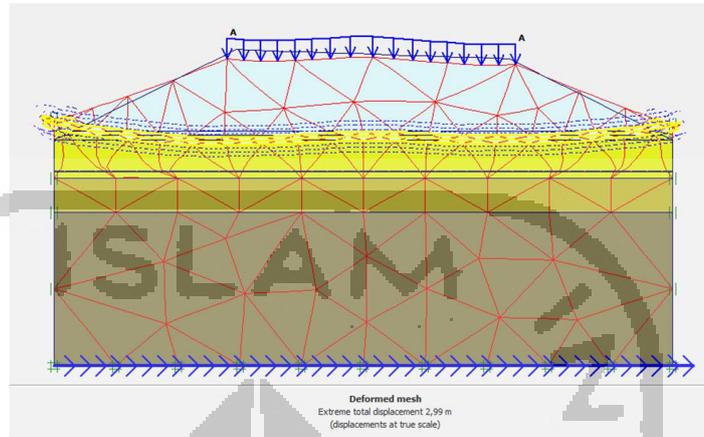
Gambar 5.50 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,6057

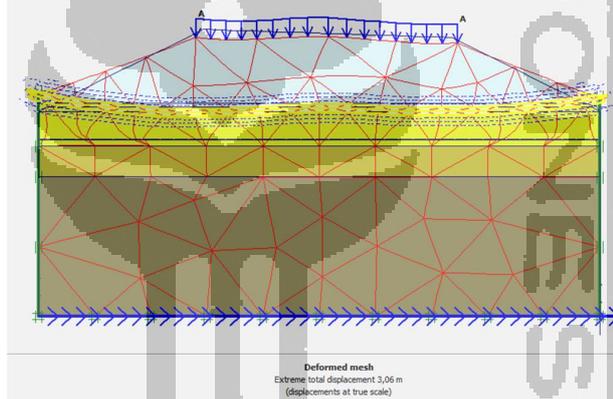
Gambar 5.51 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Berangkur Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Masa Konstruksi

2. Pasca Konstruksi
 - a. *Deformed Mesh*

Deformed Mesh yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi pasca konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.52 dan Gambar 5.53.



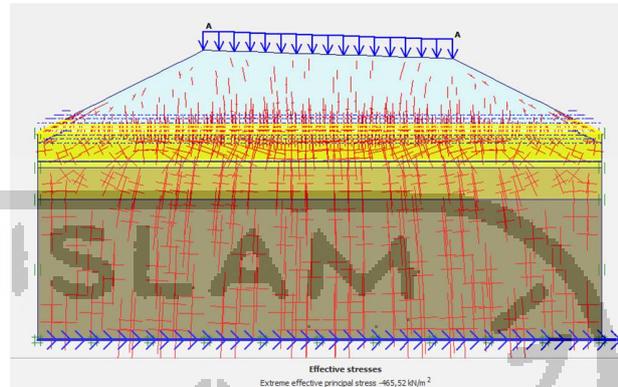
Gambar 5.52 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



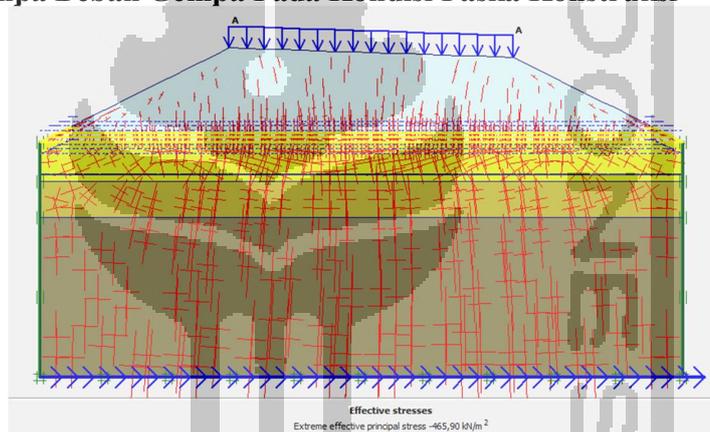
Gambar 5.53 Deformed Mesh Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

b. Tegangan Efektif

Tegangan efektif yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar $-465,52 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegangan efektif dengan beban gempa sebesar $-465,90 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.54 dan Gambar 5.55.



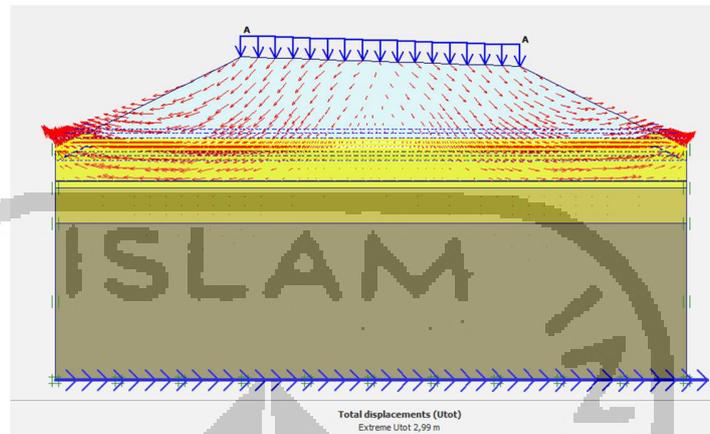
Gambar 5.54 Tegangan Efektif Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



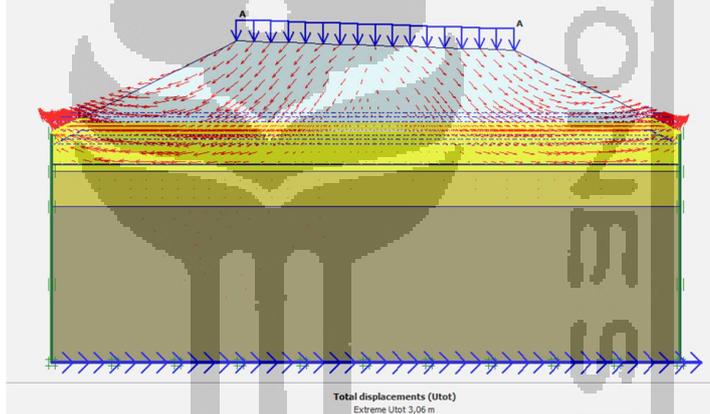
Gambar 5.55 Tegangan Efektif Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.56 dan Gambar 5.57.



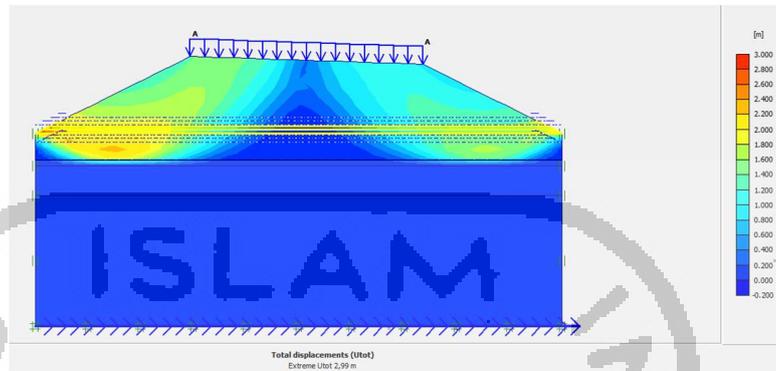
Gambar 5.56 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



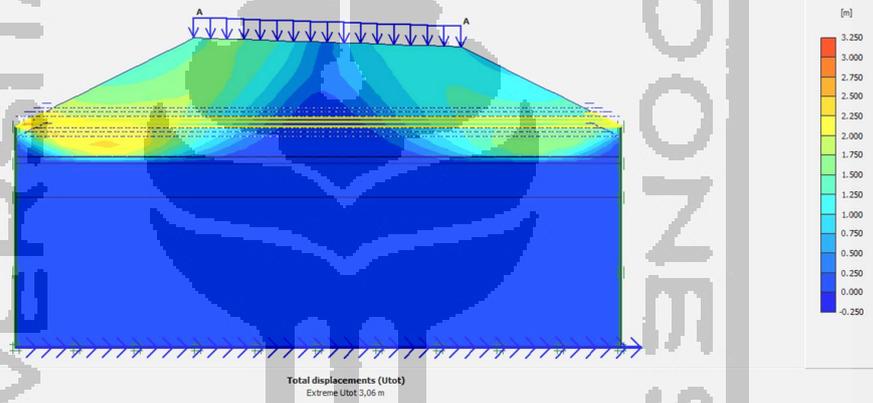
Gambar 5.57 Arah Pergerakan Tanah Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

d. *Total Displacement*

Total *displacement* yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 2,99 m. Sedangkan total *displacement* dengan beban gempa sebesar 3,06 m. Gambar total *displacement* perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.58 dan Gambar 5.59.



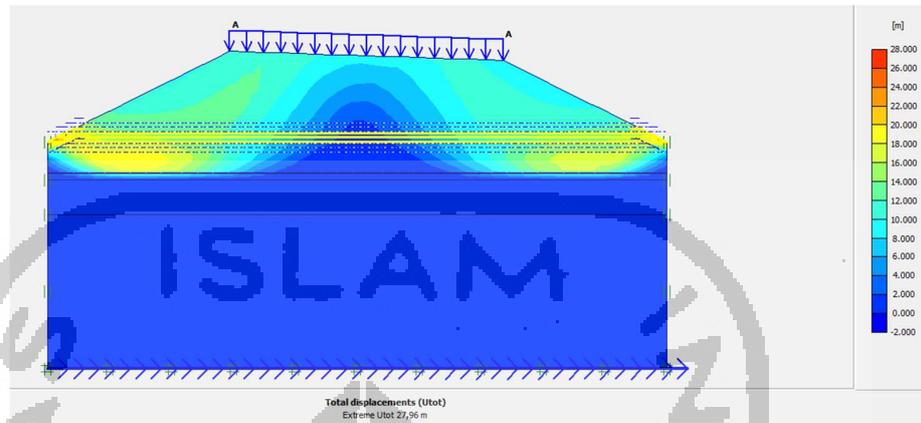
Gambar 5.58 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



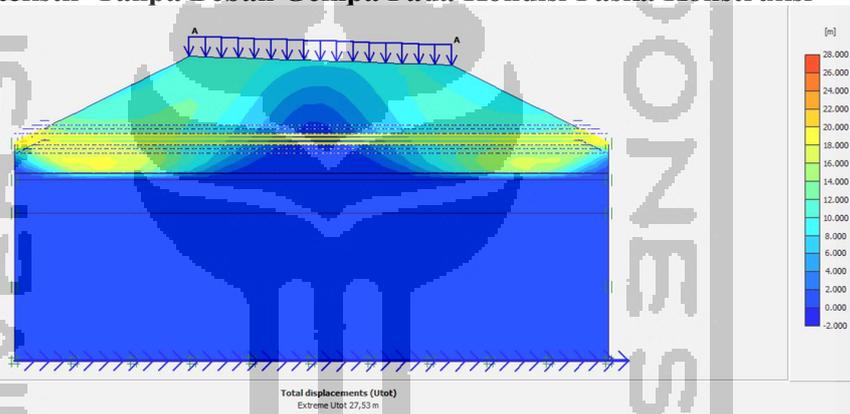
Gambar 5.59 Total Displacement Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.60 dan Gambar 5.61.



Gambar 5.60 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5.61 Daerah Potensi Longsor Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

f. Angka Aman

Angka aman yang terjadi pada perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332. sedangkan angka aman dengan beban gempa sebesar 1,5151. Gambar angka aman perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.62 dan Gambar 5.63.

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,5332

Gambar 5.62 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

Incremental multipliers		Total multipliers	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,5151

Gambar 5.63 Angka Aman Perkuatan Timbunan Menggunakan Geotekstil Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

5.6 Pembahasan

Analisis Timbunan diruas Jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926. dilakukan untuk mengetahui nilai angka aman pada Timbunan tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis stabilitas Tanah timbunan asli, dengan perkuatan *Sheet Pile* baja dan Geotekstil. Ketiga keadaan tersebut dianalisis dengan berbagai macam kondisi yang bertujuan untuk membandingkan hasil ketiganya. Analisis dilakukan dengan perhitungan manual menggunakan metode Fellinius dan program Plaxis 8.6.

Dari hasil analisis timbunan asli baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi dan tanpa beban gempa maupun dengan beban gempa pada saat dilakukan analisis menggunakan program Plaxis 8.6 tidak dapat diketahui nilai aman dari

stabilitas timbunan tersebut atau terjadi *soil body collapses*. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan manual untuk mengetahui nilai angka aman pada stabilitas timbunan tersebut tersebut. Perhitungan manual menggunakan metode Fellenius didapatkan nilai angka aman sebesar 0,3016. Dengan hasil tersebut, maka Timbunan dalam kondisi sangat tidak aman. Hal tersebut terjadi karena tanah timbunan yang tinggi dan tanah asli pada kedalaman 0 – 6 m merupakan tanah lempung. Karena tanah lempung peka terhadap air dan mudah bergeser ketika diberi beban, sehingga dengan beban yang besar namun tidak didukung dengan tanah dasar yang baik maka timbunan tersebut mudah terjadi penurunan dan keruntuhan.

Hasil analisis perkuatan timbunan jalan dengan *Sheet Pile* pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa didapat nilai angka aman sebesar 1,4953 dan dengan beban gempa sebesar 1,4924. Sedangkan pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,2753 dan dengan beban gempa sebesar 1,2744.

Hasil analisis perkuatan Timbunan dengan *Geotekstil* pada masa konstruksi tanpa beban gempa didapatkan nilai angka aman sebesar 1,6266 dan nilai angka aman dengan beban gempa sebesar 1,6057. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5332 dan nilai angka aman dengan beban gempa sebesar 1,5151.

Hasil angka aman baik pada perkuatan Timbunan jalan dengan menggunakan *Sheet pile* baja maupun perkuatan timbunan jalan dengan menggunakan Geotekstil pada kondisi paska konstruksi didapat nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi masa konstruksi, hal tersebut terjadi karena adanya penambahan beban lalu lintas pada kondisi paska konstruksi. Selain itu, terjadi penurunan angka aman baik pada masa konstruksi maupun paska konstruksi akibat penambahan beban gempa. Berdasarkan hasil tersebut didapat nilai angka aman $> 1,25$, maka timbunan jalan dengan perkuatan *Sheet pile* baja maupun Geotekstil memiliki kondisi SF yang aman. Rekapitulasi analisis Timbunan pada jalan tol Balikpapan - Samarinda seksi V. STA 9 + 726 s/d 9 + 926 dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Analisis

No	Keterangan	Total Displacement	SF
1	Tanah Timbunan Asli :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Masa konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
2	Perkuatan Timbunan Jalan dengan <i>Sheet pile</i> baja :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	219,10 x 10 ⁻³	1,4953
	Masa konstruksi dengan beban gempa	824,63	1,4924
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	114,43 x 10 ⁻³	1,2753
	Paska konstruksi dengan beban gempa	134,74 x 10 ⁻³	1,2744
3	Perkuatan Timbunan Jalan dengan Geotekstil :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	2,99	1,6266
	Masa konstruksi dengan beban gempa	3,14	1,6057
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	2,99	1,5332
	Paska konstruksi dengan beban gempa	3,06	1,5151