

ANALISIS STABILITAS TANAH TIMBUNAN DENGAN PERKUATAN SABUT KELAPA

Ferra Fahreni

Email : f2_ferra@yahoo.com

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu UBB Balunijuk, Merawang, Kab. Bangka

ABSTRAK

Tanah yang memiliki kekuatan yang rendah menyebabkan ketidakstabilan konstruksi yang dibangun di atasnya. Salah satu usaha peningkatan stabilitas tanah adalah dengan cara penimbunan tanah. Apabila suatu tanah diberikan tambahan beban berupa timbunan maka akan terbentuk lereng baru yang menyebabkan terjadi perubahan tegangan pada tanah yang berdampak pada perubahan stabilitas pada tanah. Tanah timbunan dapat berupa tanah tanpa bahan tambahan maupun tanah dengan bahan tambahan. Dengan memberikan bahan tambahan diharapkan kekuatan tanah semakin meningkat. Salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan untuk peningkatan kekuatan pada tanah adalah sabut kelapa. Secara teoritis peningkatan kekuatan geser tanah mengakibatkan peningkatan nilai angka keamanan lereng yang menunjukkan peningkatan pada stabilitas lereng. Pada penelitian ini dilakukan analisis kestabilan lereng timbunan dengan memodelkan timbunan di atas tanah lunak menggunakan software PLAXIS. Tanah timbunan yang digunakan dalam analisis berupa tanah dengan penambahan sabut kelapa. Hasil analisis angka keamanan lereng timbunan menunjukkan peningkatan kestabilan lereng timbunan pada tanah dengan tambahan 0 sampai 5% sabut kelapa yang ditunjukkan oleh angka keamanan lereng pada masing-masing permodelan yaitu 3,11;3,20;3,24;3,36;3,47. Peningkatan angka keamanan lereng pada kelapa sampai penambahan 5% sabut kelapa pada tanah hanya mencapai 11,90 %, dan rata-rata peningkatan angka keamanan lereng setiap penambahan 1 % sabut kelapa pada tanah timbunan sebesar 2,27 %.

Kata Kunci : *Stabilitas Timbunan, Angka Keamanan Lereng, Sabut Kelapa*

PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi seringkali dilakukan pada suatu kondisi tanah yang memiliki tingkat kekerasan yang rendah atau tanah lunak. Tanah pada kondisi ini memiliki kekuatan yang rendah sehingga menyebabkan ketidakstabilan konstruksi yang dibangun di atasnya. Contoh kasus

pembukaan jalan baru pada daerah rawa yang memerlukan usaha peningkatan stabilitas tanah sebelum jalan tersebut dibangun. Salah satu usaha peningkatan stabilitas tanah adalah dengan cara penimbunan tanah. Apabila suatu tanah diberikan tambahan beban berupa timbunan maka akan terbentuk lereng baru

yang menyebabkan terjadi perubahan tegangan pada tanah yang berdampak pada perubahan stabilitas pada tanah. Tanah timbunan dapat berupa tanah tanpa bahan tambahan maupun tanah dengan bahan tambahan. Dengan memberikan bahan tambahan diharapkan kekuatan tanah semakin meningkat.

Salah satu bahan tambahan yang dapat digunakan untuk peningkatan kekuatan pada tanah adalah sabut kelapa seperti yang dilakukan pada penelitian sebelumnya, penambahan sabut kelapa pada suatu tanah mengakibatkan peningkatan kekuatan geser tanah. Secara teoritis peningkatan kekuatan geser tanah mengakibatkan peningkatan nilai angka keamanan lereng yang menunjukkan peningkatan pada stabilitas lereng. Berdasarkan teori tersebut maka dilakukan penelitian terhadap stabilitas lereng timbunan yang diberikan tambahan sabut kelapa. Salah satu software yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah software geoteknik yang berbasis pada analisis metode elemen hingga yaitu PLAXIS. Pada penelitian ini stabilitas lereng ditunjukkan oleh angka

keamanan lereng hasil analisis software PLAXIS.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah berupa material yang terdiri atas agregat (butiran) dan mineral-mineral yang padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Ukuran setiap butiran padat tersebut sangat bervariasi dan sifat-sifat tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk, komposisi-kimia dari butiran.

Oleh karena itu tanah dapat mempunyai sifat-sifat yang berbeda pada jarak yang berbeda. Setiap tanah memiliki parameter tanah yang berbeda yang dapat ditentukan menggunakan uji laboratorium, uji lapangan maupun berdasarkan korelasi parametrik tanah. Tabel-tabel berikut menunjukkan korelasi parametrik tanah berdasarkan jenis tanah.

Tabel 1. Nilai e , w dan γ_d Berdasarkan Tipe Tanah

Type Of Soil	Void Ratio (e)	Natural Moisture Content In Saturated Condition (%)	Dry Unit Weight (γ_d)	
			(kN/m^3)	(lb/ft^3)
Loose uniform sand	0,8	30	14,5	92
Dense uniform sand	0,45	16	18	115
Loose angular-grained silty sand	0,65	25	16	102
Dense angular-grained silty sand	0,4	15	19	120
Stiff clay	0,6	21	17	108
Soft clay	0,9-1,4	30-50	11,5-14,5	73-92

Loess	0,9	25	13,5	86
Soft organic clay	2,5-3,2	90-120	6-8	38-51
Glacial till	0,3	10	21	134

Sumber : Braja M Das (1990)

Tabel 2. Nilai K Berdasarkan Tipe Tanah

Type Of Soil	Coefisien of Permeability (k) (cm/sec)
Medium to coarse gravel	Greater than 10^{-1}
Coarse to fine sand	10^{-1} to 10^{-3}
Fine sand, silty sand	10^{-3} to 10^{-5}
Silt, clayey silt, silty clay	10^{-4} to 10^{-6}
Clays	10^{-7} or less

Sumber : Braja M Das (1990)

Tabel 3. Nilai Modulus Elastisitas Tanah Es Berdasarkan Jenis Tanah

Tanah	Es (MPa)
Lempung sangat lunak	2-15
Lempung lunak	5-25
Lempung sedang	15-50
Lempung Keras	50-100
Lempung Berpasir	25-250

Sumber : Bowles (1997)

Tabel 4 Nilai Poisson Ratio Tanah μ Berdasarkan Jenis Tanah

Tanah	M
Lempung jenuh	0,4-0,5
Lempungtakjenuh	0,1-0,3
Lempung berpasir	0,2-0,3
Lanau	0,3-0,35
Pasir Padat	0,3-0,4

Sumber : Bowles (1997)

Kekuatan Geser Tanah

Keruntuhan terjadi pada suatu tanah akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan

geser maksimum saja. Menurut Mohr Coulomb kriteria keruntuhan geser tanah yaitu,

$$s = c + \sigma_n \text{tg } \Phi \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

S = tegangan geser pada tanah

C = kohesi tanah

σ_n = tegangan normal

Φ = sudut geser internal tanah

Kohesi (c) dan sudut geser internal tanah Φ merupakan parameter kekuatan geser tanah yang bisa didapatkan dari berbagai pengujian laboratorium, salah satunya adalah uji geser langsung. Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah sampel tanah dengan bermacam-macam tegangan normal. Harga tegangan-tegangan normal (σ_n) dan harga tegangan geser (τ_f) yang didapat dengan melakukan beberapa kali pengujian. Kemudian hasil pengujian dapat digambarkan pada sebuah grafik dan selanjutnya dapat ditentukan harga-harga parameter kekuatan geser tanah.

Penambahan sabut kelapa pada suatu tanah menunjukkan adanya peningkatan tegangan atau kekuatan geser tanah . Secara teoritis peningkatan kekuatan geser tanah akan menyebabkan meningkatnya angka keamanan lereng yang menunjukkan adanya peningkatan pada stabilitas lereng. Sebagaimana hasil penelitian Ridwan (2014) menunjukkan bahwa nilai kekuatan

geser tanah yang diberikan tambahan sabut kelapa mengalami peningkatan dengan rata-rata peningkatannya sebesar 3,32 %. Pada tanah asli tanpa tambahan sabut kelapa kekuatan geser tanah sebesar 53,50 kN/m² sedangkan pada tanah yang diberi tambahan sabut kelapa 5% didapat nilai kekuatan geser tanah 64,05 kN/m². Penelitian sebelumnya oleh Hisyam (2013) yang menguji kekuatan geser tanah yang diberi campuran sabut kelapa sawit menggunakan alat *direct shear test* menunjukkan adanya peningkatan kekuatan geser tanah akibat penambahan sabut kelapa sawit. Pada ukuran kadar 4,5 % nilai Kuat Geser Tanah (*s*) sebesar 129,748 kN/m² serta kenaikan sebesar 537,083 % dari tanah asli tanpa campuran.

Stabilitas Lereng

Suatu tanah akan mengalami perubahan tegangan apabila diberikan tambahan beban atau pengurangan beban. Pada kegiatan penimbunan yang akan membentuk suatu lereng baru akan mengakibatkan perubahan tegangan pada tanah yang berpengaruh terhadap kestabilan tanah akibat adanya penambahan beban timbunan.

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Timbunan merupakan suatu lereng buatan manusia. Dalam menentukan stabilitas atau kemantapan lereng dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan gerakan terhadap

gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap stabil, bila dirumuskan sebagai berikut:

Faktor keamanan (*F*) = gaya penahan / gaya penggerak

Dimana untuk keadaan :

- $F > 1,0$: lereng dalam keadaan mantap
- $F = 1,0$: lereng dalam keadaan seimbang, dan siap untuk longsor
- $F < 1,0$: lereng tidak mantap

Banyak konsep yang diterapkan dalam analisis keamanan suatu lereng. Dalam menganalisis kestabilan suatu lereng selain dilakukan suatu perhitungan secara manual dengan berbagai metode yang telah ada, dapat pula dilakukan perhitungan menggunakan program komputer. Salah satu program yang dapat digunakan untuk analisis angka keamanan lereng adalah program PLAXIS. Program PLAXIS merupakan program yang menggunakan konsep metode elemen hingga. Metode ini dapat menganalisis secara simultan tegangan dan regangan yang terjadi pada tanah. Analisis dengan *finite element* pada lereng, berguna untuk menginvestigasikan banyak faktor yang mengontrol stabilitas lereng.

Peningkatan angka keamanan lereng pada suatu lereng akibat penambahan bahan tertentu telah dilakukan sebelumnya oleh Fahrani (2015) pada penelitian berjudul Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Ampas Kelapa Sawit didapatkan hasil angka keamanan lereng pada tanah asli sebesar 2,37, tanah asli ditambah ampas sawit 1,5 % sebesar

10,23, tanah asli ditambah ampas sawit 2,5 % sebesar 11,05, tanah asli ditambah ampas sawit 3,5 % sebesar 16,69 dan tanah asli ditambah ampas sawit 4,5 % sebesar 18,72. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan angka keamanan lereng yang diberi perkuatan tanah berupa ampas kelapa sawit.

Sabut Kelapa

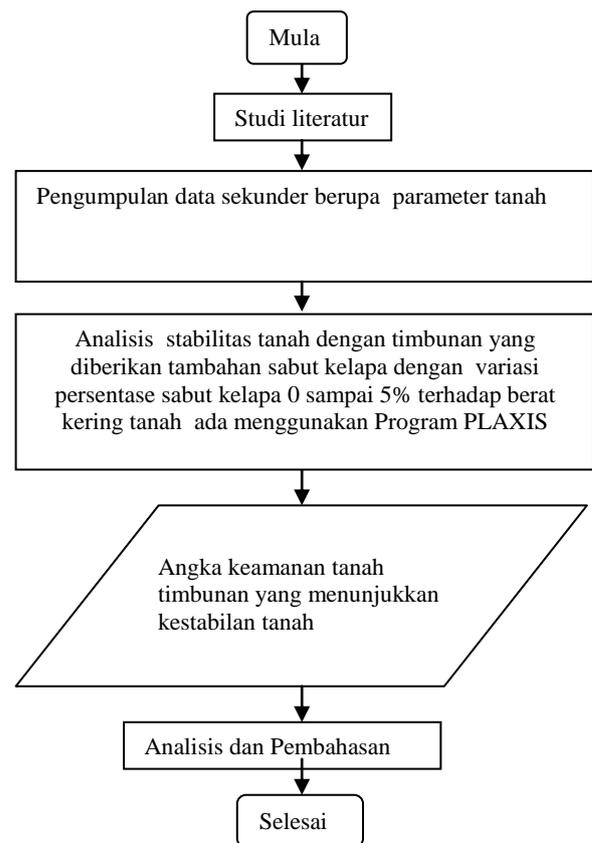
Kelapa merupakan tanaman monokotil yang dapat dimanfaatkan sabutnya. Sabut kelapa diperoleh dari buah kelapa. Sabut kelapa digolongkan ke dalam jenis sabut alam. Hal ini karena sabut kelapa bisa diperoleh langsung dari alam. Sabut kelapa mengandung selulosa. Selulosa adalah senyawa organik penyusun utama dinding sel tumbuhan. Adapun sifat dari selulosa adalah berbentuk senyawa berserat, mempunyai tegangan tarik yang tinggi, tidak larut dalam air, dan pelarut organik. Selulosa merupakan hidrokarbon yang berbentuk polimer dan mempunyai rumus bangun molekul ($C_6H_{10}O_5$). Sedangkan lignin adalah bagian terbesar dari selulosa. Peran utama lignin adalah membentuk lapisan di antara serat yang berfungsi sebagai pengikat antar serat selulosa dalam kayu maupun non kayu (Paskawati, 2010).

Hartati dkk. (2013). dalam penelitiannya mengatakan bahwa selulosa mampu menambah kekuatan dari sabut kelapa. Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari buah kelapa, yaitu 35% dari keseluruhan berat kelapa. Sabut kelapa terdiri dari sabut gabus yang menghubungkan sabut kelapa yang satu dengan yang lainnya. Setiap butir kelapa

rata-rata mengandung sabut 525 gram (75% dari serabut) dan gabus 175 gram (25% dari serabut).

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis Stabilitas Tanah Menggunakan Program PLAXIS

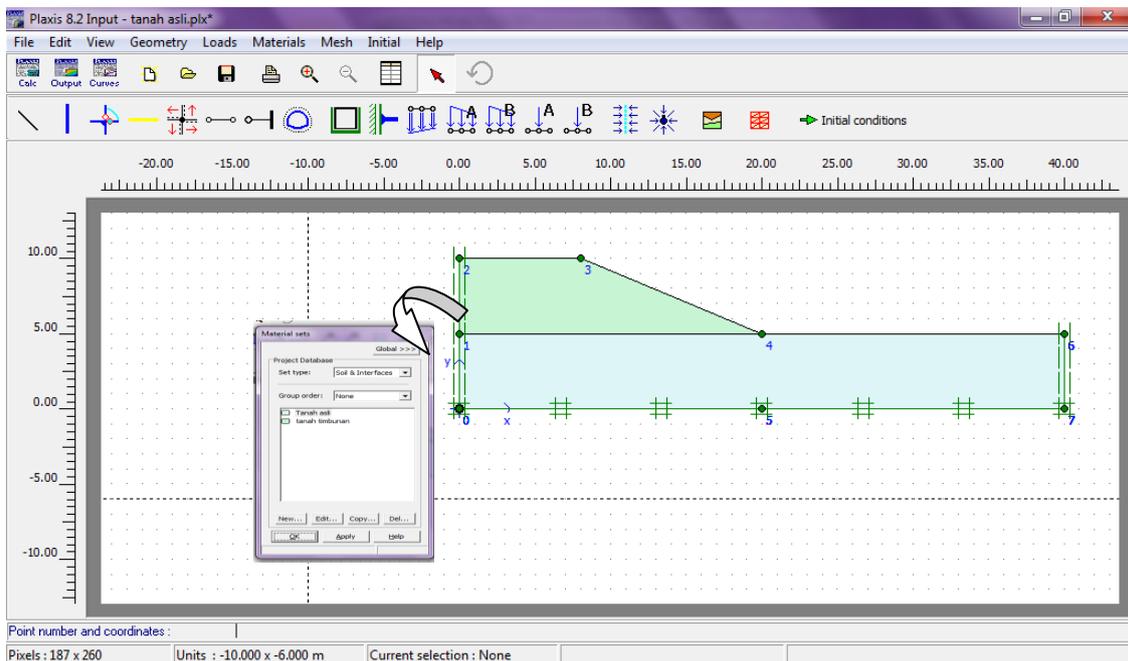
Analisis stabilitas tanah ini dimulai dengan membuat permodelan tanah timbunan pada program PLAXIS sebanyak 6 permodelan tanah sesuai dengan variasi penambahan sabut kelapa pada penelitian terdahulu sebagai berikut:

- a. Permodelan tanah dengan timbunan tanah tanpa bahan tambahan (Permodelan 1)
- b. Permodelan tanah dengan timbunan tanah dengan tambahan sabut kelapa 1% terhadap berat kering tanah (Permodelan 2)
- c. Permodelan tanah dengan timbunan tanah dengan tambahan sabut kelapa 2% terhadap berat kering tanah (Permodelan 3)
- d. Permodelan tanah dengan timbunan tanah dengan tambahan sabut kelapa 3% terhadap berat kering tanah (Permodelan 4)
- e. Permodelan tanah dengan timbunan tanah dengan tambahan sabut kelapa 4% terhadap berat kering tanah (Permodelan 5)

- f. Permodelan tanah dengan timbunan tanah dengan tambahan sabut kelapa 5% terhadap berat kering tanah (Permodelan 6)

Perhitungan dan analisis stabilitas tanah yang ditunjukkan dengan angka keamanan lereng, dihitung secara simultan pada penelitian ini menggunakan *software* yang berbasis pada konsep Metode Elemen Hingga yaitu PLAXIS. Adapun tahapan yang digunakan dalam analisis lereng menggunakan *software* PLAXIS adalah sebagai berikut:

- a. Input geometri dan material tanah di dalam PLAXIS



Gambar 2. Input Geometri

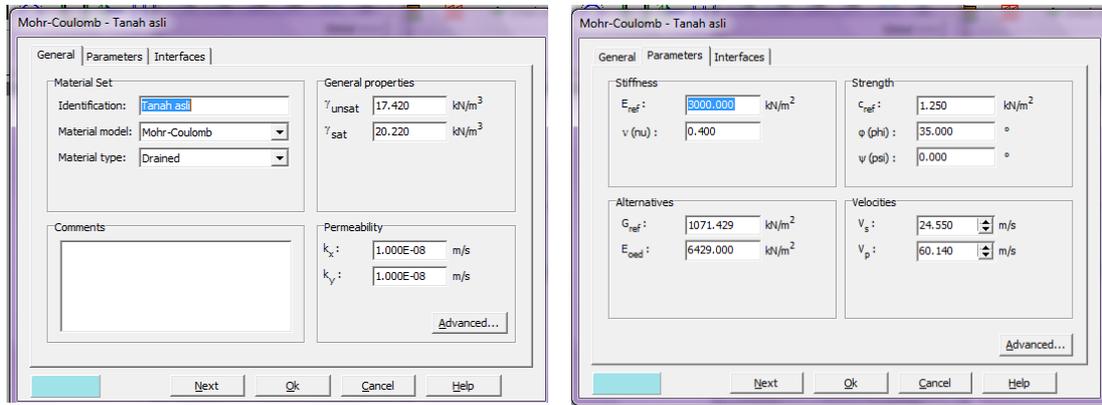
Input material pada permodelan disesuaikan dengan data tanah pada sample dari uji laboratorium yang telah dilakukan

serta berdasarkan hasil uji korelasi parametrik tanah. Berikut ini disampaikan.

- i. Input Parameter Tanah Asli

Parameter tanah asli merupakan tanah lempung lunak. Parameter tanah lempung lunak diambil berdasarkan penelitian Wibawa (2014) untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah $G_s = 2,486$, Kohesi $c = 1,25 \text{ kN/m}^2$ dan sudut geser $\Phi = 35^\circ$.

Untuk parameter tanah lain yang diperlukan dalam analisis diambil berdasarkan korelasi parametrik tanah. Input parameter tanah asli dalam analisis menggunakan software PLAXIS seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Input Parameter Tanah Asli

ii. Input Parameter Tanah Timbunan

Parameter tanah timbunan yang dianalisis dalam penelitian ini didapat dari hasil penelitian Ridwan (2014) yang berjudul “Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Terhadap Perkuatan Tanah Lempung”. Pada penelitian ini tanah lunak diberikan penambahan sabut kelapa dengan persentase 0% samapi 5 %, kemudian

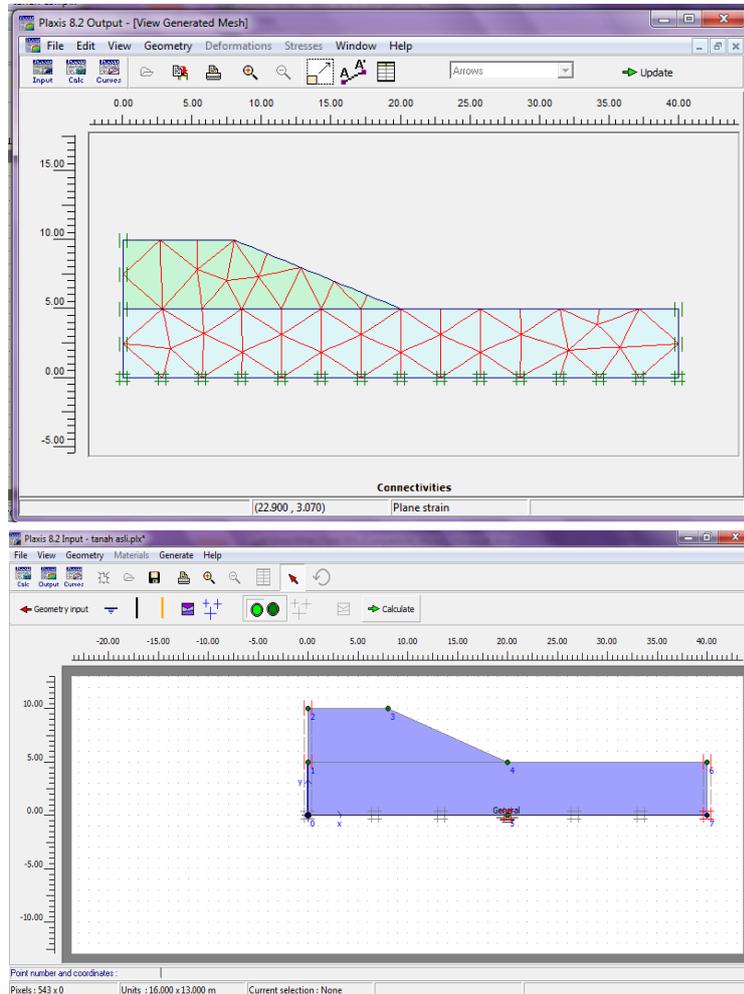
pada sample tanah tersebut dilakukan pengujian *direct shear test* sehingga didapatkan nilai kohesi C & sudut geser tanah Φ . Untuk parameter tanah lain yang diperlukan dalam analisis diambil berdasarkan korelasi parametrik tanah. Parameter tanah yang digunakan untuk tiap permodelan seperti pada tabel berikut.

Tabel 5. Parameter Tanah Timbunan

Tanah Timbunann	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	K_x, K_y (m/s)	E (kN/m ²)	ν	Kohesi C (kN/m ²)	Sudut Geser ϕ (°)
Tanah + sabut kelapa 0% terhadap berat kering tanah	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	12,45	47,82
Tanah Timbunan + sabut kelapa 1%	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	18,17	46,07
Tanah Timbunan + sabut kelapa 2%	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	21,41	43,96
Tanah Timbunan + sabut kelapa 3%	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	27,56	39,76
Tanah Timbunan + sabut kelapa 4 %	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	35,07	33,30
Tanah Timbunan + sabut kelapa 5%	18,14	21,24	1.10^{-3}	3.10^4	0,3	41,44	31,29

b. Menentukan kondisi batas dengan *standart fixities*, input pembebanan pada permodelan PLAXIS, pembentukan jaringan element (*mesh*) pada lapisan tanah (*mesh generation*). *Mesh generated*

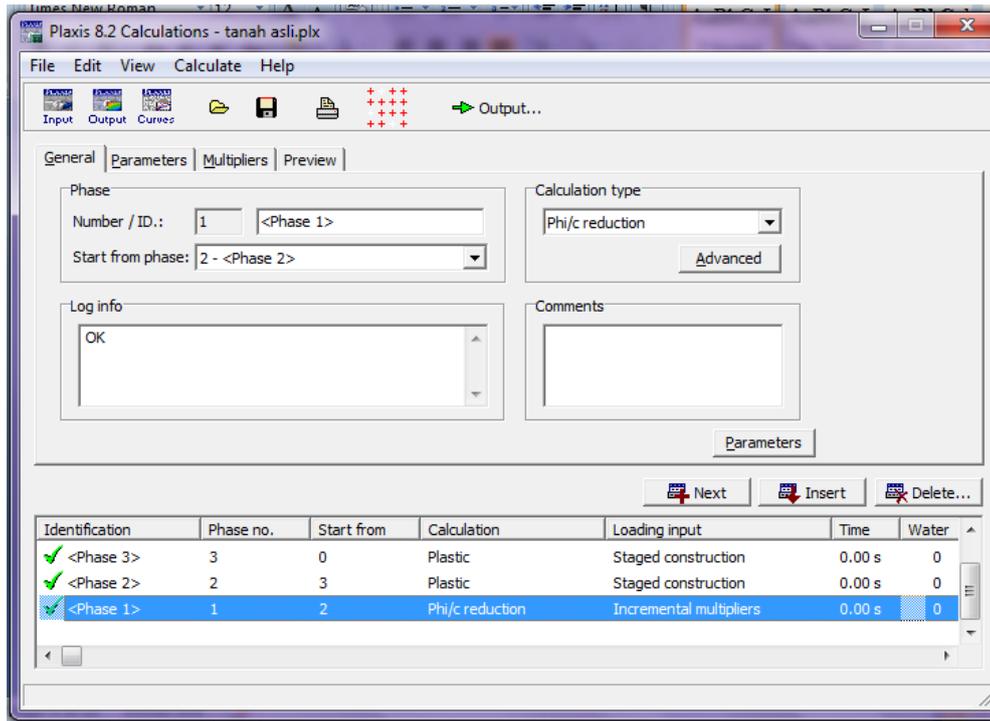
merupakan pembagian struktur menjadi elemen-elemen *cluster* dan titik-titik nodal elemen (*nodes*). Kegunaan mesh ini untuk melakukan perhitungan elemen hingga serta penentuan *ground water condition*.



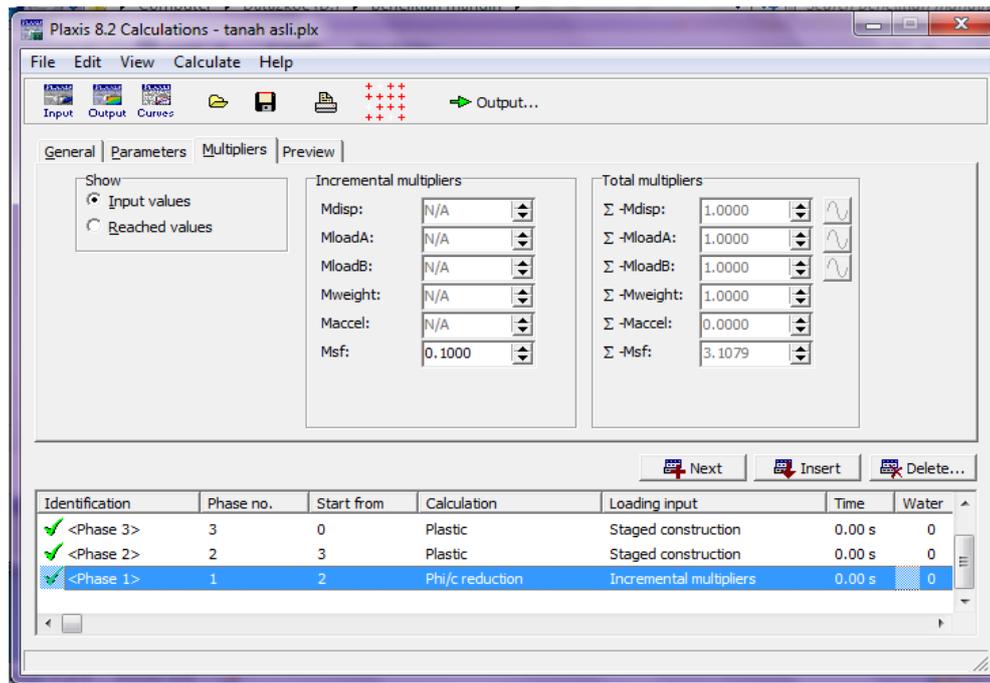
Gambar 3. Input *standart fixities*, pembebanan, jaringan element (*mesh*), *ground water condition* pada lapisan tanah

c. Analisis angka keamanan menggunakan software PLAXIS
 Pada analisis angka keamanan menggunakan software PLAXIS, metode Reduksi phi-c digunakan dalam perhitungan. Analisis dilakukan dalam 3 tahap yaitu tahap konstruksi tanah asli, tahap konstruksi tanah timbunan serta

tinjauan angka kewanan secara keseluruhan pada tanah asli yang telah dikonstruksikan timbunan, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Selanjutnya didapatkan angka kewanan yang ditunjukkan oleh nilai Msf seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Analisis Angka Keamanan Lereng



Gambar 5. Hasil Analisis Angka Keamanan Lereng

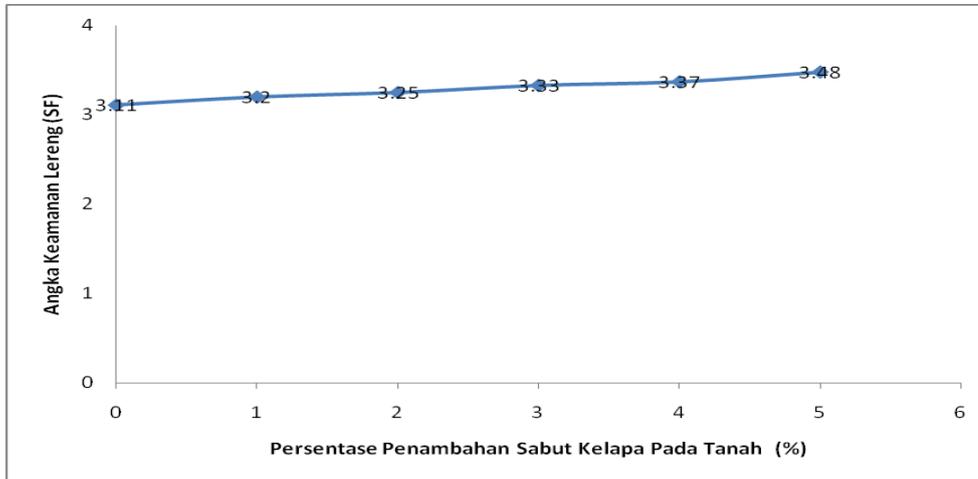
Tahapan analisis yang sama dilakukan untuk 5 permodelan lainnya. Pada permodelan 2 sampai 6 dilakukan penggantian parameter tanah timbunan berupa nilai kohesi dan sudut geser tanah

sebagaimana yang diuraikan pada Tabel 5 tanpa merubah geometri tanah timbunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis menggunakan software PLAXIS pada 6 permodelan timbunan tanah didapatkan nilai angka

keamanan untuk masing- masing permodelan seperti yang terdapat pada grafik berikut.



Gambar 6. Grafik Angka Kemananan Lereng Terhadap Penambahan Sabut Kelapa Pada Tanah

Dari gambar 6 dapat dilihat nilai angka keamanan lereng lebih besar dari 3 menunjukkan lereng timbunan dalam keadaan stabil. Dari gambar dapat dilihat pula peningkatan angka keamanan lereng pada setiap penambahan sabut kelapa. Namun peningkatan yang terjadi tidak signifikan, rata-rata peningkatan angka keamanan lereng untuk penambahan sabut kelapa terhadap tanah tanpa tambahan sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Peningkatan Angka Keamanan Lereng Timbunan

Penambahan sabut (%)	SF	Peningkatan SF (%)
0	3.11	0.00
1	3.2	2.89
2	3.25	4.50
3	3.33	7.07
4	3.37	8.36
5	3.48	11.90

Dari tabel 6 dapat dilihat bahwa peningkatan keamanan lereng timbunan akibat adanya penambahan sabut kelapa sampai penambahan 5% sabut kelapa pada tanah hanya mencapai 11,90 % terhadap angka keamanan lereng timbunan tanpa penambahan sabut kelapa pada tanah. Rata-rata peningkatan angka keamanan lereng setiap penambahan 1 % sabut kelapa pada tanah timbunan sebesar 2,27 %. Peningkatan angka keamanan lereng terjadi karena sabut kelapa mengandung selulosa yang mengakibatkan sabut kelapa memiliki tegangan tarik yang tinggi, sehingga tanah yang diberikan tambahan sabut kelapa akan mengalami peningkatan kekuatan. Peningkatan kekuatan tanah menyebabkan peningkatan kestabilan pada suatu lereng.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Penambahan sabut kelapa pada tanah mengakibatkan peningkatan kestabilan lereng pada timbunan, hal ini ditunjukkan dari meningkatnya angka keamanan lereng tiap penambahan sabut kelapa pada tanah.
2. Peningkatan angka keamanan lereng pada timbunan dengan penambahan sampai 5% sabut kelapa pada tanah hanya mencapai 11,90%, dan rata-rata peningkatan angka keamanan lereng setiap penambahan 1% sabut kelapa pada tanah timbunan sebesar 2,27%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang besar terhadap peningkatan kestabilan lereng timbunan akibat adanya penambahan sabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, JE (1997). *Analisis dan Desain Pondasi*, Erlangga, Jakarta.
- Brinkgreve, R.B.J (1998). *Plaxis 2D-Versi 8*, A.A Balkema, Rotterdam.
- Das, Braja M .(1990). *Principle of Foundation Engineering, Second Edition*, PWS-KENT Publishing Company, Boston, 13-23.
- Fahriani (2015) Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Ampas Kelapa Sawit. ” FROPIL “ Volume 3 Nomor 1 Edisi Juni 2015
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2007). *Mekanika Tanah 2*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hisyam, E S. 2013. *Pemanfaatan Limbah Sabut Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Kekuatan Tanah “FROPIL”* Volume 1 Nomor 2 Edisi September 2013.
- Ridwan (2014) . *Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Terhadap Perkuatan Tanah Lempung*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung.
- Wibawa A (2014). *Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung.