

**PENGARUH KETEBALAN PASIR
SEBAGAI PEMBUNGKUS GEOGRID
TERHADAP STABILITAS LERENG LEMPUNG**

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

OKINAWA SURYA PUTRA PRATAMA

NPM : 15 02 16249



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
JANUARI 2020**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

**PENGARUH KETEBALAN PASIR
SEBAGAI PEMBUNGKUS GEOGRID
TERHADAP STABILITAS LERENG LEMPUNG**

Benar - benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 21 Juni 2020

Yang membuat pernyataan,



Okinawa Surya Putra Pratama

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH KETEBALAN PASIR SEBAGAI PEMBUNGKUS GEOGRID TERHADAP STABILITAS LERENG LEMPUNG

Oleh :

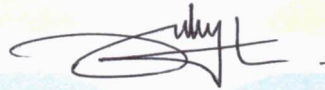
OKINAWA SURYA PUTRA PRATAMA

NPM : 15 02 16249

telah disetujui oleh Pembimbing

Yogyakarta, ...*f. Feb - 2020*.....

Pembimbing



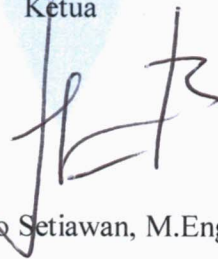
Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M. Eng.

Disahkan oleh :

Program Studi Teknik Sipil



Ketua



Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH KETEBALAN PASIR SEBAGAI PEMBUNGKUS GEOGRID TERHADAP STABILITAS LERENG LEMPUNG

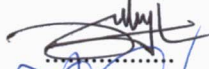




Oleh :

OKINAWA SURYA PUTRA PRATAMA

NPM : 15 02 16249

Telah diuji dan disetujui oleh

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M. Eng.	
Sekretaris	: Ir. John Tri Hatmoko, M.Sc.	
Anggota	: Dinar Gumilang S.T., M. Eng.	

KATA HANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Ketebalan Pasir Sebagai Pembungkus Geogrid Terhadap Stabilitas Lereng Lempung” dengan baik sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Pada laporan Tugas Akhir ini berisi metode-metode, pengerjaan, serta hasil dari pemodelan-pemodelan menggunakan program. Semoga isi dari Tugas Akhir ini dapat membantu pihak-pihak di dunia teknik sipil, khususnya geoteknik dalam merancang struktur geoteknik, yang tidak hanya aman namun juga efisien. Penulis memohon maaf apabila ada kata-kata yang salah atau menyakiti hati suatu pihak. Terima Kasih.

Yogyakarta, Januari 2020

Penulis,

Okinawa Surya Putra Pratama

PERSEMBAHAN

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Kepada Allah Tritunggal Kudus yang telah memberikan hikmat dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M. Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan juga pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, memberi arahan, bimbingan dan dukungan selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Bapak Ir. J. Tri Hatmoko, M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir bidang peminatan Geoteknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta
5. Mas Oktoditya Ekaputra, selaku Staf Laboratorium Mekanika Tanah yang telah membantu dan memberikan saran selama pengujian Tugas Akhir.
6. Keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberikan semangat dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan lancar.
7. Saudara Tri Boy Fransiskus sebagai partner yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam proses mengerjakan Tugas Akhir.

8. Segenap teman-teman Asisten Praktikum Penyelidikan Tanah periode 2019/2010 yang telah membantu dan memberikan keceriaan selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
9. Rekan–rekan asisten yang telah memberikan bantuan dan semangat selama proses penelitian Tugas Akhir ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA HANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Keaslian Tugas Akhir.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III DASAR TEORI	11
3.1 Kestabilan Lereng	11
3.1.1 Stabilitas Terhadap Gaya Guling.....	11
3.1.2 Stabilitas Terhadap Gaya Dorong	11
3.2 GeoStudio SLOPE/W	11
3.3 Geogrid.....	12
3.4 Tanah Lempung	12
3.5 Tanah Pasir Sebagai Pembungkus Geogrid	13
3.6 Perencanaan Perkuatan Lereng Dengan Geogrid.....	13
3.6.1 Perencanaan Jarak Vertikal antar Geogrid (Sv)	13
3.6.2 Perhitungan Panjang Geogrid (L).....	14
3.6.3 Angka Aman Stabilisasi Lereng Dengan Perkuatan Geogrid (SF)	15

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	16
4.1 Material	16
4.1.1 Tanah Lempung dan Pasir	16
4.1.2 Geogrid	17
4.2 Pemodelan Dimensi Perkuatan Lereng	18
4.2.1 Dimensi Lereng yang Akan Dimodelkan	18
4.2.2 Bidang Gelincir	18
4.3 Metode Penelitian	19
4.3.1 Pemodelan Dengan GeoStudio	20
4.3.2 Perhitungan Manual Lereng	22
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	24
5.1 Hasil Pemodelan Dengan GeoStudio	24
5.1.1 Perbandingan Model A dan Model B	24
5.1.2 Perbandingan $S_v = 40$ cm dan $S_v = 60$ cm	27
5.2 Hasil Perhitungan Manual Lereng	28
5.2.1 Nilai Jarak Antar Geogrid (S_v)	28
5.2.2 Perhitungan Panjang Geogrid	29
5.2.3 Perhitungan Angka Aman (SF) Manual	30
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	31
6.1 Kesimpulan	31
6.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Hasil <i>Lateral Displacement</i>	10
Tabel 3.1	Tabel Nilai Variasi Reduksi Angka Aman Untuk Menentukan T_{ijin} ...	14
Tabel 4.1	Nilai Parameter Kohesi dan Sudut Geser Tanah.....	16
Tabel 4.2	Nilai Parameter Adhesi dan Sudut Geser Tanah-Geogrid	17
Tabel 4.3	Pemodelan Lereng Dengan Perkuatan Geogrid	22
Tabel 4.4	Pemodelan Lereng Dengan Tanpa Perkuatan Geogrid	22
Tabel 5.1	Tabel Nilai Parameter Adhesi dan Sudut Geser Tanah-Geogrid	24
Tabel 5.2	Perbandingan Nilai SF Model A dan Model B Pada $S_v = 60$ cm	24
Tabel 5.3	Perbandingan Nilai SF Model A dan Model B Pada $S_v = 40$ cm	25
Tabel 5.4	Tabel Jarak Antar Geogrid Per Elevasi Lereng.....	27
Tabel 5.5	Penggunaan Panjang Geogrid (L) $S_v = 60$ cm.....	28
Tabel 5.6	Penggunaan Panjang Geogrid (L) $S_v = 40$ cm.....	28
Tabel 5.7	Perbandingan SF Manual dan Pemodelan Pada $S_v = 40$ cm dan 60 cm.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Tegangan Geser Maksimal Terhadap Variasi Ketebalan Pasir Pembungkus Geogrid.....	8
Gambar 2.2	Nilai Kuat Tarik <i>Pullout</i> Pada Lempung yang Diberi Perkuatan Geogrid	8
Gambar 2.3	Grafik Nilai Perpindahan Horisontal	9
Gambar 4.1	Contoh Produk Miragrid	17
Gambar 4.2	Sketsa Dimensi Lereng	18
Gambar 4.3	Sketsa DIMensi Bidang Gelincir.....	19
Gambar 4.4	Bagan Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.5	Sketsa Contoh Panjang Geogrid	20
Gambar 4.6	Sketsa Perbedaan Model A dan Model B	21
Gambar 5.1	Grafik Perbandingan Model A dan Model B Pada $S_v = 60$ cm.....	25
Gambar 5.2	Grafik Perbandingan $S_v = 60$ cm dan 40 cm	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Manual Jarak Vertikal Antar Geogrid (Sv).....	34
Lampiran 2	Perhitungan Kebutuhan Panjang Geogrid per Masing-Masing Elevasi (L)	35
Lampiran 3	Perhitungan Kestabilan Angka Aman Lereng (SF).....	37
Lampiran 4	Tabel Perbandingan Antara Pemodelan GeoStudio dan Perhitungan Manual.....	40
Lampiran 5	Pemodelan Lereng Tanpa Perkuatan Geogrid.....	41
Lampiran 6	Pemodelan Lereng Dengan Sv = 60 cm	43
Lampiran 7	Pemodelan Lereng Model A Dengan Sv = 60 cm.....	45
Lampiran 8	Pemodelan Lereng Model B Dengan Sv = 60 cm	51
Lampiran 9	Pemodelan Lereng Dengan Sv = 40 cm	57
Lampiran 10	Pemodelan Lereng Model A Dengan Sv = 40 cm.....	59
Lampiran 11	Pemodelan Lereng Model B Dengan Sv = 40 cm.....	65

INTISARI

PENGARUH KETEBALAN PASIR SEBAGAI PEMBUNGKUS GEOGRID TERHADAP STABILITAS LERENG LEMPUNG, Okinawa Surya Putra Pratama, NPM 150216249, Tahun 2020, Bidang Peminatan GeoTeknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Perkuatan lereng dengan menggunakan geogrid menjadi salah satu teknologi dibidang geoteknik yang cukup efisien dalam mengatasi kegagalan lereng. Tetapi sayangnya perkuatan lereng tersebut membutuhkan tanah granular bergradasi baik sebagai material timbunan; contohnya tanah pasir. Tetapi eksploitasi tambang pasir kini semakin aktif dalam pengrusakan ekosistem lingkungan. Muncullah suatu ide apakah jumlah material pasir tersebut sebagai bahan timbunan dapat direduksi dengan material yang berlimpah jumlahnya di Indonesia, yaitu tanah lempungan.

Tugas Akhir ini memodelkan variasi ketebalan pasir sebagai pembungkus geogrid pada struktur lereng lempung. Pemodelan menggunakan lereng lempung dengan ketinggian 2,8 m, dengan bemiringan lereng $+77^\circ$ dengan hasil berupa angka aman lereng (FS). Variasi ketebalan pasir pembungkus geogrid tersebut antara 4 mm, hingga 14 mm. Pemodelan menggunakan program SLOPE/W GeoStudio 2019 dengan variasi jarak vertikal antar geogrid (S_v) 40 cm dan 60 cm. Selain pemodelan menggunakan program GeoStudio, perhitungan manual juga dilakukan guna mengecek apakah nilai yang dihasilkan valid atau tidak.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai angka aman lereng (FS) dengan $S_v = 40$ cm memiliki variasi paling rendah adalah 6,209 hingga 6,378, dan pada lereng dengan $S_v = 60$ cm memiliki variasi FS antara 5,261 hingga 5,393. Nilai FS tersebut meningkat jauh bila dibandingkan dengan pemodelan lereng yang tidak diberikan perkuatan geogrid, yaitu sebesar 2,889. Melalui pemodelan didapatkan tebal pasir efisien sebagai pembungkus geogrid pada lereng lempung setebal 6 mm, 8 mm, dan 10 mm; baik pada lereng dengan $S_v = 40$ cm maupun 60 cm.

Kata kunci : lereng lempung, angka aman, pasir pembungkus geogrid, perkuatan lereng, GeoStudio

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dinding penahan tanah (*retaining wall*) adalah suatu struktur bangunan geoteknik yang menahan suatu kemiringan lereng sehingga tidak menyebabkan keruntuhan lereng yang berakibat pada rusaknya infrastruktur bangunan lainnya, seperti jalan, dan struktur bangunan lainnya. Variasi dinding penahan tanah antara lain menggunakan pasangan batu kali, beton bertulang, dan geotekstil.

Salah satu struktur perkuatan lereng yang akhir-akhir ini sedang banyak dikembangkan adalah dengan menggunakan salah satu produk geosintetik yaitu geogrid, dan pengaplikasiannya sudah banyak diterapkan di banyak negara di dunia. Pengaplikasian geogrid pada suatu struktur tanah digunakan penahan kuat tarik gaya tarik yang terjadi di dalam tanah. Oleh karena itu geogrid dibuat dengan kuat tarik yang relatif tinggi.

Tetapi disamping banyaknya keuntungan geogrid sebagai perkuatan lereng, kekurangan pada pengaplikasian struktur perkuatan lereng menggunakan geogrid adalah keterbatasan material bergranular baik yang memiliki ketahanan yang tinggi dan kemampuan untuk mengantisipasi terjadinya tekanan air pori berlebih (Elias dan Christopher, 1996). Tanah dengan granular baik yang dimaksud adalah tanah pasir.

Pada umumnya dinding penahan tanah menggunakan material timbunan yang merupakan material tanah pasir dengan gradasi butiran yang bervariasi (*well*

graded). Penggunaan material pasir sebagai timbunan membutuhkan biaya yang tidak sedikit untuk harga materialnya serta biaya pengirimannya. Penggunaan material pasir juga bergantung pada waktu pengiriman, yang bergantung jauh-dekatnya lokasi proyek bahan material diambil. Sebagian besar proyek konstruksi di Indonesia masih meminati tanah pasir sebagai material timbunan. Pengambilan bahan material pasir yang berlebihan dapat menyebabkan rusaknya ekosistem sungai.

Nilai ekonomi dari penambangan pasir cukup besar, tetapi tidak semua penambang pasir menggunakan cara yang legal dalam melakukan usaha penambangan pasir. Mengutip dari laman Kompas 3 Desember 2018, beberapa lokasi di Tasikmalaya menjadi tempat tambang pasir ilegal, dikarenakan regulasi dari pemerintah daerah tentang dampak lingkungan yang belum memiliki ketegasan hukum. Mengutip pula dari laman Kompas.com 6 September 2018, penambangan pasir ilegal di hilir sungai Progo menyebabkan rusaknya infrastruktur jalan desa akibat lalu lintas truk pasir.

Penggunaan bahan material tanah lempung bisa menjadi salah satu solusi bahan timbunan dikarenakan jumlahnya melimpah di Indonesia. Tetapi karena sifat tanah lempung yang kembang-susutnya tinggi, serta ukuran butir tanah lempung sangat kecil, penggunaan tanah lempung tidak disarankan untuk menjadi tanah timbunan.

1.2 Rumusan Masalah

Perkuatan tanah menggunakan geogrid membutuhkan tanah dengan kualitas yang baik. Pada umumnya di Indonesia tanah timbunan yang digunakan untuk dinding penahan tanah adalah tanah pasir. Tetapi untuk mendatangkan tanah pasir membutuhkan biaya pengiriman yang tidak sedikit. Terlebih juga waktu pengiriman material yang bergantung pada jauh-dekatnya lokasi proyek dengan tempat material diambil.

Demi mengefisiensikan penggunaan material timbunan tanah pasir dalam perkuatan lereng, stabilisasi lereng diteliti menggunakan geogrid dan mengganti sebagian besar material timbunan dengan tanah lempung, yang jumlahnya melimpah di Indonesia. Meredeuksi penggunaan pasir dengan cara menggunakan tanah lempung sebagai timbunan yang dominan, serta menggunakan tanah pasir sebagai pembungkus geogrid. Berbagai variasi ketebalan pasir pembungkus geogrid dimodelkan, guna mengetahui ketebalan yang efisien pasir sebagai pembungkus geogrid.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini guna mengetahui efisiensi penggunaan tanah pasir sebagai timbunan (pelapis geogrid) pada dinding penahan tanah menggunakan tanah lempung sebagai bahan timbunan yang dominan, serta sedikit menggunakan tanah pasir sebagai material pembungkus geogrid, sehingga didapatkan nilai angka aman pada struktur dinding penahan tanah tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Pada judul penelitian ini, batasan-batasan yang dipakai oleh penulis sebagai pembandingan dengan penelitian lainnya, adalah sebagai berikut.

1. Pemodelan lereng lempung menggunakan program SLOPE/W GeoStudio 2019, dengan metode Janbu.
2. Pemodelan dimensi lereng menggunakan dimensi yang digunakan pada penelitian Ling, dkk. (2005) dan dimodelkan pula oleh Lee, dkk (2010) menggunakan program LS-DYNA.
3. Parameter-parameter tanah pasir dan tanah lempung menggunakan nilai parameter tanah pada penelitian yang dilakukan Abdi dkk. pada tahun 2009 yang lalu.
4. Geogrid yang dimodelkan dengan kuat tarik ultimit 25 kN/m.
5. Jarak vertikal antara geogrid adalah 40 cm dan 60 cm.
6. Pemodelan menggunakan 1 macam tipe keruntuhan lereng sebagai variabel tetap.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil akhir dari penulisan penelitian ini diharapkan mampu menjadi acuan dalam mendesain suatu perkuatan lereng, menggunakan program GeoStudio maupun menggunakan program lain. Serta menjadi referensi bagi perencana dalam mendesain suatu struktur perkuatan lereng yang aman dan ramah lingkungan. Diharapkan pula manfaat penelitian ini guna pengembangan inovasi struktur perkuatan lereng yang aman dan ramah lingkungan.

1.6 Keaslian Tugas Akhir

Abdi, dkk (2009) meneliti kuat geser langsung pada tanah lempung yang diperkuat dengan geogrid. Diantara tanah lempung dan geogrid dilapisi tanah pasir yang memiliki beberapa variasi ketebalan. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada perkuatan tanah lempung yang dilapisi pasir setebal 10 mm memiliki kuat geser yang paling tinggi.

Ling, dkk (2005) melakukan simulasi dinding lereng dengan perkuatan geogrid serta diberi beban seismik dengan menggunakan meja getar. Dikarenakan dimensi lereng setinggi 3 m dan lebar lebih dari 4 m, simulasi yang dilakukan membutuhkan meja getar raksasa.

Lee, dkk (2010) melakukan simulasi pemodelan lereng yang diperkuat dengan geogrid menggunakan program LS-DYNA serta diberi beban seismik. Dimensi lereng yang digunakan sama persis seperti yang sudah dilakukan oleh Ling, dkk (2005). Hasilnya didapatkan variasi beberapa variasi perpindahan lateral, tegangan tarik yang terjadi pada geogrid saat diberikan beban gempa.

Saputra (2017) melakukan analisis perkuatan lereng pada jalan Lintas Liwa-Simpang, dengan membandingkan menggunakan 2 variasi perkuatan lereng, yaitu menggunakan dinding kantilever dan geotekstil. Dia menggunakan pemodelan SLOPE/W dengan metode Bishop. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan nilai angka aman lereng naik signifikan dari 0,4 (kondisi lereng asli) menjadi 1,862 (kombinasi dinding kantilever dan geotekstil).

Dasopang (2018) melakukan studikamus analisis stabilitas lereng di Jalan Provisni Km. 150 Sibuhuan, dengan perkuatan lereng menggunakan dinding

penahan tanah dan geogrid. Dan dari analisis yang dilakukan didapatkan nilai angka aman lereng sebelum diberikan perkuatan adalah 1,26 dan setelah diberikan perkuatan 2,75. Dengan kata lain angka aman lereng setelah diberikan perkuatan naik 110 %.

Tabarsa dan Tabatabaei (2018) melakukan analisis terhadap lereng lempung yang diperkuat dengan geogrid yang dibungkus dengan pasir, kemudian diberi beban seismik. Mereka melakukan analisis dengan persamaan numerikal, sehingga tidak menggunakan program khusus seperti GeoStudio. Hasil yang didapatkan adalah nilai perpindahan horisontal saat diberi beban seismik. Nilai perpindahan horisontal pada lereng yang diberi geogrid dibungkus pasir memiliki perpindahan horisontal yang lebih kecil daripada yang hanya diberi perkuatan geogrid.

BAB II

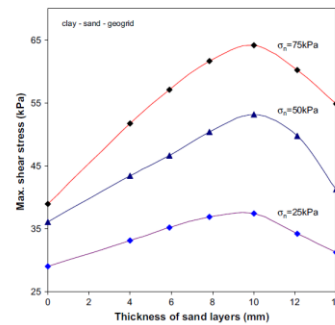
TINJAUAN PUSTAKA

Tanah lempung memiliki jumlah yang melimpah di Indonesia. Hampir di setiap wilayah di Indonesia dapat ditemukan tanah lempung,. Tetapi sayangnya tanah lempung tidak banyak dimanfaatkan sebagai tanah timbunan pada suatu perkuatan lereng dikarenakan sifat kembang susutnya yang tinggi. Perkuatan lereng adalah alternatif yang sangat disarankan untuk proyek tanggul dan dinding penahan tanah karena lebih hemat biaya, berpenampilan bagus, pengerjaan yang mudah, dan kemampuan untuk beradaptasi pada kondisi lokasi proyek dibandingkan struktur dinding penahan tanah yang konvensional. Tetapi keuntungan tersebut sering kali dibatasi oleh ketersediaan bahan material timbunan yang baik, yang memiliki kuat tekan yang tinggi dan kemampuan untuk mengatasi terjadinya kelebihan tekanan air pori (Elias dan Christopher, 1996). Perkuatan lereng dengan tanah lempung akan sangat rawan terjadi kegagalan lereng.

Pengaplikasian yang langsung dipasang geogrid juga tidak menghasilkan kuat yang maksimal. Pada kasus tanah lempung, kekuatan yang dihasilkan dari permukaan tanah dengan geosintetik rendah, menghasilkan kegagalan awal pada permukaan geosintetik sebelum kekuatan geosintetik dapat dimaksimalkan (Abdi, dkk 2009). Dengan demikian, kekuatan geosintetik kurang dimaksimalkan karena kegagalan pada kekuatan permukaan tanah dan geosintetik.

Abdi, dkk (2009) melakukan penelitian variasi ketebalan pasir Firozkoh sebagai pembungkus geogrid pada perkuatan tanah kaolin sebagai tanah lempung,

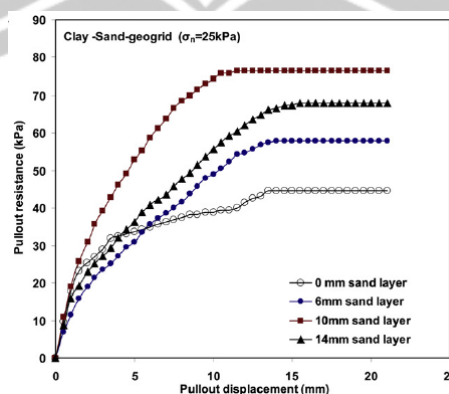
dan diuji menggunakan uji geser langsung dengan 3 variasi pembebanan vertikal, yaitu : 25, 50, dan 75 kPa. Variasi ketebalan pasir Firozkoh pembungkus geogrid adalah 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, dan 14 mm. Pada hasil penelitian tersebut pada ketebalan pasir 10 mm didapatkan nilai kuat geser maksimal.



Gambar 2.1 Grafik tegangan geser maksimal terhadap variasi ketebalan pasir pembungkus geogrid

Sumber : Abdi dkk, (2009)

Abdi dan Arjomand (2011) melakukan uji tarik (*pullout*) pada geogrid yang diberikan lapisan pasir pembungkus pada tanah lempung. Hasilnya nilai *pullout* geogrid yang paling optimum dihasilkan dari tanah lempung yang diberi perkuatan geogrid dengan 10 mm pasir pembungkus geogrid.

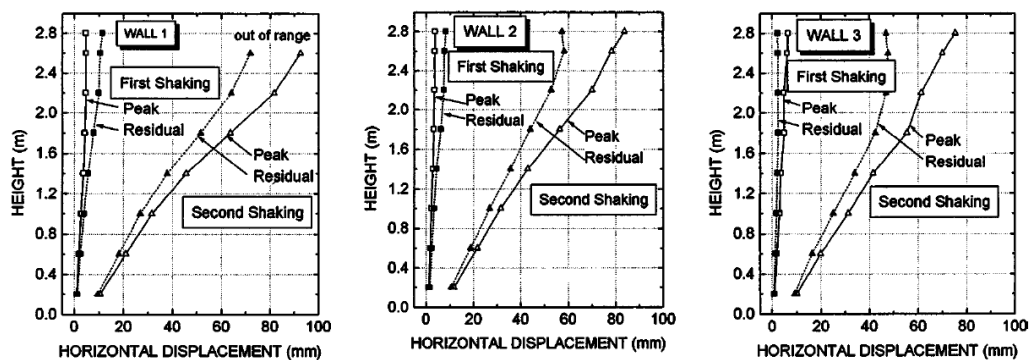


Gambar 2.2 Nilai kuat tarik *pullout* pada lempung yang diberi perkuatan geogrid

Sumber : Abdi dkk, (2009)

Abdi dan Zandieh (2014) melakukan pemodelan dengan teknik yang sama seperti yang Abdi dan dan Arjomand lakukan pada tahun 2011, hanya saja Abdi dan Zandieh menggunakan aplikasi Plaxis V8 untuk memodelkan kekuatan kuat tarik *pullout* geogrid tersebut.

Ling, dkk (2005) melakukan pengujian dengan menggetarkan suatu stuktur lereng setinggi 2,8 m pada suatu meja getar raksasa yang telah diberikan perkuatan geogrid dengan ketebalan dan jarak antar geogrid yang telah ditentukan. Pada stuktur lereng tersebut diberikan sensor-sensor pada titik tertentu untuk mengetahui akselerasi pada tanah. Dan untuk mengetahui jarak perpindahan lateral (*lateral displacement*), digunakan laser untuk mendeteksi pergeseran lereng setiap ketinggian 20 cm. Untuk skema pengetaran lereng dilakukan 2 kali, dengan periode getaran menggunakan geratan gempa Kobe tahun 1997 (magnitude 7,2 SR). Dari Penelitian tersebut nilai perpindahan horisontal lereng pada getaran pertama tidak menghasilkan perpindahan yang signifikan yaitu kurang dari 10 mm, tetapi pada getaran kedua dihasilkan perpindahan horisontal maksimum hingga hampir 100 mm.



Gambar 2.3 Grafik nilai perpindahan horisontal (Ling, dkk, 2005)

Sumber : Ling dkk, (2005)

Lee, dkk (2010) melakukan pemodelan kestabilan lereng dengan model dimensi lereng yang sama digunakan oleh Ling, dkk (2005). Hanya saja Lee, dkk menggunakan program LS-DYNA untuk mendapatkan hasil, sementara yang dilakukan oleh Ling, dkk menggunakan pemodelan asli dengan meja getar raksasa.

Tabarsa dan Tabatabaei (2018) melakukan prosedur modeling secara numeris pada struktur lereng lempung yang diberikan perkuatan pasir pembungkus geogrid. Tetapi perbedaan yang dilakukan oleh Tabarsa dan Tabatabaei pada 2018 lalu adalah struktur lereng tersebut diberikan beban seismik dan diberikan 3 variasi ketinggian lereng yaitu: 6 m, 9 m, dan 12 m. oleh Tabarsa dan Tabatabaei menggunakan persamaan numeris yang mereka rancang sendiri, sehingga tidak membutuhkan program khusus seperti GeoStudio. Hasil akhir yang diambil hanya berupa nilai perpindahan horinsontal saat gempa terjadi, bukan angka aman lereng tersebut.

Tabel 2.1 Tabel Hasil *Lateral Displacement*

Tinggi (m)	Posisi	$\delta_{XR \max}$ (cm)	$\delta_{XTR \max}$ (cm)	$\% \Delta (\delta_{x \max})$
6	Dasar Lereng	0,5	0,1	80
	Puncak Lereng	0,5	0,1	80
9	Dasar Lereng	7,5	2,5	66
	Puncak Lereng	6	3	50
12	Dasar Lereng	25	2	92
	Puncak Lereng	3,5	1,5	57

Sumber : Tabarsa dan Tabatabaei, 2018

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng adalah kondisi dimana lereng mampu menahan gaya-gaya eksternal yang dapat membuat lereng tersebut bergerak. Kestabilan lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk faktor aman (SF).

3.1.1 Stabilitas Terhadap Gaya Guling

Kestabilan lereng dalam menahan gaya guling adalah saat gaya momen yang menahan momen lebih besar dari jumlah gaya yang menyebabkan momen. Biasanya nilai angka aman yang digunakan pada stabilitas guling minimal 1,5.

$$\Sigma SF = \frac{\Sigma \text{Momen yang menahan guling}}{\Sigma \text{Momen yang menyebabkan guling}} \quad (3-1)$$

3.1.2 Stabilitas Terhadap Gaya Dorong

Lereng dikatakan mampu menahan gaya dorong adalah saat gaya yang menahan lebih besar dari jumlah gaya yang menyebabkan gaya dorong. Biasanya nilai angka aman yang digunakan pada stabilitas gaya dorong minimal 1,5.

$$\Sigma SF = \frac{\Sigma \text{Gaya yang menahan gaya dorong}}{\Sigma \text{Gaya yang menyebabkan gaya dorong}} \quad (3-2)$$

3.2 GeoStudio SLOPE/W

GeoStudio adalah produk GEO-SLOPE International Ltd, Kanada. GeoStudio memiliki beberapa pemodelan yaitu SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W,

QUAKE/W, CTRAN/W, TEMP/W, dan AIR/W. Pada penelitian ini, pemodelan menggunakan SLOPE/W.

SLOPE/W adalah program metode analisis numeris pada aplikasi GeoStudio dalam menganalisis kestabilan suatu lereng. SLOPE/W GeoStudio dipilih karena program GeoStudio adalah program analisis numeris terbaru yang dikhususkan untuk menganalisis kekuatan struktur tanah.

3.3 Geogrid

Geogrid adalah salah satu produk geoseintetik yang fungsinya ditujukan sebagai perkuatan tanah (*soil reinforcement*). Geogrid memiliki bentuk lembaran memanjang atau lembaran kaku dengan panjang dan lebar tertentu. Geogrid memiliki struktur polimer yang memanjang dan memiliki kuat tarik yang relatif tinggi. Kekuatan kuat tarik geogrid berdasarkan tebal geogrid tersebut. Geogrid terbuat dari berbagai macam bahan seperti Poly Vinyl, atau Poly ethylene.

3.4 Tanah Lempung

Tanah lempung sering ditemui pada proyek-proyek pembangunan di Indonesia. Tanah tersebut berasal dari pelapukan material, ataupun organisme yang terdegradasi. Tanah lempung memiliki butiran yang sangat halus, dengan diameter lebih kecil dari 0,075 mm. Dikarenakan butirannya yang sangat kecil, tanah lempung tidak disarankan sebagai material timbunan, dikarenakan air akan sulit untuk keluar atau masuk, yang akan mempengaruhi tekanan air pori pada tanah tersebut.

3.5 Tanah Pasir Sebagai Pembungkus Geogrid

Tanah pasir memiliki variasi butiran antara diameter 0,075 mm hingga 4,8 mm. Tanah pasir sering dipakai sebagai material timbunan disamping kerikil, karena fungsinya sebagai filler untuk memenuhi bagian rongga-rongga yang sempit. Tanah pasir juga memiliki gradasi butiran yang bervariasi, sehingga baik digunakan sebagai drainase.

3.6 Perencanaan Perkuatan Lereng Dengan Geogrid

3.6.1 Perencanaan Jarak Vertikal antar Geogrid (S_v)

Penentuan nilai S_v didapat dari nilai kuat tarik ultimit (T_{ult}) geogrid yang telah direduksi menjadi kuat tarik ijin (T_{ijin}). Nilai tegangan normal tanah juga berpengaruh terhadap ikatan antara butiran tanah dengan geogrid, sehingga dapat dirumuskan persamaan berikut.

$$S_v = \frac{T_{ijin}}{\sigma_h \cdot FS} \quad (3-3)$$

dimana :

S_v = jarak vertikal antar geogrid (m)

T_{ijin} = kuat tarik ijin geogrid (kN/m)

σ_h = nilai tegangan normal tanah di atas geogrid (kN/m²)

FS = faktor reduksi (digunakan nilai 1)

Nilai kuat tarik ultimit perlu direduksi dikarenakan adanya kemungkinan saat pemasangan atau saat masa layanan geogrid terdapat berbagai hal yang dapat merusak geogrid. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$T_{ijin} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \cdot FS_{CR} \cdot FS_{CD} \cdot FS_{BD}} \right) \quad (3-4)$$

Dimana :

FS_{ID} = angka aman akibat kerusakan saat instalasi (*Installation Damage*)

FS_{CR} = angka aman akibat rayapan

FS_{CD} = angka aman akibat degradasi kimia (*Chemical Degradation*)

FS_{BD} = angka aman akibat degradasi biologis (*Biological Degradation*)

Tabel 3.1 Tabel Nilai Variasi Reduksi Angka Aman Untuk Menentukan T_{ijin}

AREA PENERAPAN	BEBERAPA ANGKA KEAMANAN PARSIAL			
	Kerusakan Instalasi (FS_{ID})	Rayapan (FS_{CR})	Degradasi Kimia (FS_{CD})	Degradasi Biologi (FS_{BD})
Pemisah	1,1-2,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,1 – 2,0	1,0 – 1,2
Jalan tanpa perkersn	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Dinding	1,1-2,0	2,5 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Timbunan	1,1 – 2,0	2,0 – 3,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Daya dukung	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Stabilitas Lereng	1,1 – 1,5	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Overlay	1,1-1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Jalan Rel	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Form flexible	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Dinding lanau	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Sumber : Hatmoko, J. (2012)

3.6.2 Perhitungan Panjang Geogrid (L)

Perhitungan nilai panjang geogrid didapat dari nilai panjang geogrid selebar bidang gelincir (L_R) ditambah panjang overlap geogrid di belakang bidang gelincir (L_o), ditambah panjang tekukan di bagian atas (L_c), dan jarak antar geogrid (S_v). Tetapi karena pada pemodelan GeoStudio panjang geogrid yang diaplikasikan tidak dapat ditekuk ke atas, dan diasumsikan pada bagian luar lereng diberi blok beton sehingga partikel tanah tidak dapat keluar, variable yang digunakan hanya L_R dan L_o . Sehingga persamaan yang digunakan adalah :

$$L = L_R + L_o \quad (3-5)$$

$$L_R = (H - z) \cdot \tan(45^\circ - \phi/2) \quad (3-6)$$

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot FS}{4 \cdot (c + \gamma \cdot z \cdot \tan\phi)} \quad (3-7)$$

Dimana :

- L_R = panjang geogrid pada area bidang gelincir lereng (m)
- L_o = panjang overlap geogrid di belakang bidang gelincir (minimal 1 m)
- H = tinggi lereng (m)
- z = kedalaman geogrid dari sisi atas lereng (m)
- Φ = sudut geser antar butir tanah ($^{\circ}$)
- S_v = jarak vertikal antar geogrid (m)
- σ_h = tegangan normal akibat tekanan tanah di atas geogrid (kN/m^2)
- FS = Faktor aman lereng
- c = kohesi antar butir tanah (kN/m^2)
- γ = massa jenis tanah (kN/m^3)

3.6.3 Angka Aman Stabilisasi Lereng Dengan Perkuatan Geogrid (SF)

$$SF = \frac{(c + \sigma \tan \phi) \cdot L_{arc} \cdot R + \sum T_i \cdot y_i}{W \cdot X} \quad (3-8)$$

Persamaan diatas berfungsi menentukan nilai angka aman lereng yang telah diberikan perkuatan geogrid. Nilai kuat tarik geogrid ada pada persamaan $\sum T_i \cdot y_i$ sehingga apabila lereng tersebut tidak memiliki perkuatan geogrid maka :

$$SF = \frac{(c + \sigma \tan \phi) \cdot L_{arc} \cdot R}{W \cdot X} \quad (3-9)$$

Keterangan :

- $\tau = c + \sigma \tan \Phi$
- c = kohesi antar butiran (kN/m^2)
- Φ = sudut geser antar butir tanah ($^{\circ}$)
- σ = tegangan normal akibat tekanan tanah di atas geogrid (kN/m^2)
- L_{arc} = panjang bidang gelincir (m)
- R = jari-jari radian (bidang gelincir ke pusat rotasi bidang gelincir) (m)
- W = beban massa lereng yang runtuh (kN)
- X = jarak horisontal antara Pusat massa bidang longsor ke pusat rotasi bidang gelincir (m)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini nilai angka aman lereng menjadi sesuatu yang penting. Nilai angka aman pada pemodelan GeoStudio dengan $S_v = 60$ cm memiliki nilai antara 4,528 – 5,393. Sedangkan pada lereng yang dimodelkan dengan $S_v = 40$ cm memiliki nilai angka aman antara 5,417 – 6,378. Nilai tersebut relatif besar untuk kestabilan lereng dengan material lempung kaolin sebagai timbunan. Nilai angka aman yang paling optimum pada lereng dengan $S_v = 60$ cm dan 40 cm adalah pada lereng dengan geogrid dengan tebal lapisan pasir 6 mm, 8 mm, dan 10 mm. Tetapi dikarenakan nilai dari ketiga pemodelan lereng tersebut sama, maka lebih efisien dengan menggunakan pasir 6 mm sebagai pembungkus geogrid. Nilai angka aman yang cukup besar tersebut menunjukkan tidak perlu digunakan banyak pasir sebagai material timbunan, yang mana akan menghemat nilai konstruksi perkuatan lereng dan mengurangi eksploitasi bahan material pasir.

Berdasarkan pemodelan yang telah dilakukan pada penelitian ini, nilai angka aman pada Model A (tidak memodelkan pasir pada GeoStudio) maupun angka aman Model B (menggunakan pemodelan pasir pada GeoStudio) memiliki perbedaan yang sangat kecil yaitu 0,037 % - 0,811 %. Nilai tersebut relatif sama, bahkan hampir mendekati. Nilai dari perhitungan manual juga menunjukkan bahwa nilai hasil perhitungan angka aman pemodelan GeoStudio cukup mendekati dengan nilai perhitungan manual.

6.2 Saran

Saran yang penulis sampaikan untuk keberlanjutan tema penelitian ini adalah memvariasikan tinggi lereng terhadap angka amannya, dengan kondisi yang sudah dimodelkan dalam penelitian ini. Penggunaan bahan material lokal juga perlu di garis bawah, mengingat material pasir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan tanah pasir yang berasal dari suatu daerah bernama Firozkoh, suatu kota di Iran.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, M.R. dan Arjomand, M.A, 2011, Pullout tests conducted on clay reinforced with geogrid encapsulated in thin layers of sand, *ELSEVIER*, Amsterdam.
- Abdi, M.R., Sadrnejad, A., dan Arjomand, M.A, 2009, Strength enhancement of clay by encapsulating geogrids in thin layers of sand, *Geotextiles and Geomembranes*, *ELSEVIER*, Amsterdam.
- Abdi, M.R. dan Zandieh, A.R., 2014, Experimental and numerical analysis of large scale pull out tests conducted on clays reinforced with geogrids encapsulated with coarse material, *ELSEVIER*, Amsterdam.
- Assifa, F., *Kota Tasikmalaya "Surga" Tambang Pasir Illegal*, Diakses 8 Desember 2019
<https://regional.kompas.com/read/2018/12/03/16441821/kota-tasikmalaya-surga-tambang-pasir-ilegal?page=all> 2019.
- Barenberg, E.J., dan Bender, D.A., 1978, Design and Behavior of Soil-Fabric-Aggregate System, *57th Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington DC, Juni 1978.
- Dasopang, Yayang Haslika. 2018. ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH DAN GEOGRID MENGGUNAKAN PLAXIS V.8.2 (STUDI KASUS: RUAS JALAN PROVINSI KM. 150 – SIBUHUAN). *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara*. Medan.
- Ellias, V. dan Chistopher, B. B., 1996, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes, design, and construction guidelines, *Federal Highway Administration FHWA-Sa-96-071*.
- Hatmoko, J. T., 2012, Teknologi Perbaikan Tanah, *Fakultas Teknik Universtas Atma Jaya Yogyakarta*, Yogyakarta.
- Lee, K.L., Adams, B.D., dan Vagneron, J.M.J., 1983, Reinforcing Earth Retaining Walls, *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE.
- Lee, K.Z.Z., Chang, N.Y., dan Ko, H.Y. 2010, Numerical simulation of geosynthetic-reinforced soil walls under seismic shaking, *Geotextiles and Geomembranes*, *ELSEVIER*, Amsterdam.

- Ling, H.I., Mohri, Y., Leshchinsky, D., Burke, C., Matsushima, K., dan Liu, H., 2005, Large-Scale Shaking Table Test On Modular-Block Reinforced Soil Retaining Walls, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE.
- Saputra, Adi Saputra, 2017, ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN DINIDNG PENAHAN TANAH KANTILEVER DAN GEOTEKSTIL PADA RUAS JALAN LISTAS LIWA-SIMPANG GUNUNG KEMALA KM. 268+550, *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Lampung*, Bandar Lampung.
- Tabarasa, A. dan Tabatabaei, S., 2018, Seismic Stability of Clayey Slopes Using Sand Encapsulated Geotextile Layers, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, pp 457-466.
- Zebua, D. J., *Penambangan pasir Illegal di Muara Sungai Progo Bikin Warga resah, Belasan Alat Sedot Diamankan Saat Razia*. Diakses 8 Desember 2019. <https://www.google.com/amp/s/amp.kompas.com/regional/read/2019/09/06/15590651/penambangan-pasir-ilegal-di-muara-sungai-progo-bikin-warga-resah-belasan>

Lampiran 1. Perhitungan Manual Jarak Vertikal Antar Geogrid (Sv)

$$T_{ijin} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \bullet FS_{CR} \bullet FS_{CD} \bullet FS_{BD}} \right)$$

AREA PENERAPAN	BEBERAPA ANGKA KEAMANAN PARSIAL			
	Kerusakan Instalasi (FS _{ID})	Rayapan (FS _{CR})	Degradasi Kimia (FS _{CD})	Degradasi Biologi (FS _{BD})
Pemisah	1,1-2,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,1 – 2,0	1,0 – 1,2
Jalan tanpa perkersn	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Dinding	1,1-2,0	2,5 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Timbunan	1,1 – 2,0	2,0 – 3,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Daya dukung	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Stabilitas Lereng	1,1 – 1,5	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Overlay	1,1-1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Jalan Rel	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Form flexible	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Dinding lanau	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

$$T_{ijin} = 25 \frac{kN}{m^2} \left(\frac{1}{1,1 \bullet 2 \bullet 1 \bullet 1} \right) = 11,364 \frac{kN}{m^2}$$

$$S_v = \frac{T_{ijin}}{\sigma_h \bullet FS}$$

dimana nilai σ_h adalah nilai tegangan normal di atas geogrid,

sehingga, nilai Sv ditampilkan dalam tabel berikut.

z (m)	σ_h	SV perhitungan (m)	SV dipilih (m)
3	13,0556	0,870	0,6
2,5	10,8797	1,044	0,6
2	8,7038	1,306	0,6
1,5	6,5278	1,741	0,6
1	4,3519	2,611	0,6
0,5	2,1759	5,222	0,6
0,1	0,4352	26,11201	0,6

Lampiran 2. Perhitungan Kebutuhan Panjang Geogrid per Masing-Masing Elevasi (L)

Persamaan yang digunakan adalah :

$$L = L_R + L_o \text{ dimana :}$$

L_R = panjang di area bidang gelincir lereng

L_o = panjang overlap geogrid di belakang bidang gelincir (minimal 1 m)

$$L_R = (H - z) \times \tan(45 - \Phi/2)$$

Pada lereng dengan $S_v = 60$ cm

$$L_R \text{ (lapisan 1)} = (3 \text{ m} - 0,2 \text{ m}) \times \tan(45 - 12,1/2) = 2,2634 \text{ m}$$

$$L_R \text{ (lapisan 2)} = (3 \text{ m} - 0,8 \text{ m}) \times \tan(45 - 12,1/2) = 1,9158 \text{ m}$$

$$L_R \text{ (lapisan 3)} = \dots \text{ dst.}$$

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma_h \cdot FS}{4(c + \gamma \cdot z \cdot \tan \phi)}$$

Lapisan dari atas lereng	S_v (m)	Kedalaman (m)	L_R hitungan	L_R dari pemodelan	L_o perhitungan	L_o dipakai	L Pemodelan (m)
1	0,6	0,2	2,2634	2,2824	0,0089	1	3,2824
2	0,6	0,8	1,9158	2,0194	0,0510	1	3,0194
3	0,6	1,4	1,3933	1,6458	0,0683	1	2,6458
4	0,6	2	0,8708	1,1217	0,0791	1	2,1217
5	0,6	2,6	0,3483	0,3514	0,0864	1	1,3514

Pada lereng dengan $S_v = 40$ cm

$$L_R \text{ (lapisan 1)} = (3 \text{ m} - 0,2 \text{ m}) \times \tan(45 - 12,1/2) = 2,2634 \text{ m}$$

$$L_R \text{ (lapisan 2)} = (3 \text{ m} - 0,6 \text{ m}) \times \tan(45 - 12,1/2) = 1,9158 \text{ m}$$

$$L_R \text{ (lapisan 3)} = (3 \text{ m} - 1,0 \text{ m}) \times \tan(45 - 12,1/2) = 1,9158 \text{ m}$$

$$L_R \text{ (lapisan 4)} = \dots \text{ dst.}$$

$$L_o \text{ (lapisan 1)} = \frac{0,4 \text{ m} \cdot \left(15,2003 \frac{kN}{m^3} \times 0,2 \text{ m}\right) \cdot 1}{4 \left(28,8 \frac{kN}{m^2} + 15,2003 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot \tan 7,9^\circ\right)} = 0,0029 \text{ m}$$

$$L_o(\text{lapisan 2}) = \frac{0,4 \text{ m} \cdot \left(15,2003 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 0,2 \text{ m}\right) \cdot 1}{4 \left(28,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 15,2003 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot \tan 7,9^\circ\right)} = 0,0029 \text{ m}$$

$$L_o(\text{lapisan 3}) = \frac{0,4 \text{ m} \cdot \left(15,2003 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 0,2 \text{ m}\right) \cdot 1}{4 \left(28,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 15,2003 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot \tan 7,9^\circ\right)} = 0,0029 \text{ m}$$

Lo (lapisan 4) = dst.

Lapisan dari atas lereng	Sv (m)	Kedalaman (m)	L _R hitungan	L _R dari pemodelan	L _o perhitungan	L _o dipakai	L Pemodelan (m)
1	0,4	0,2	2,2634	2,2824	0,0059	1	3,2824
2	0,4	0,6	2,0899	2,1177	0,0284	1	3,1177
3	0,4	1,0	1,7417	1,9096	0,0386	1	2,9096
4	0,4	1,4	1,3933	1,6458	0,0455	1	2,6458
5	0,4	1,8	1,0449	1,3181	0,0506	1	2,3181
6	0,4	2,2	0,6967	0,9007	0,0545	1	1,9007
7	0,4	2,6	0,3483	0,3514	0,0576	1	1,3514

Lampiran 3. Perhitungan Kestabilan Angka Aman Lereng (SF)

Perhitungan angka aman lereng didapat melalui persamaan :

$$FS = \frac{(c + \sigma \tan \phi) \cdot L_{arc} \cdot R + \sum T_i \cdot y_i}{W \cdot X}$$

Parameter-parameter tanah yang akan diaplikasikan dijabarkan pada tabel berikut.

Parameter	Satuan	Tanah Pasir Firozkoh	Tanah Lempung Kaolin
γ_{basah}	kN/m ³	15,6906	15,2003
ϕ'	°	33,7	10
c (kohesi)	kN/m ²	12,1	23,3

Parameter Lainnya	Satuan	Nilai	Keterangan
Tinggi Lereng	m	2,8	
T _{ult} geogrid	kN/m	25	
Sudut keruntuhan lereng	°	35,2330	Dari GeoStuio
Larc	m	4,2296	Dari GeoStuio
R (radius)	m	6,8782	Dari GeoStuio
X (jarak pusat Radius ke pusat bagian lereng yang runtuh)	m	4,2426	Dari GeoStuio

Lampiran 3.1 Angka Aman Lereng Tanpa Geogrid

Lereng tanpa pengaplikasian geogrid pada persamaan tidak akan menggunakan nilai $\sum T_i \cdot y_i$, sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung keamanan lereng adalah persamaan berikut.

$$FS = \frac{(c + \sigma \tan \phi) \cdot L_{arc} \cdot R}{W \cdot X}$$

Lereng lempung sepenuhnya (W lereng yang runtuh = 63,807 kN)

$$FS = \frac{(23,3 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 10^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m}}{63,807 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 2,7813$$

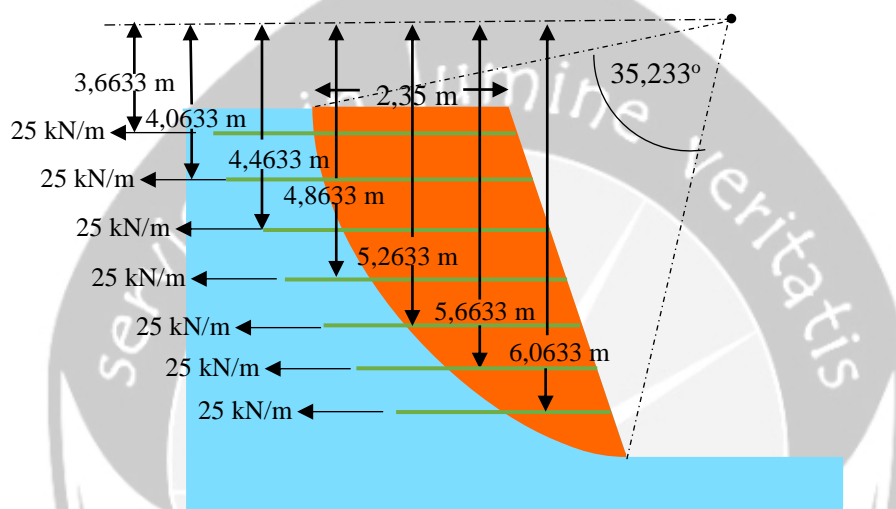
Lereng pasir sepenuhnya (W lereng yang runtuh = 65,865 kN)

$$FS = \frac{(22,3 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 26,4^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 607,913 \text{ kN}}{63,894 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 5,4456$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 14 mm (W lereng = 63,908 kN)

$$FS = \frac{(18,9 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 25,3^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 607,913 \text{ kN}}{63,865 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 5,041$$

Lampiran 3.3 Angka Aman Lereng Dengan Geogrid Sv = 40 cm



$$\sum T_i \cdot y_i = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (3,6633 + 4,0633 + 4,4633 + 4,8633 + 5,2633 + 5,6633 + 6,0633) \text{ m} = 851,078 \text{ kN}$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 4 mm (W lereng = 63,849 kN)

$$FS = \frac{(20,8 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 23^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,849 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 6,0686$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 6 mm (W lereng = 63,87 kN)

$$FS = \frac{(23,5 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 24,1^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,87 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 6,3938$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 8 mm (W lereng = 63,891 kN)

$$FS = \frac{(23,6 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 26,4^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,891 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 6,4825$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 10 mm (W lereng = 63,91 kN)

$$FS = \frac{(22,3 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 28,4^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,91 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 6,6494$$

Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 12 mm (W lereng = 63,931 kN)

$$FS = \frac{(22,3 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 26,4^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,931 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 6,339$$

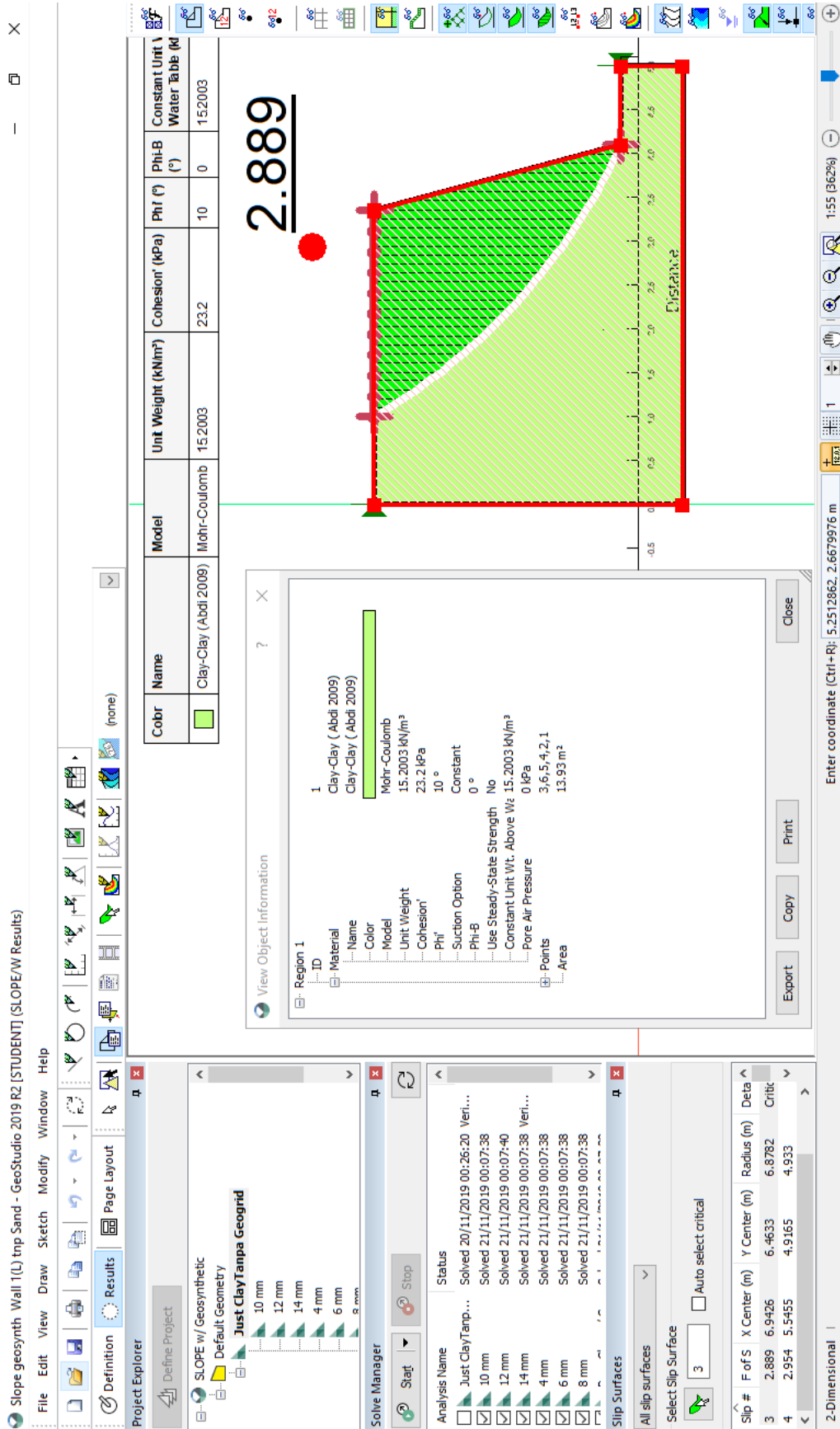
Lereng dengan pasir pembungkus geogrid 14 mm (W lereng = 63,952 kN)

$$FS = \frac{(18,9 \text{ kN/m}^2 + (15,2003 \text{ kN/m}^2 \times 2,8 \text{ m}) \tan 25,3^\circ) \cdot 4,2296 \text{ m} \cdot 6,8782 \text{ m} + 851,078 \text{ kN}}{63,952 \text{ kN} \times 4,2426 \text{ m}} = 5,9337$$

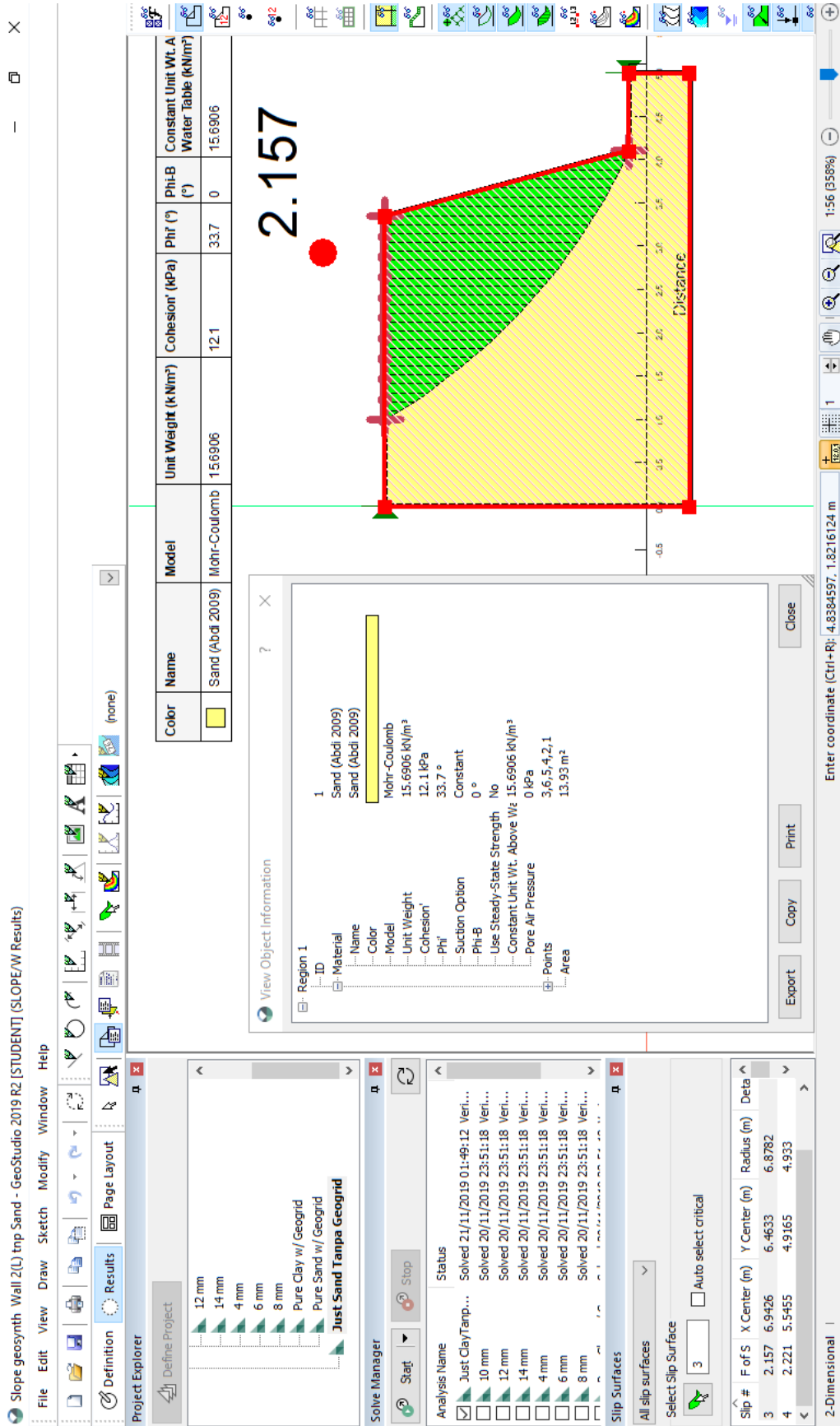
Lampiran 4. Tabel Pembeding Antara Pemodelan GeoStudio dan Perhitungan Manual

Kondisi Lereng		c kohesi (kN/m ²)	Φ (o)	SF Sv = 40 cm			SF Sv = 60 cm		
				W (kN)	Perhitungan Manual	Pemodelan GeoStudio	W (kN)	Perhitungan Manual	Pemodelan GeoStudio
Tanpa Geogrid	Lempung	23,2	10	63,807	2,7813	2,889			
	Pasir	12,1	33,7	65,865	2,3492	2,157			
Dengan Geogrid	Lempung	28,8	7,9	63,807	6,4656	6,378	63,807	5,5674	5,393
	Pasir	12	36,1	65,865	5,4862	5,417	65,865	4,6160	4,528
Model A	4 mm	20,8	23	63,837	6,0726	6,315	63,849	5,1744	5,342
	6 mm	23,5	24,1	63,851	6,4001	6,378	63,870	5,5018	5,393
	8 mm	23,6	26,4	63,865	6,4910	6,378	63,891	5,5928	5,393
	10 mm	24,5	28,4	63,881	6,6601	6,378	63,910	5,7618	5,393
	12 mm	22,3	26,4	63,894	6,3513	6,362	63,931	5,4531	5,377
	14 mm	18,9	25,3	63,908	5,9472	6,252	63,952	5,0489	5,304
Model B	4 mm	20,8	23	63,807	6,0686	6,293	63,807	5,1719	5,340
	6 mm	23,5	24,1	63,807	6,3938	6,357	63,807	5,4980	5,376
	8 mm	23,6	26,4	63,807	6,4825	6,354	63,807	5,5877	5,374
	10 mm	24,5	28,4	63,807	6,6494	6,348	63,807	5,7552	5,369
	12 mm	22,3	26,4	63,807	6,3390	6,318	63,807	5,4456	5,341
	14 mm	18,9	25,3	63,807	5,9337	6,209	63,807	5,0410	5,261

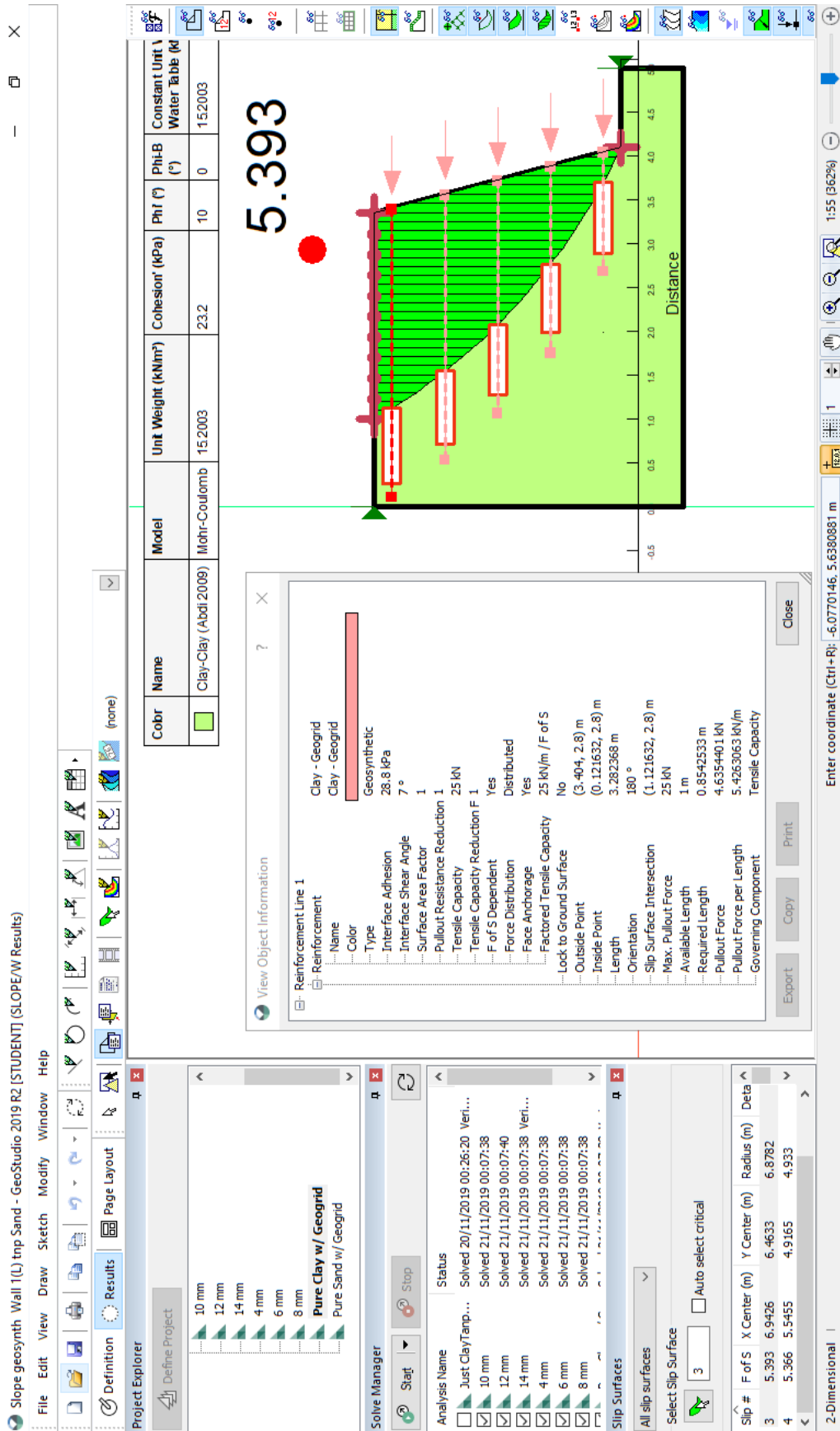
Lampiran 5.1 Pemodelan Lereng dengan Timbunan Lempungan Seluruhnya



Lampiran 5.2 Pemodelan Lereng dengan Timbunan Pasir Seluruhnya



Lampiran 6.1 Pemodelan Perkuatan Lereng dengan Timbunan Lempung Murni Seluruhnya



Lampiran 6 Pemodelan Lereng Dengan Sv = 60 cm

Lampiran 6.2 Pemodelan Perkuatan Lereng dengan Timbunan Pasir Murni Seluruhnya

Slope geosynth Wall 1(L) tnp Sand - GeoStudio 2019 R2 [STUDENT] (SLOPE/W Results)

File Edit View Draw Sketch Modify Window Help

Definition Results Page Layout

Project Explorer

- 10 mm
- 12 mm
- 14 mm
- 4 mm
- 6 mm
- 8 mm
- Pure Clay w/ Geogrid
- Pure Sand w/ Geogrid

Solve Manager

Analysis Name Status

- Just Clay/Tmp... Solved 20/11/2019 00:26:20 Veri...
- 10 mm Solved 21/11/2019 00:07:38
- 12 mm Solved 21/11/2019 00:07:40
- 14 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
- 4 mm Solved 21/11/2019 00:07:38
- 6 mm Solved 21/11/2019 00:07:38
- 8 mm Solved 21/11/2019 00:07:38

Slip Surfaces

All slip surfaces

Select Slip Surface

3 Auto select critical

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	4.528	6.9426	6.4633	6.8782	
4	4.379	5.9455	4.9165	4.933	

2-Dimensional |

View Object Information

Reinforcement Line 1

Name Sand - Geogrid

Color Sand - Geogrid

Type Geosynthetic

Interface Adhesion 12 kPa

Interface Shear Angle 36.1°

Surface Area Factor 1

Pullout Resistance Reduction 1

Tensile Capacity 25 kN

Tensile Capacity Reduction F 1 Distributed

F of S Dependent Yes

Force Distribution Yes

Face Anchorage Yes

Factored Tensile Capacity 25 kN/m / F of S

Lock to Ground Surface No

Outside Point (3.404, 2.8) m

Inside Point (0.121632, 2.8) m

Length 3.282368 m

Orientation 180°

Slip Surface Intersection (1.121632, 2.8) m

Max. Pullout Force 25 kN

Available Length 1 m

Required Length 1 m

Pullout Force 3.2803964 kN

Pullout Force per Length 3.2803964 kN/m

Governing Component Pullout Resistance

Export Copy Print Close

Enter coordinate (Ctrl+R): 5.3120129, 2.9495489 m

1:55 (362%)

1

Constant Unit Wt. A Water Table (kN/m³) 15.6906

Phi-B (°) 0

Phi (°) 33.7

Cohesion (kPa) 12.1

Unit Weight (kN/m³) 15.6906

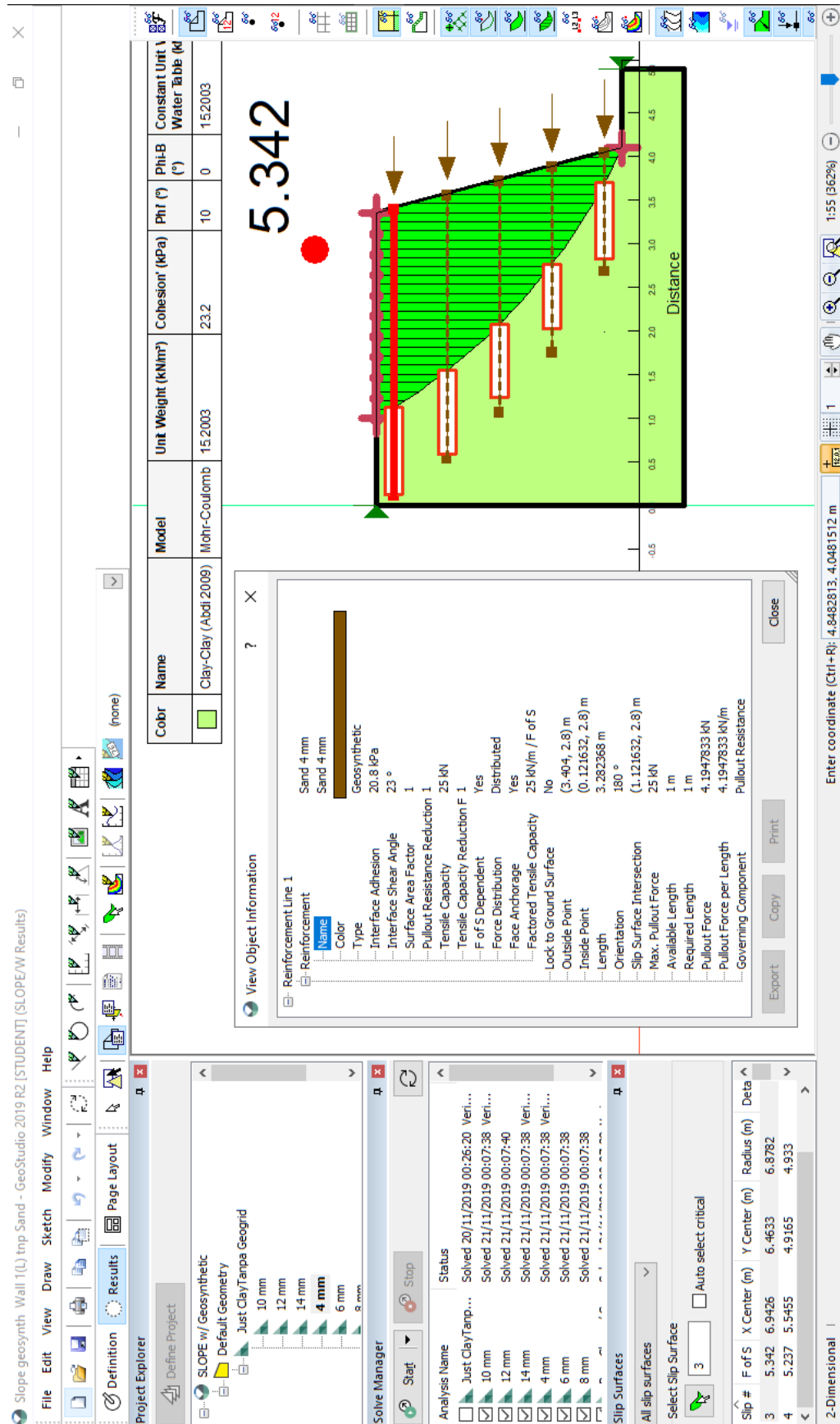
Model Mohr-Coulomb

Cobr Name Sand (Abdi 2009)

4.528

Lampiran 7 Pemodelan Lereng Model A Dengan Sv = 60 cm

Lampiran 7.1 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 4 mm



Lampiran 7.2 Pemodelan Perkuatan Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 6 mm

Slope geosynth Wall 1(L) tnp Sand - GeoStudio 2019 R2 [STUDENT] (SLOPE/W Results)

File Edit View Draw Sketch Modify Window Help

Definition Results Page Layout

Project Explorer

- Define Project
- SLOPE w/ Geosynthetic
 - Default Geometry
 - Just Clay/Tanpa Geogrid
 - 10 mm
 - 12 mm
 - 14 mm
 - 4 mm
 - 6 mm**
 - 8 mm

Solve Manager

Start Stop

Analysis Name	Status
Just Clay/Tanpa...	Solved 20/11/2019 00:26:20 Veri...
10 mm	Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
12 mm	Solved 21/11/2019 00:07:40 Veri...
14 mm	Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
4 mm	Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
6 mm	Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
8 mm	Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...

Slip Surfaces

All slip surfaces

Select Slip Surface

3 Auto select critical

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	5.393	6.9426	6.4633	6.8782	
4	5.337	5.5455	4.9165	4.933	

2-Dimensional

Enter coordinate (Ctrl+R): 5.3120129, 2.2705133 m

1:55 (362%)

1

View Object Information

Reinforcement Line 1

- Reinforcement
 - Name: Sand 6 mm
 - Color: Sand 6 mm
 - Type: Geosynthetic
 - Interface Adhesion: 23.5 kPa
 - Interface Shear Angle: 24.1 °
 - Surface Area Factor: 1
 - Pullout Resistance Reduction 1: 1
 - Tensile Capacity: 25 kN
 - Tensile Capacity Reduction F 1: Yes
 - F of S Dependent: Distributed
 - Force Distribution: Yes
 - Face Anchorage: No
 - Factored Tensile Capacity: 25 kN/m / F of S
 - Lock to Ground Surface: (3.404, 2.8) m
 - Outside Point: (0.121632, 2.8) m
 - Inside Point: 3.282368 m
 - Length: 180 °
 - Orientation: (1.121632, 2.8) m
 - Slip Surface Intersection: 0.9922508 m
 - Max. Pullout Force: 4.6354401 kN
 - Available Length: 4.6716415 kN/m
 - Required Length: 4.6354401 kN
 - Pullout Force: 4.6716415 kN/m
 - Governing Component: Tensile Capacity

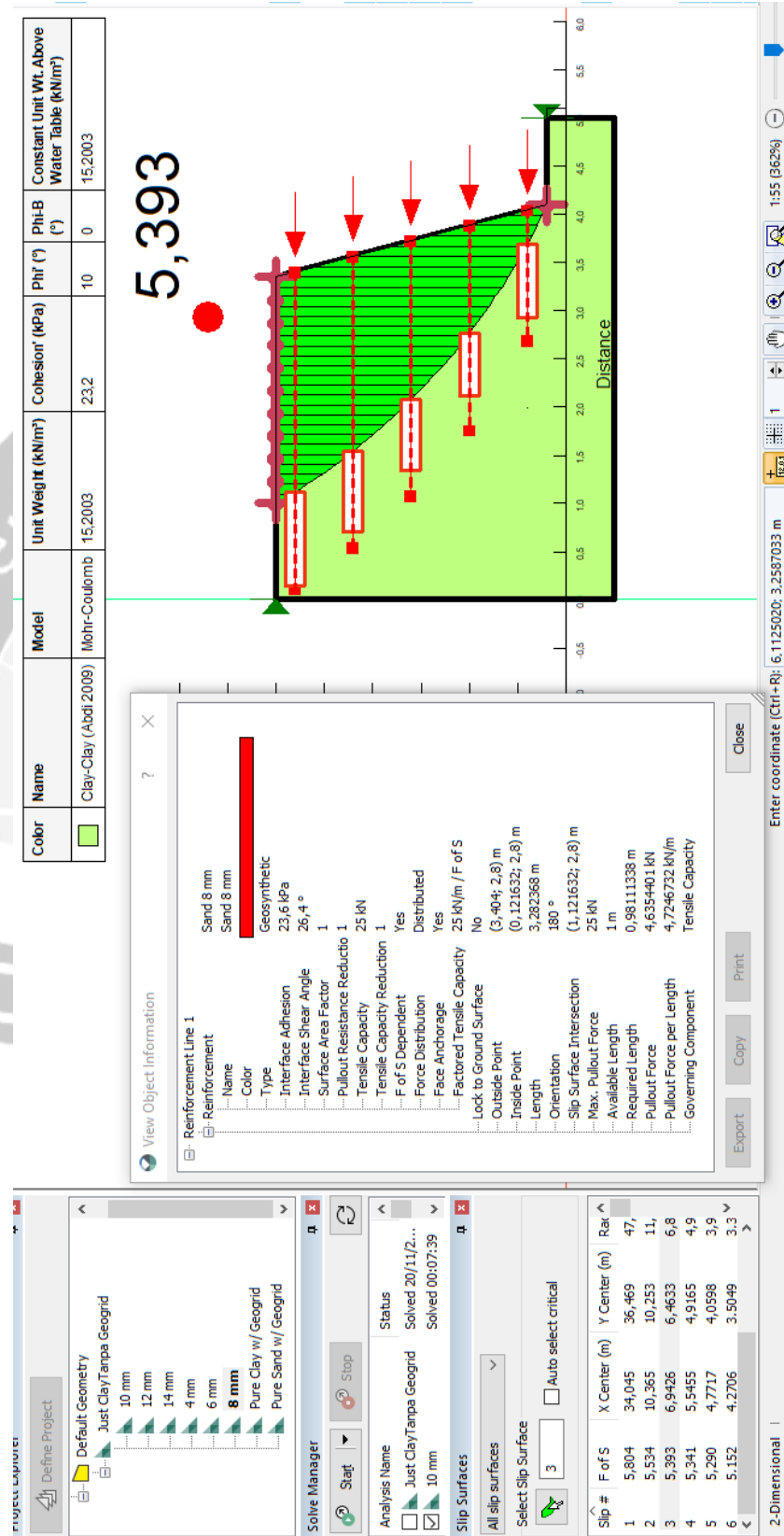
Export Copy Print Close

5.393

Distance

Distance

Lampiran 7.3 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 8 mm



Lampiran 7.4 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 10 mm

Slope geosynth Wall 1(L) tnp Sand - GeoStudio 2019 R2 [STUDENT] (SLOPE/W Results)

File Edit View Draw Sketch Modify Window Help

Definition Results Page Layout

Project Explorer

Define Project

- Default Geometry
- Just Clay/Tampa Geogrid
 - 10 mm
 - 12 mm
 - 14 mm
 - 4 mm
 - 6 mm
 - 8 mm
- Clay/Clay/Geogrid

Solve Manager

Slip Surfaces

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	5.393	6.9426	6.4633	6.8782	
4	5.359	5.5455	4.9165	4.933	

2-Dimensional

View Object Information

Reinforcement Line 1

- Reinforcement: Sand 10 mm
- Name: Sand 10 mm
- Color: Geosynthetic
- Type: Geosynthetic
- Interface Adhesion: 24.5 kPa
- Interface Shear Angle: 28.4°
- Surface Area Factor: 1
- Pullout Resistance Reduction 1: 1
- Tensile Capacity: 25 kN
- Tensile Capacity Reduction F 1: Yes
- F of S Dependent: Yes
- Force Distribution: Distributed
- Force Anchorage: Yes
- Factored Tensile Capacity: 25 kN/m / F of S
- Lock to Ground Surface: No
- Outside Point: (3.404, 2.8) m
- Inside Point: (0.121632, 2.8) m
- Length: 3.282368 m
- Orientation: 180°
- Slip Surface Intersection: (1.121632, 2.8) m
- Max. Pullout Force: 25 kN
- Available Length: 1 m
- Required Length: 0.9416509 m
- Pullout Force: 4.6354401 kN
- Pullout Force per Length: 4.9226737 kN/m
- Governing Component: Tensile Capacity

Export Copy Print Close

Enter coordinate (Ctrl+R): 5.2623274, 1.4479418 m

1:55 (362%)

Constant Unit Water Table (k) 152003

Phi-B (°) 0

Phi (°) 10

Cohesion (kPa) 23.2

Unit Weight (kN/m³) 15.2003

Model Mohr-Coulomb

CoBr Name Clay-Clay (Abdi 2009)

5.393

Distance

Lampiran 7.5 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 12 mm

Slope geosynth Wall 1(L) tnp Sand - GeoStudio 2019 R2 [STUDENT] (SLOPE/W Results)

File Edit View Draw Sketch Modify Window Help

Definition Results Page Layout

Project Explorer

Define Project

- Default Geometry
- Just Clay/Tampa Geogrid
 - 10 mm
 - 12 mm**
 - 14 mm
 - 4 mm
 - 6 mm
 - 8 mm

Just Clay/tnp/Geogrid

Solve Manager

Status

Analysis Name	Status	Solved
Just Clay/Tamp...	Solved	20/11/2019 00:26:20 Veri...
10 mm	Solved	21/11/2019 00:07:38 Veri...
12 mm	Solved	21/11/2019 00:07:40 Veri...
14 mm	Solved	21/11/2019 00:07:38 Veri...
4 mm	Solved	21/11/2019 00:07:38 Veri...
6 mm	Solved	21/11/2019 00:07:38 Veri...
8 mm	Solved	21/11/2019 00:07:38 Veri...

Slip Surfaces

All slip surfaces

Select Slip Surface

3 Auto select critical

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	5.377	6.9426	6.4633	6.8782	
4	5.317	5.5455	4.9165	4.933	

2-Dimensional | Enter coordinate (Ctrl+R): 4.8979669, 3.0378787 m

1:55 (362%)

View Object Information

Reinforcement Line 1

- Reinforcement
 - Name: Sand 12 mm
 - Color: Sand 12 mm
 - Type: Geosynthetic
 - Interface Adhesion: 22.3 kPa
 - Interface Shear Angle: 26.4°
 - Surface Area Factor: 1
 - Pullout Resistance Reduction 1: 1
 - Tensile Capacity: 25 kN
 - Tensile Capacity Reduction F 1: Yes
 - F of S Dependent: Yes
 - Force Distribution: Distributed
 - Face Anchorage: Yes
 - Factored Tensile Capacity: 25 kN/m / F of S
 - Lock to Ground Surface: No
 - Outside Point: (3.404, 2.8) m
 - Inside Point: (0.121632, 2.8) m
 - Length: 3.282368 m
 - Orientation: 180°
 - Slip Surface Intersection: (1.121632, 2.8) m
 - Max. Pullout Force: 25 kN
 - Available Length: 1 m
 - Required Length: 1 m
 - Pullout Force: 4.4971179 kN
 - Pullout Force per Length: 4.4971179 kN/m
 - Governing Component: Pullout Resistance

Export Copy Print Close

Constant Unit Water Table (k) 152003

Phi-B Water Table (k) 0

Phi (°) 10

Cohesion (kPa) 23.2

Unit Weight (kN/m³) 152003

Model Mohr-Coulomb

Color Name Clay-Clay (Abdi 2009)

Distance

5.377

Lampiran 7.6 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 14 mm

Slope geosynth Wall 1(L) tnp Sand - GeoStudio 2019 R2 [STUDENT] (SLOPE/W Results)

File Edit View Draw Sketch Modify Window Help

Definition Results Page Layout

Project Explorer

Define Project

- Default Geometry
 - Just Clay/Tampa Geogrid
 - 10 mm
 - 12 mm
 - 14 mm**
 - 4 mm
 - 6 mm
 - 8 mm

Solve Manager

Analysis Name Status

- Just Clay/Tamp... Solved 20/11/2019 00:26:20 Veri...
- 10 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
- 12 mm Solved 21/11/2019 00:07:40 Veri...
- 14 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
- 4 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
- 6 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...
- 8 mm Solved 21/11/2019 00:07:38 Veri...

Slip Surfaces

All slip surfaces

Select Slip Surface

3 Auto select critical

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	5.304	6.9426	6.4633	6.8782	
4	5.168	5.9455	4.9165	4.933	

2-Dimensional

View Object Information

Reinforcement Line 1

- Name Sand 14 mm
- Color Sand 14 mm
- Type Geosynthetic
- Interface Adhesion 18.9 kPa
- Interface Shear Angle 25.3 °
- Surface Area Factor 1
- Pullout Resistance Reduction 1
- Tensile Capacity 25 kN
- Tensile Capacity Reduction F 1
- F of S Dependent Yes
- Force Distribution Distributed
- Face Anchorage Yes
- Factored Tensile Capacity 25 kN/m / F of S
- Lock to Ground Surface No
- Outside Point (3.404, 2.8) m
- Inside Point (0.121632, 2.8) m
- Length 3.282368 m
- Orientation 180 °
- Slip Surface Intersection (1.121632, 2.8) m
- Max. Pullout Force 25 kN
- Available Length 1 m
- Required Length 1 m
- Pullout Force 3.9010621 kN
- Pullout Force per Length 3.9010621 kN/m
- Governing Component Pullout Resistance

CoBr Name Model Cohesion (kPa) Phi (°) Phi-B (°) Constant Unit 1 Water Table (M)

Clay-Clay (Abdi 2009)	Mohr-Coulomb	15.2003	23.2	10	0	15.2003
-----------------------	--------------	---------	------	----	---	---------

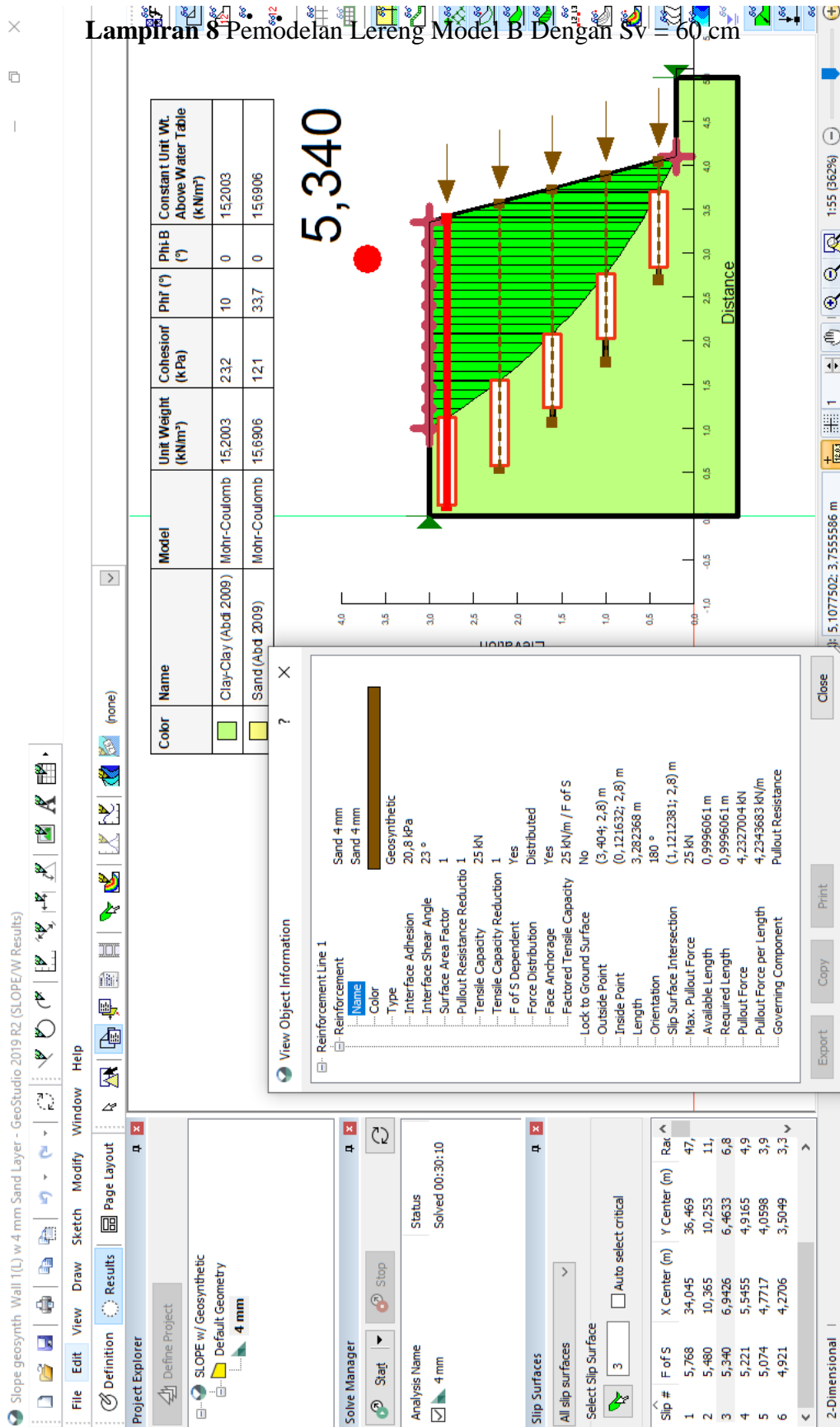
5.304

Distance

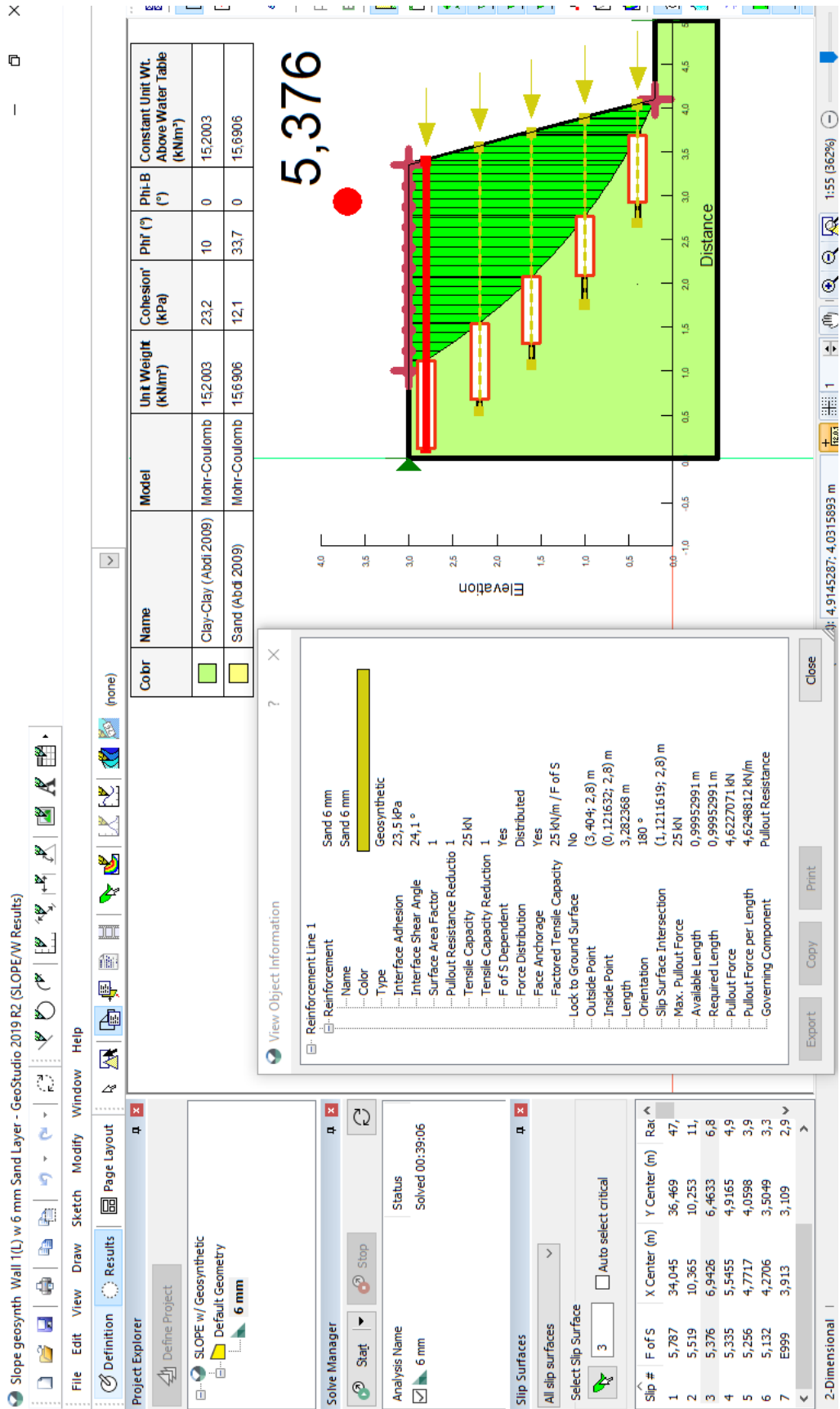
Enter coordinate (Ctrl+R): 5.2236831, 3.8825327 m

1:55 (362%)

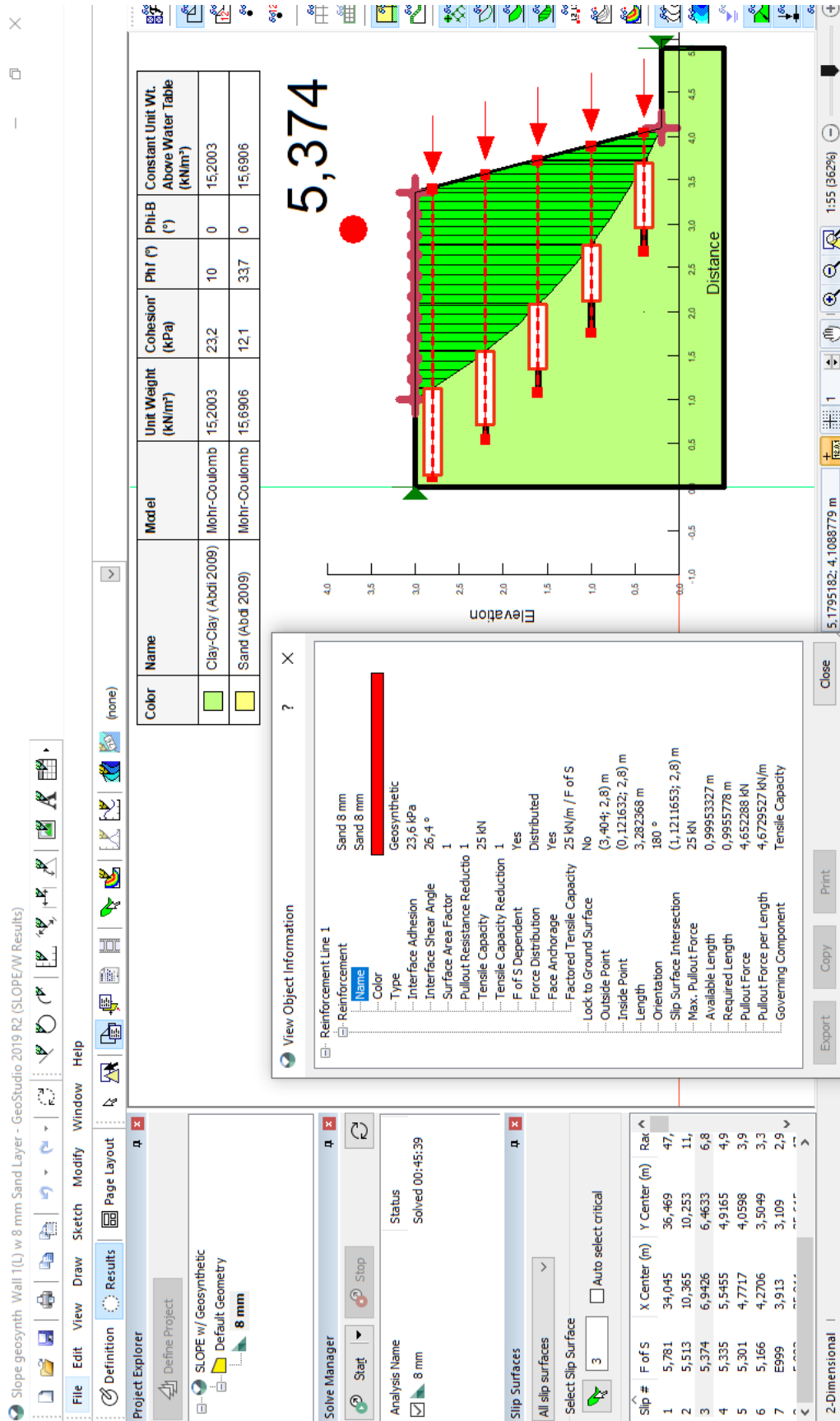
Lampiran 8.1 Pemodelan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 4 mm



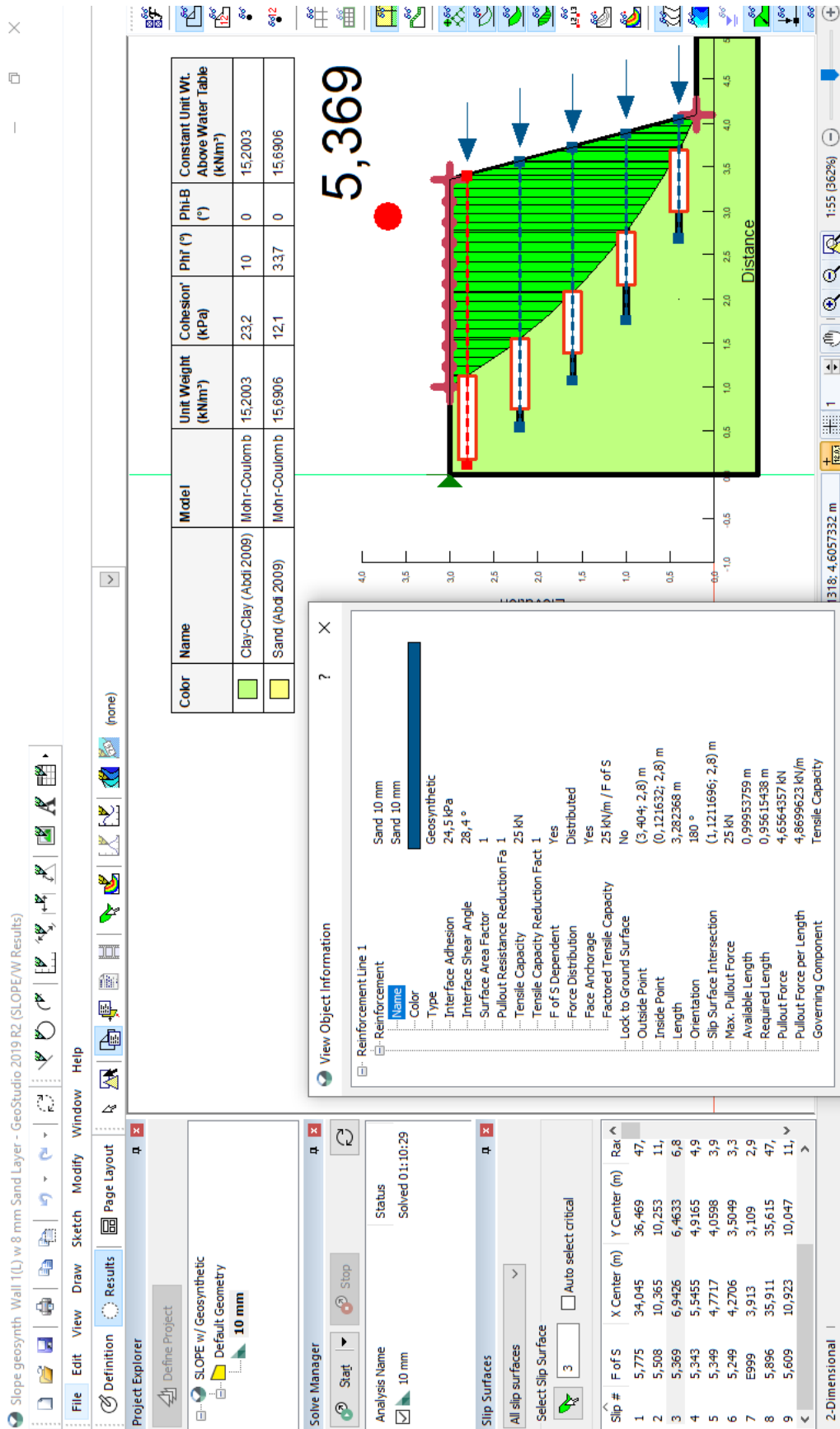
Lampiran 8.2 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 6 mm



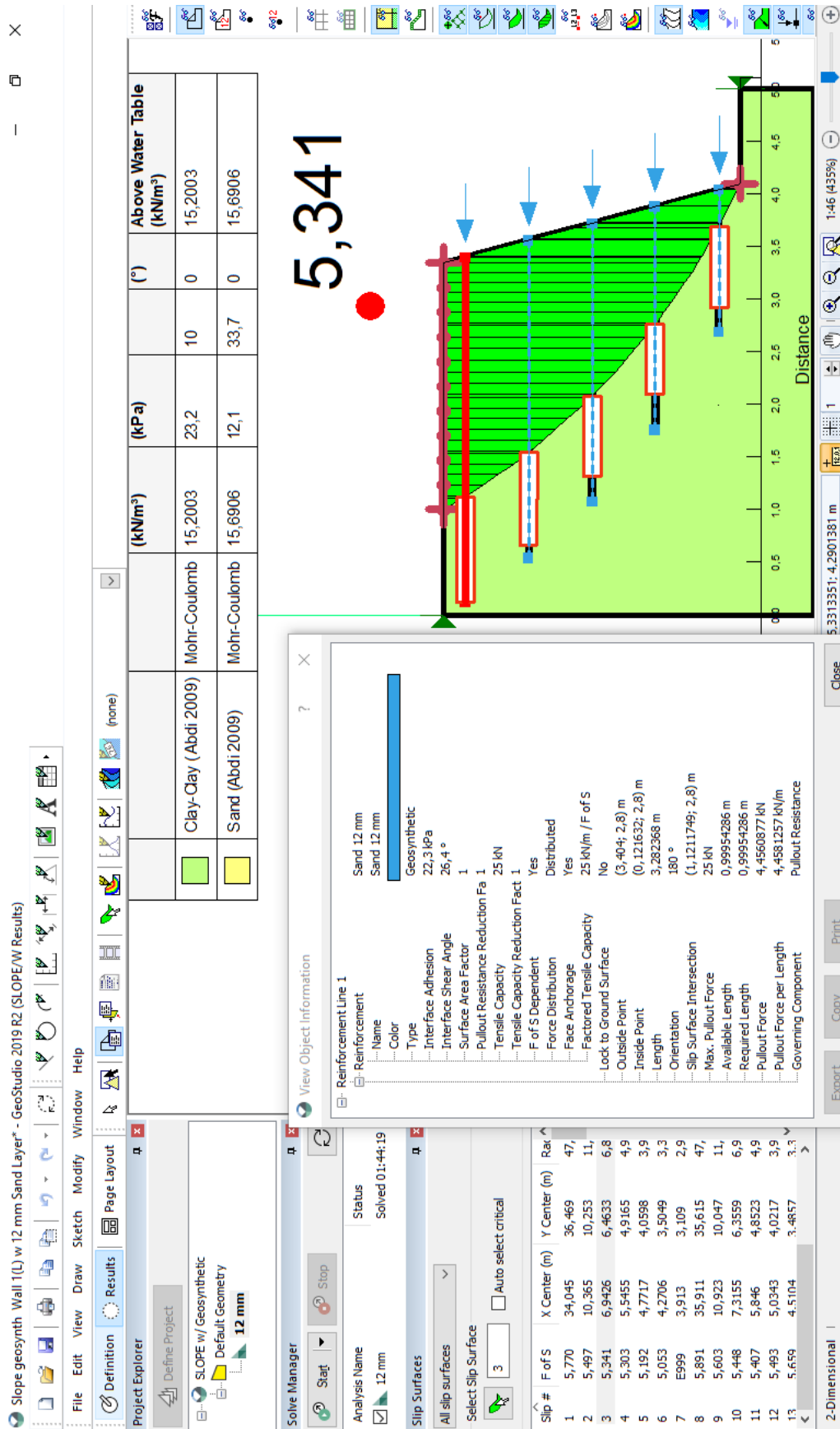
Lampiran 8.3 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 8 mm



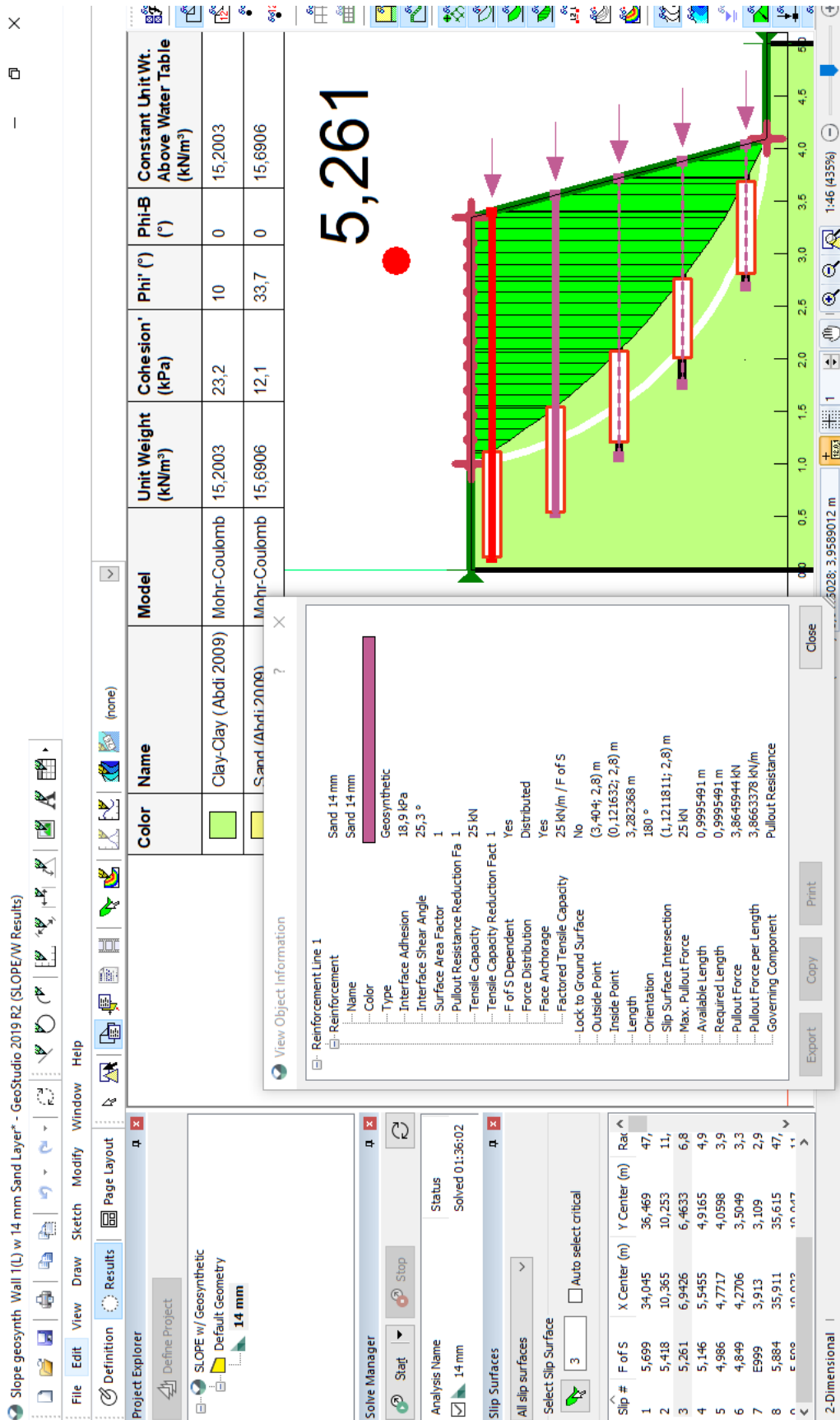
Lampiran 8.4 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 10 mm



Lampiran 8.5 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 12 mm

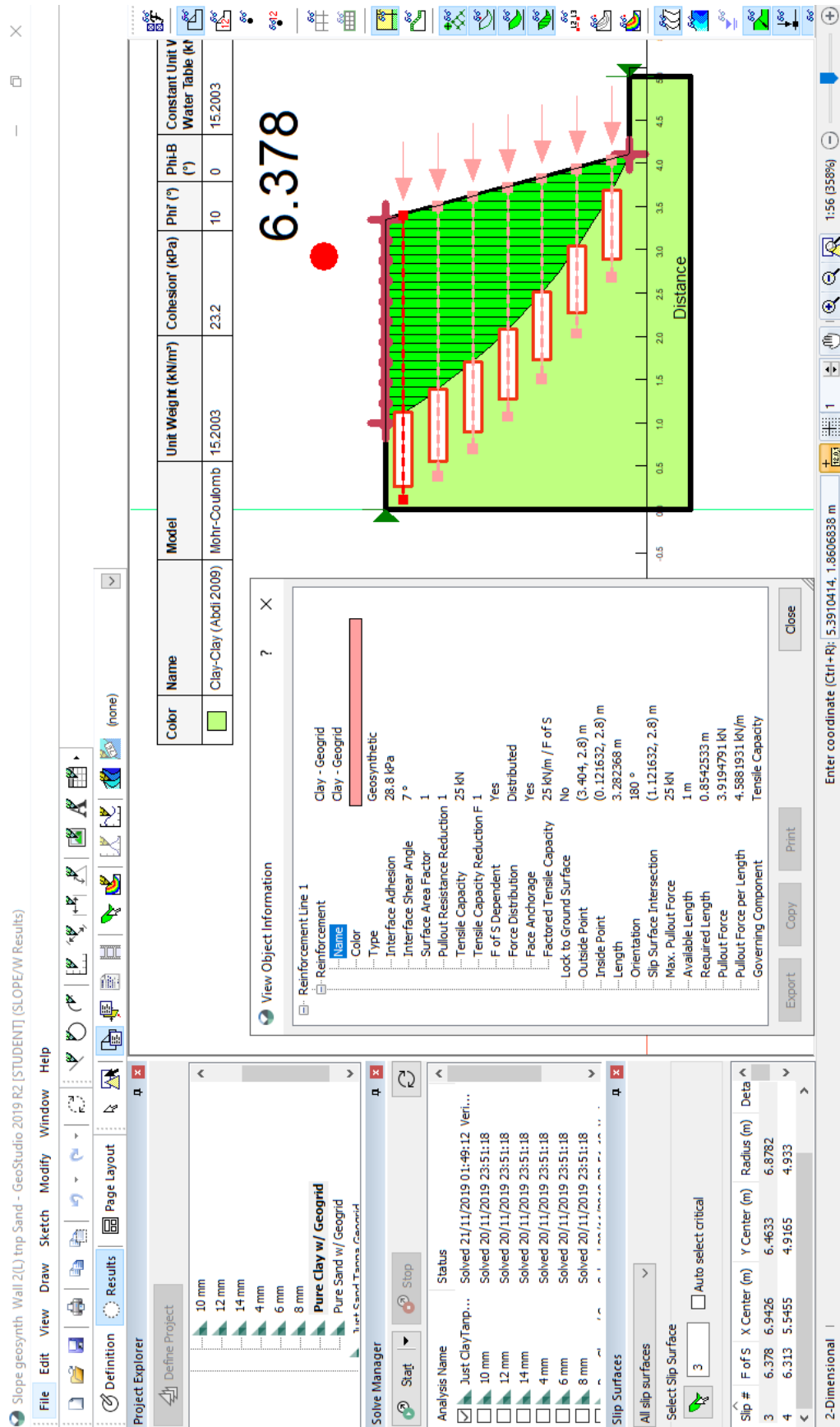


Lampiran 8.6 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 14 mm

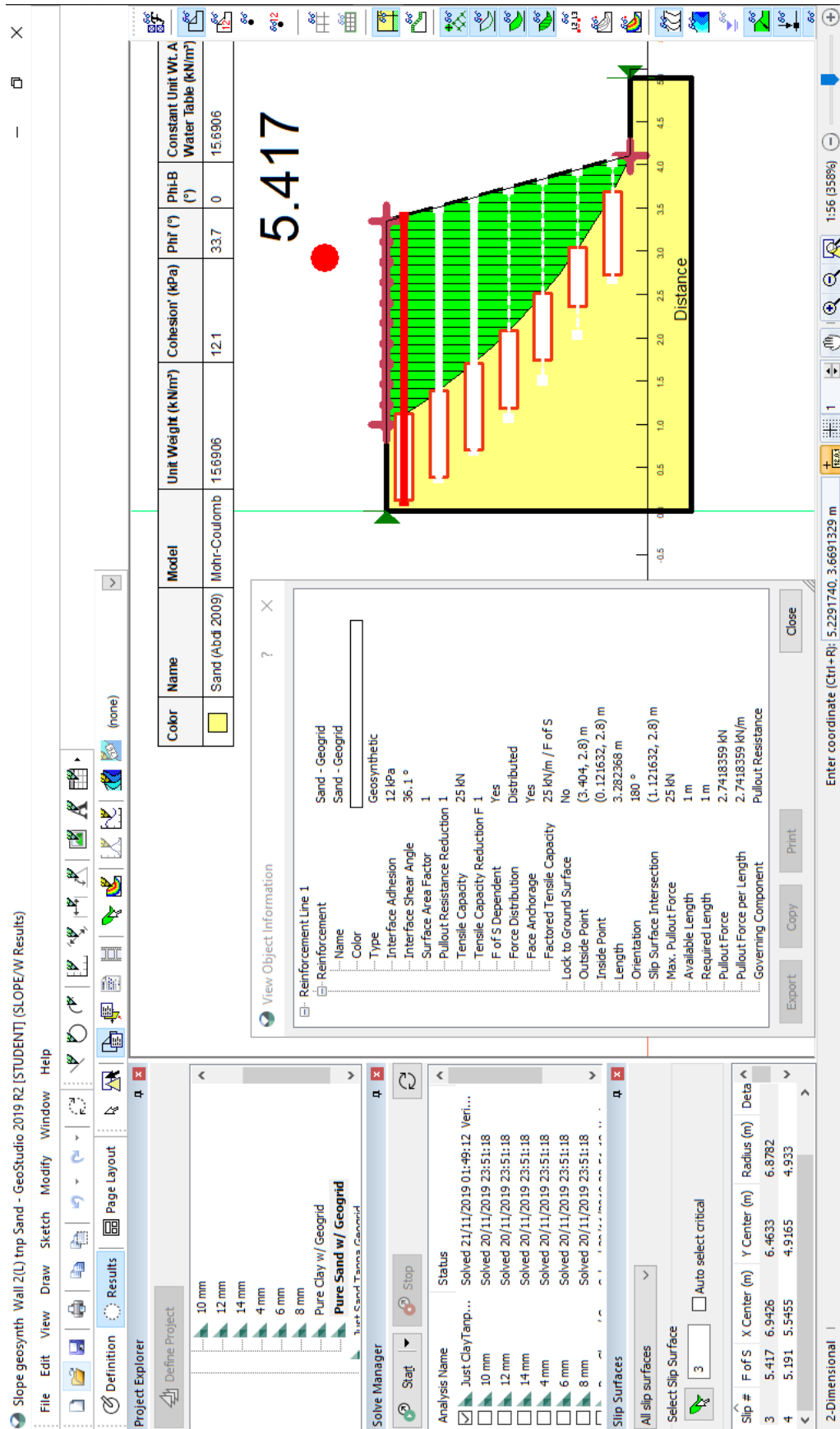


Lampiran 9 Pemodelan Lereng Dengan Sv = 40 cm

Lampiran 9.1 Pemodelan Perkuatan Lereng dengan Timbunan Lempung Murni Seluruhnya

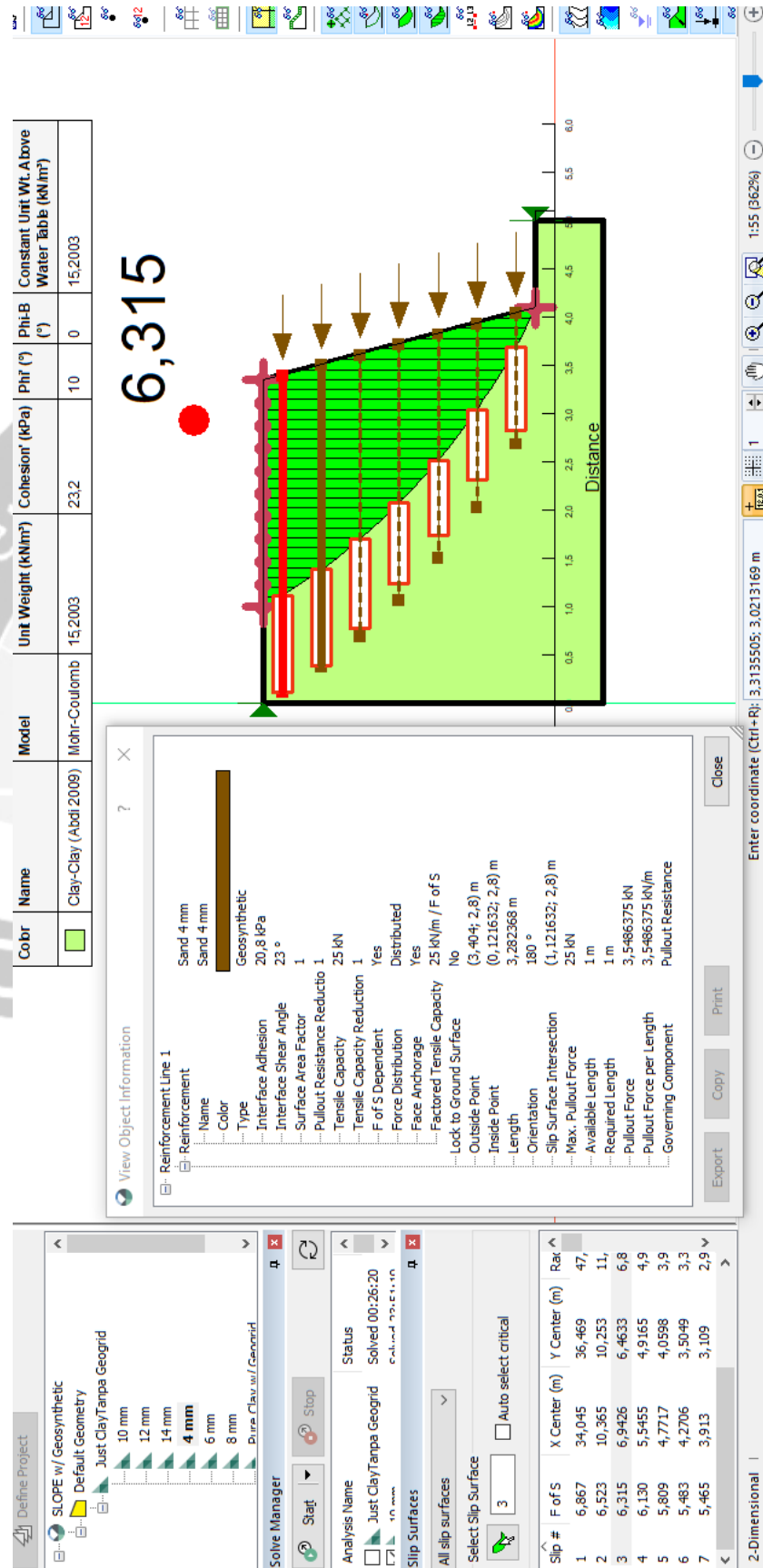


Lampiran 9.2 Pemodelan Perkuatan Lereng dengan Timbunan Pasir Murni Seluruhnya

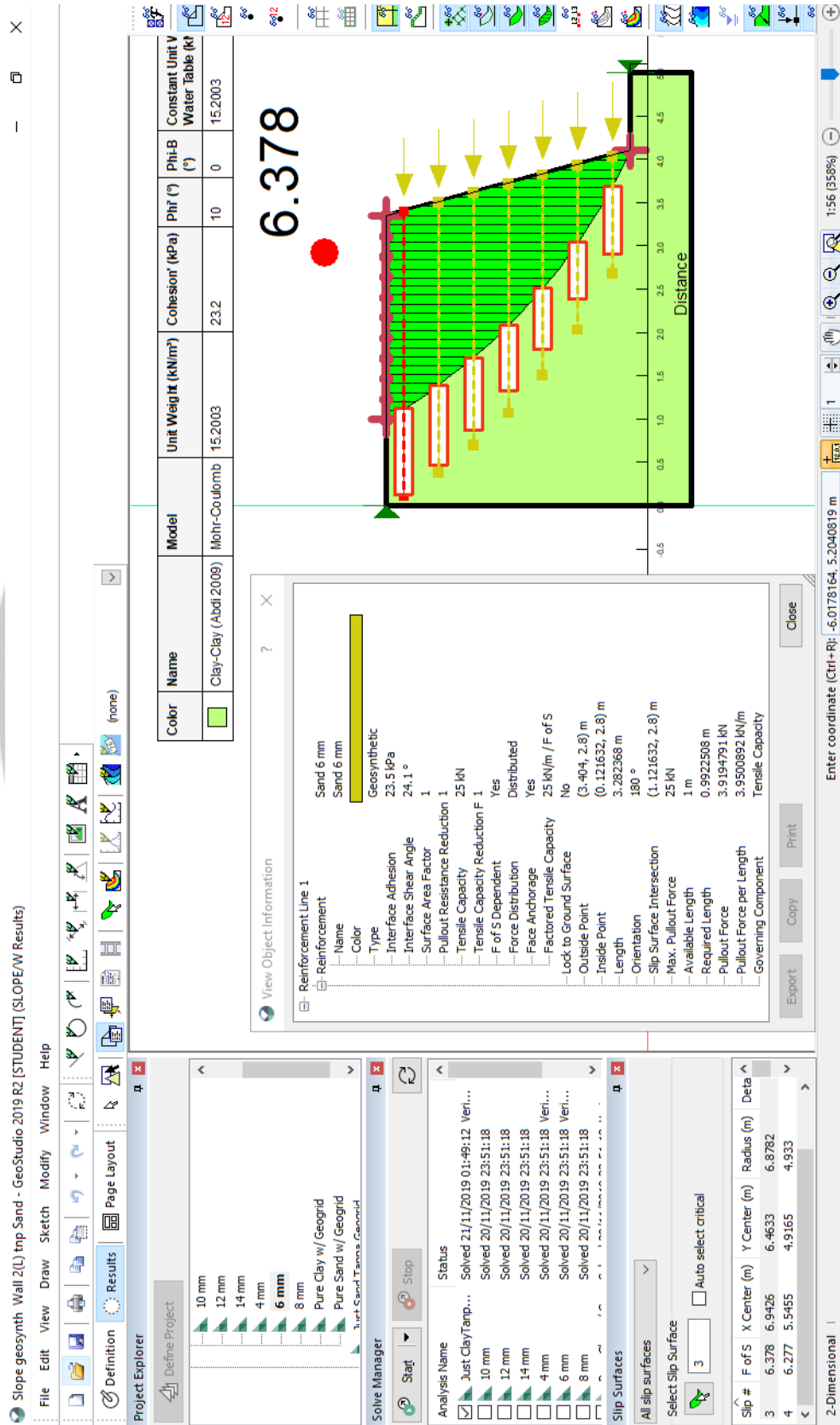


Lampiran 10 Pemodelan Lereng Model A Dengan Sv = 40 cm

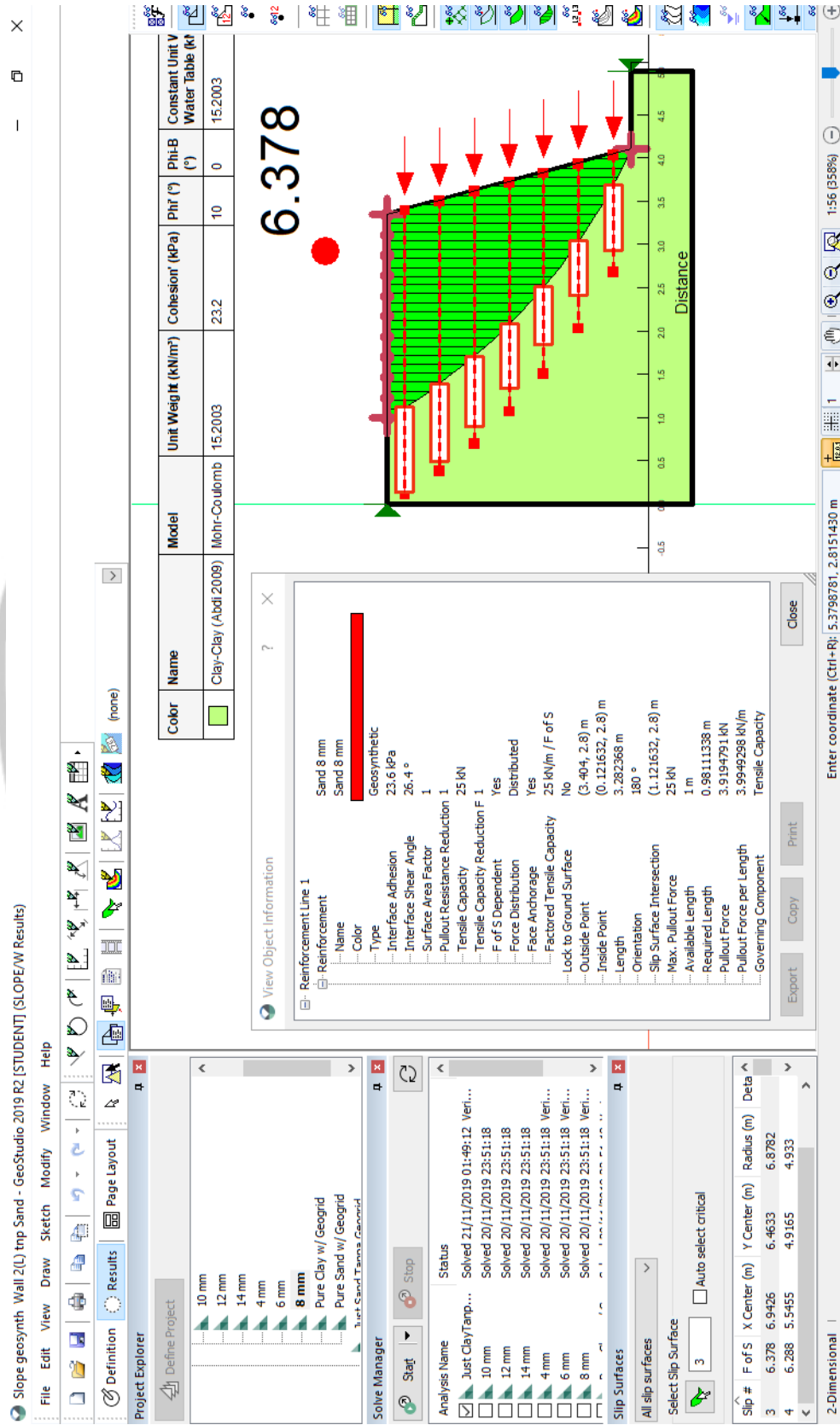
Lampiran 10.1 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 4 mm



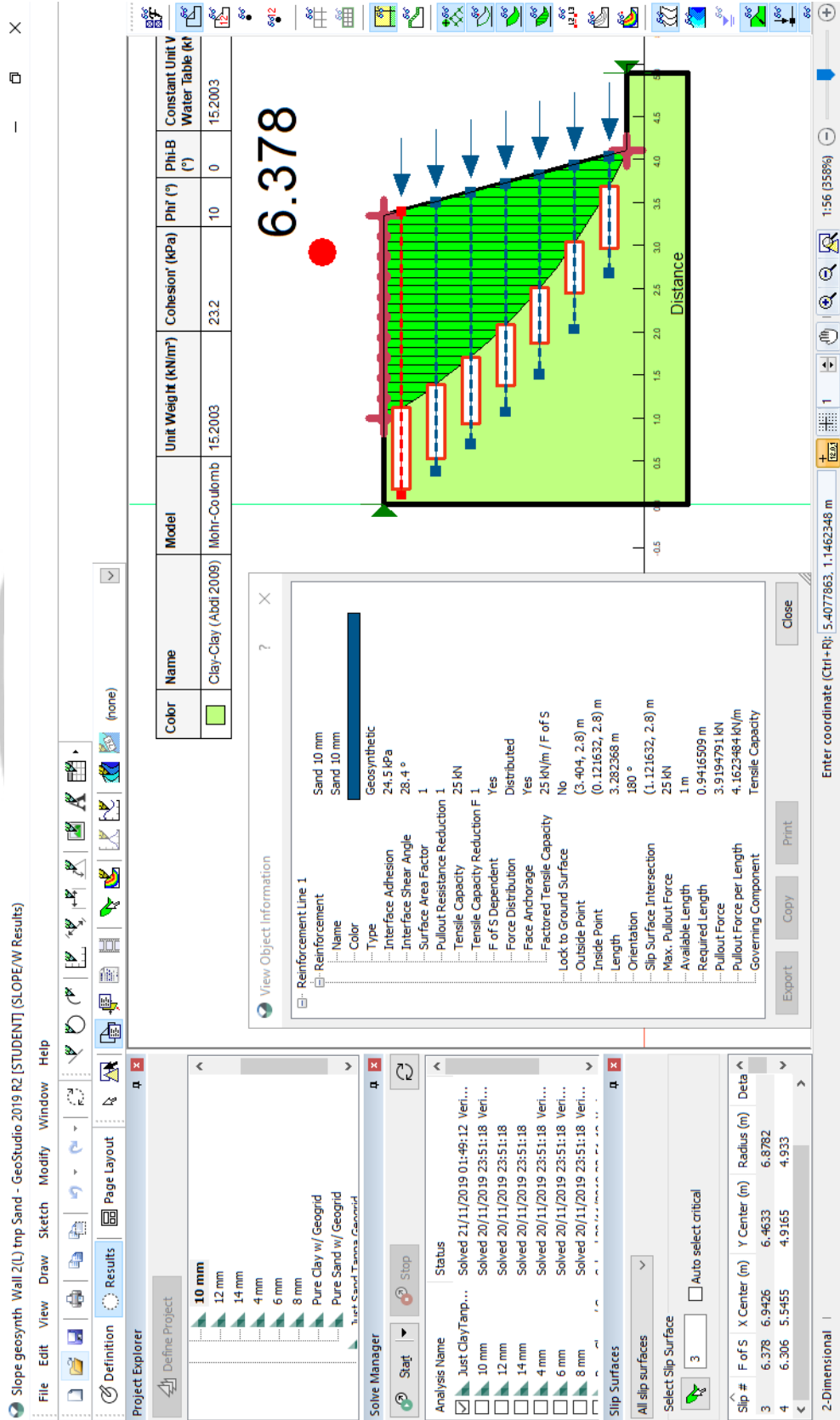
Lampiran 10.2 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 6 mm



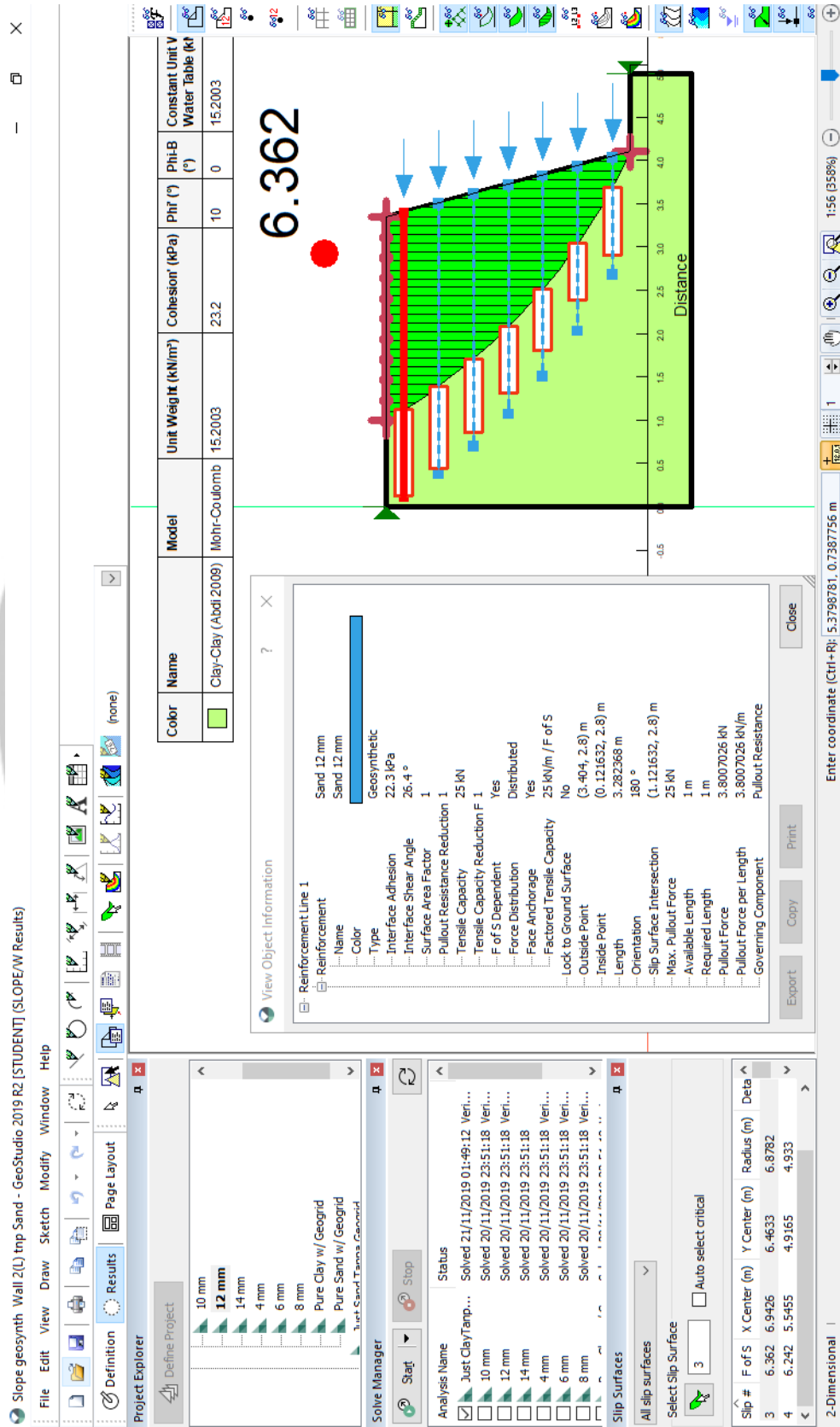
Lampiran 10.3 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 8 mm



Lampiran 10.4 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 10 mm



Lampiran 10.5 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 12 mm



Lampiran 10.6 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 14 mm

The screenshot displays the GeoStudio 2019 R2 interface for a slope stability analysis. The main plot area shows a cross-section of a slope with a safety factor of 6.252. The slope is reinforced with geogrid layers (14 mm) embedded in sand. The soil properties are defined as Clay-Clay (Abdi 2009) with a Mohr-Coulomb model. The plot shows the failure surface, reinforcement layers, and the resulting safety factor.

Material Properties Table:

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion' (kPa)	Phi ^r (°)	Phi:B (°)	Constant Unit V Water Table (k)
[Green Box]	Clay-Clay (Abdi 2009)	Mohr-Coulomb	15.2003	23.2	10	0	15.2003

View Object Information for Reinforcement Line 1:

Reinforcement	Sand 14 mm
Name	Sand 14 mm
Color	[Pink Box]
Type	Geosynthetic
Interface Adhesion	18.9 kPa
Interface Shear Angle	25.3 °
Surface Area Factor	1
Pullout Resistance Reduction	1
Tensile Capacity	25 kN
Tensile Capacity Reduction F	1
F of S Dependent	Yes
Force Distribution	Distributed
Face Anchorage	Yes
Factored Tensile Capacity	25 kN/m / F of S
Lock to Ground Surface	No
Outside Point	(3.404, 2.8) m
Inside Point	(0.121632, 2.8) m
Length	3.282368 m
Orientation	180 °
Slip Surface Intersection	(1.121632, 2.8) m
Max. Pullout Force	25 kN
Available Length	1 m
Required Length	1 m
Pullout Force	3.3098025 kN
Pullout Force per Length	3.3098025 kN/m
Governing Component	Pullout Resistance

Solve Manager:

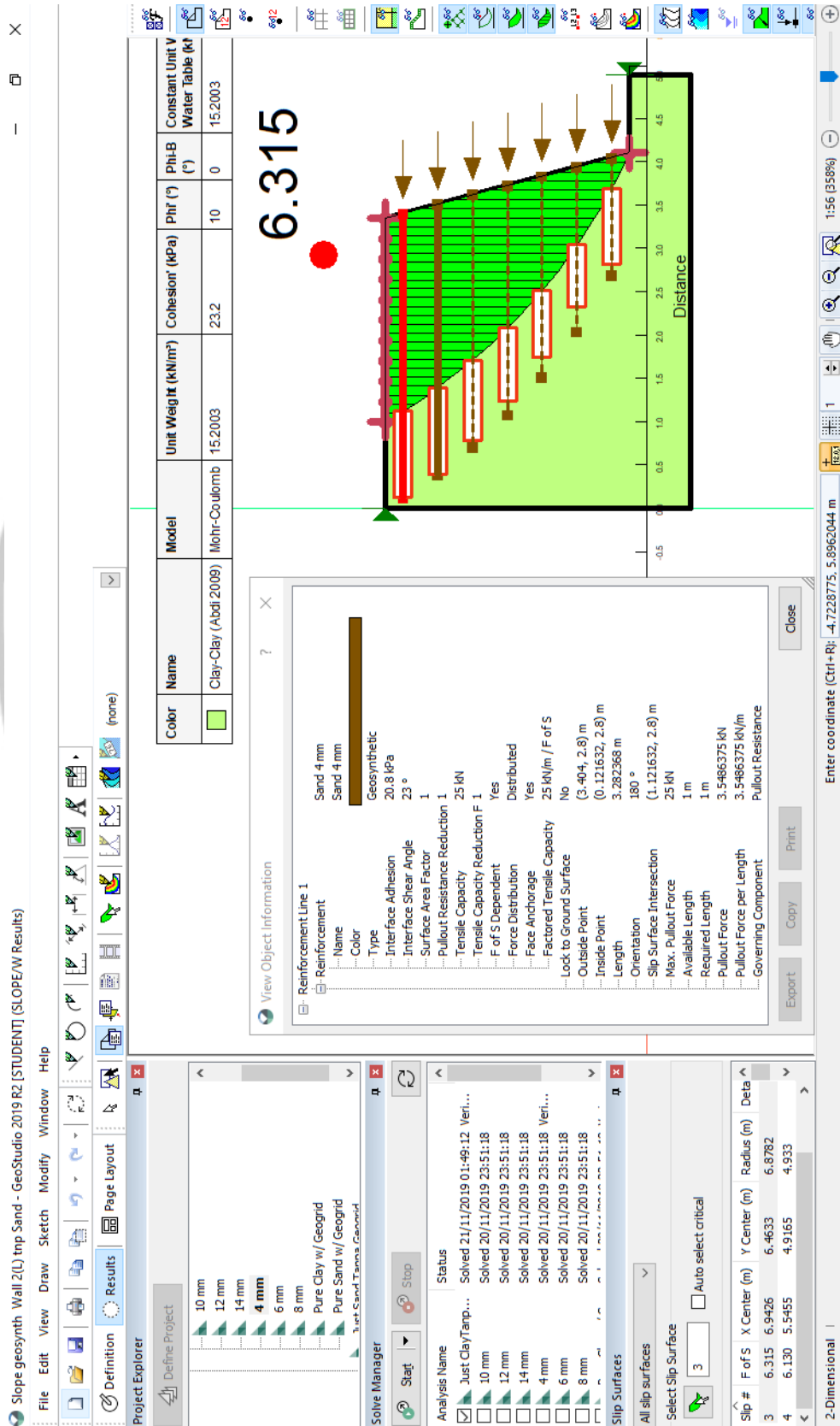
Analysis Name	Status
Just Clay/Tamp...	Solved 21/11/2019 01:49:12 Veri...
10 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...
12 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...
14 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...
4 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...
6 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...
8 mm	Solved 20/11/2019 23:51:18 Veri...

Slip Surfaces Table:

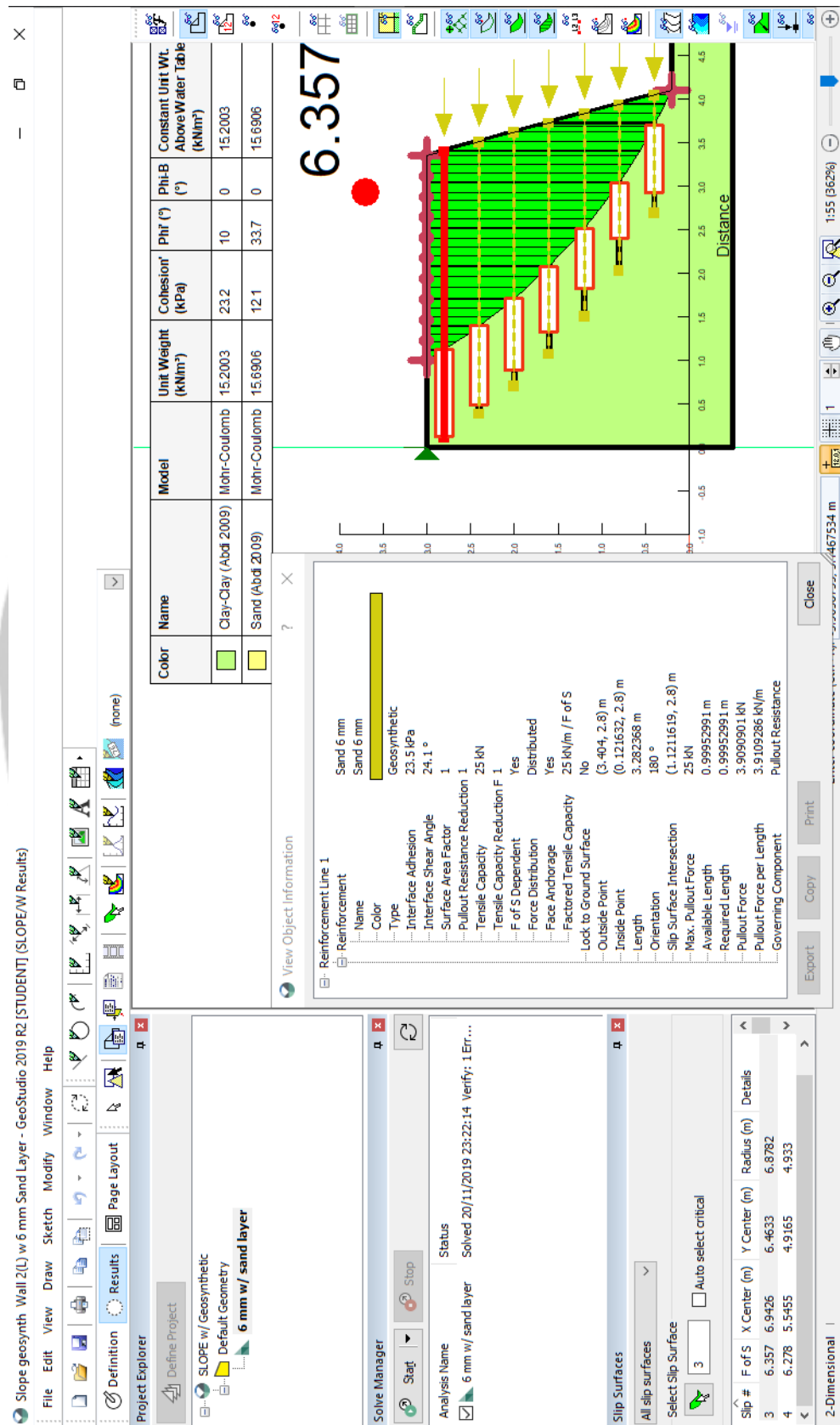
Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Delta
3	6.252	6.9426	6.4633	6.8782	
4	6.036	5.5455	4.9165	4.933	

Lampiran 11 Pemodelan Lereng Model B Dengan Sv = 40 cm

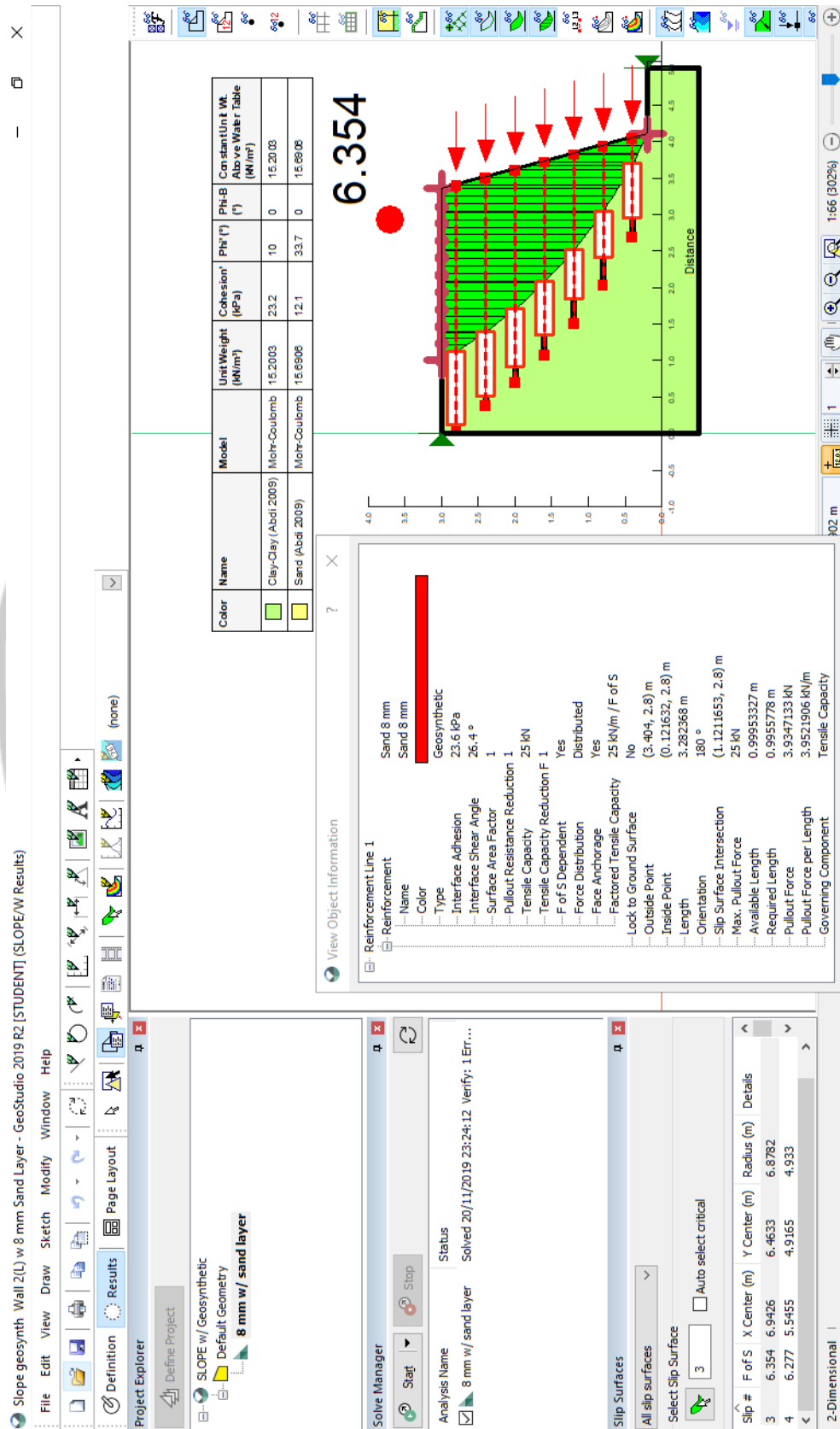
Lampiran 11.1 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 4 mm



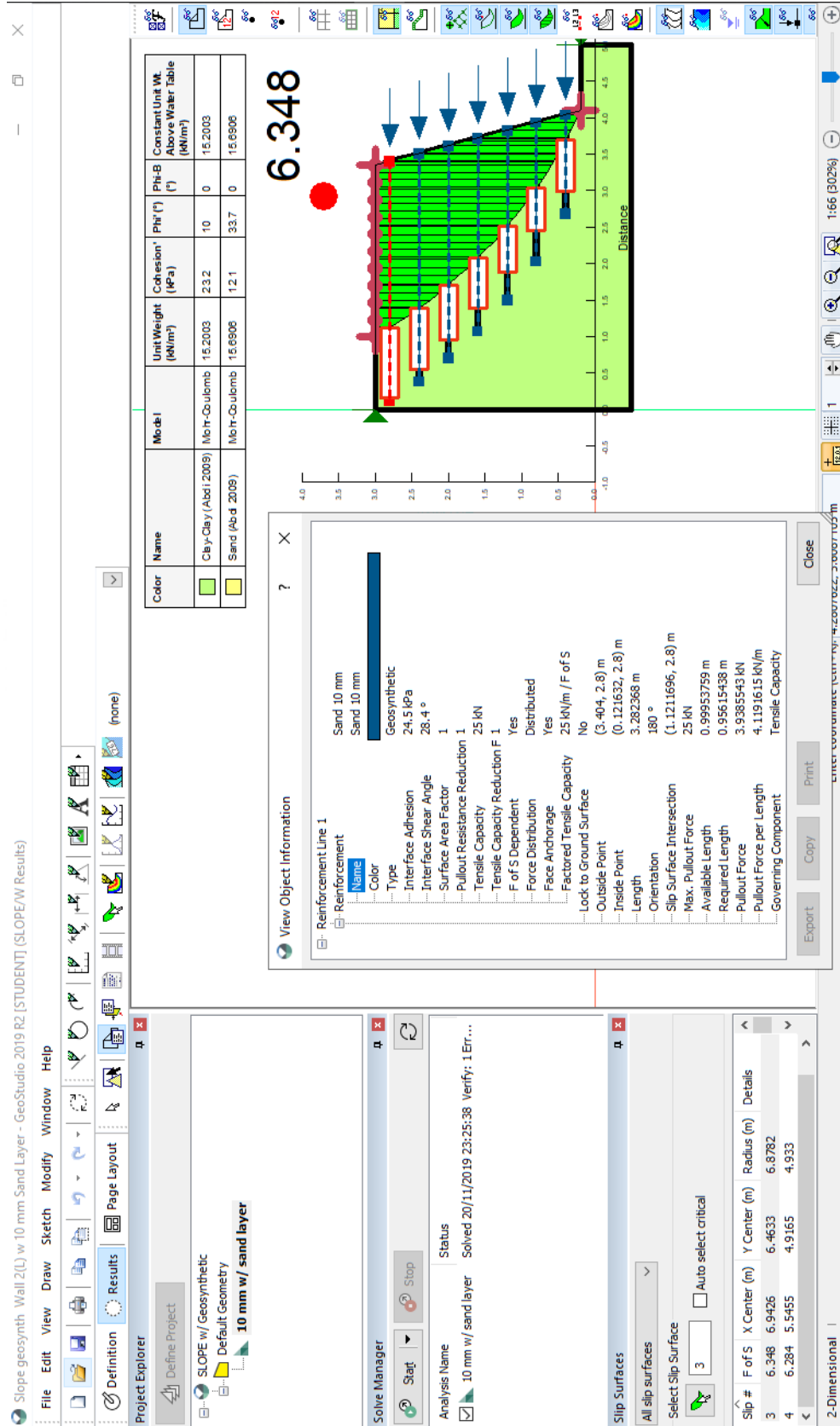
Lampiran 11.2 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 6 mm



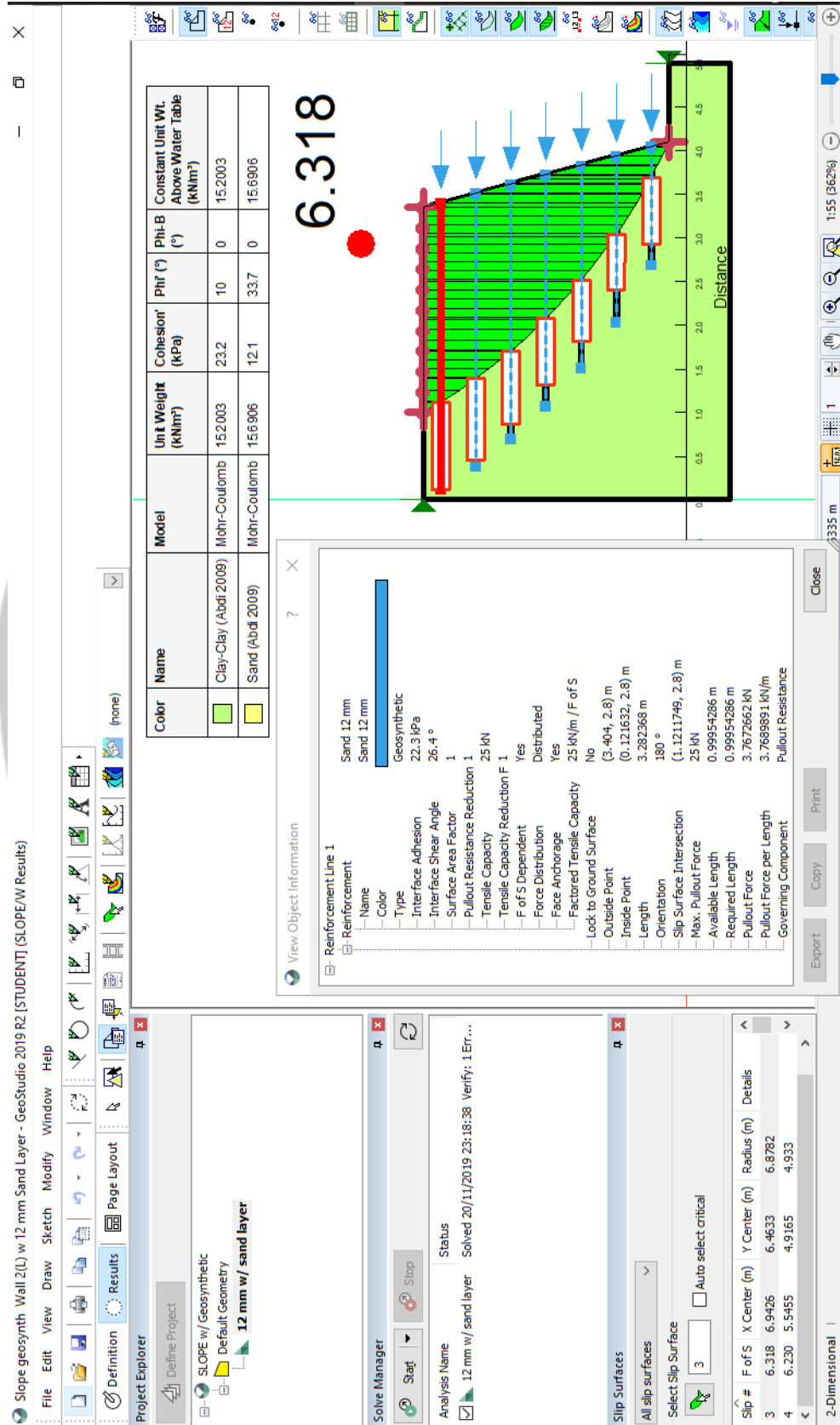
Lampiran 11.3 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 8 mm



Lampiran 11.4 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 10 mm



Lampiran 11.5 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 12 mm



Lampiran 11.6 Pemodelan Perkuatan Lereng Dengan Pasir Pembungkus Geogrid 14 mm

Project Explorer

- SLOPE w/ Geosynthetic
- Default Geometry
- 14 mm w/ sand layer

Solve Manager

Analysis Name: 14 mm w/ sand layer | Status: Solved 20/11/2019 23:35:26 | Verify: 1 Err...

Slip Surfaces: 3 | Auto select critical

View Object Information

- Reinforcement Line 1
- Reinforcement
- Name: Sand 14 mm
- Color: Sand 14 mm
- Type: Geosynthetic
- Interface Adhesion: 18.9 kPa
- Interface Shear Angle: 25.3 °
- Surface Area Factor: 1
- Pullout Resistance Reduction: 1
- Tensile Capacity: 25 kN
- Tensile Capacity Reduction F: 1
- F of S Dependent: Yes
- Force Distribution: Distributed
- Face Anchorage: Yes
- Factored Tensile Capacity: 25 kN/m / F of S
- Lock to Ground Surface: No
- Outside Point: (3.404, 2.8) m
- Inside Point: (0.121632, 2.8) m
- Length: 3.282368 m
- Orientation: 180 °
- Slip Surface Intersection: (1.1211811, 2.8) m
- Max. Pullout Force: 25 kN
- Available Length: 0.9995491 m
- Required Length: 0.9995491 m
- Pullout Force: 3.2746659 kN
- Pullout Force per Length: 3.2761442 kN/m
- Governing Component: Pullout Resistance

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m ³)	Cohesion (kPa)	Phi (°)	Phi _r (°)	Constant Unit Wt. Above Water Table (kN/m ³)
Green	Clay-Clay (Abd 2009)	Mohr-Coulomb	15.2003	232	10	0	15.2003
Yellow	Sand (Abd 2009)	Mohr-Coulomb	15.6906	121	33.7	0	15.6906

Slip Surfaces

Slip #	F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)	Details
3	6.209	6.9426	6.4633	6.8782	
4	6.023	5.5455	4.9165	4.933	

2-Dimensional | 1:55 (362%) | 3030 m