



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK PENANGANAN
GERAKANTAH DENGAN METODE *GROUTING*
DI PERUMAHAN BUKIT MANYARAN PERMAI (BMP)
KOTA SEMARANG**

**NASKAH PUBLIKASI
TUGAS AKHIR**

**YONES LENARDO ANGELO
21100110120047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK**

**SEMARANG
2014**

ANALISIS KESTABILAN LERENG UNTUK PENANGANAN GERAKAN TANAH DENGAN METODE *GROUTING* DI PERUMAHAN BUKIT MANYARAN PERMAI (BMP) KOTA SEMARANG

Oleh: Yones Lenardo Angelo
lenardoangelo@gmail.com

Build an infrastructure must consider the aspects of geology in order to get maximum results. One of the geological aspects that must be considered is the condition of lithology. If the lithology is not sturdy, it will frequently moves or called landslide. This land movement can have negative impacts on existing communities in the vicinity.

In this study, the author took the theme, slope stability analysis, which is located in Bukit Manyaran Permai Housing (BMP), Semarang. The housing have high intensity of damage due to soil movement. The housing is standing on ground that is dominated by clay. Clay has a low degree of friction angle and low cohesion so it will easily move if given more weight than the carrying capacity of the lithology.

The methodology is using slope stability analysis computationally. The first step of research conducted by geotechnical mapping to determine the distribution of the existing surface lithology and classify the damage of infrastructure caused by the movement of existing soil. Then drill in two different drill point where each point was drilled to a depth of 10 m. From the drilling results will be obtained samples to be used in laboratory testing, including unit testing and direct shear weight. From both test, the results will be obtained are the value of the unit weight, cohesion and friction angle which we can use for making modeling and computational search for the safety factor. In doing modeling and find the value of the safety factor of the location of the study authors using Slide 6.0 software which is very helpful in determining the value of the safety factor on the ground.

From the computational analysis found that is worth the value of the safety factor of less than 1.5, it indicates the condition of the slopes of the potential occurrence of landslide. Therefore, at the end of this final report the authors provide proper recommendations handling of landslide in accordance with the results of laboratory analysis and the existing conditions in the field.

Keywords: landslide, grouting, safety factor

I. PENDAHULUAN

Gerakantana merupakan permasalahan alam yang sering terjadi di seluruh belahan dunia. Gerakantana ini bisa terjadi di mana saja termasuk Indonesia. Indonesia dengan pengaruh iklim tropisnya sangat mempengaruhi kondisi batuan yang ada di permukaannya. Dengan intensifnya curah hujan dan mataharinya semakin mempercepat tingkat pelapukan batuan yang ada. Batuan yang melapuk menjadi tanah tentunya mengurangi kekuatan batuan tersebut terhadap beban yang diberikan di atasnya. Selain itu, pelapukan batuan juga mempengaruhi daya ikat antarpartikel batuan sehingga mudah lepas. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya gerakantana. Selain itu ada pula pengaruh morfologi di Indonesia yang tidak kesemuanya datar, tetapi ada juga

yang berlereng landai hingga terjal, sehingga menambah resiko terjadinya gerakantana.

Semarang merupakan salah satu kota di Indonesia yang banyak terjadi gerakantana. Penulis mengambil kasus gerakantana ini di wilayah Bukit Manyaran Permai, Kota Semarang. Bukit Manyaran Permai ini merupakan suatu lokasi perumahan di mana banyak sekali bidang-bidang longsor di sekitar perumahan ini. Bidang longsor ini menyebabkan kerusakan infrastruktur pada rumah dan jalan yang ada, sehingga menyebabkan ketidaknyamanan kepada warga yang bertempat tinggal di perumahan tersebut. Oleh karena itu, sangat diperlukan sekali penanganan yang tepat untuk menanggulangi gerakantana pada lokasi tersebut. Penanggulangan masalah gerakantana tidak dapat

langsung dikerjakan, tetapi perlu penyelidikan geoteknik terlebih dahulu agar penanggulangan yang dipilih menjadi pilihan yang tepat sehingga gerakantah dapat teratasi secara maksimal. Penyelidikan yang ada meliputi penyelidikan lapangan dan laboratorium.

Keberhasilan penanggulangan gerakantah sangat ditentukan oleh ketelitian penyelidikan, ketepatan perencanaan dan pemilihan metode, serta kecepatan pelaksanaan sesuai dengan rencana yang telah disusun sebelumnya.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP), Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Penyelidikan ini dilakukan pada tanah seluas 10 Ha. Waktu tempuh untuk mencapai lokasi Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) dari Kampus Universitas Diponegoro adalah kurang lebih 45 menit. Secara administratif lokasi penelitian berbatasan dengan :

Batas Utara : Kecamatan Semarang Barat

Batas Barat : Kecamatan Ngaliyan

Batas Selatan: Kecamatan Ngaliyan

Batas Timur: Kelurahan Sampangan



■ : Lokasi Penelitian

Gambar 1. Lokasi Penelitian Penanganan Gerakantah Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP), Kota Semarang

II. TINJAUAN PUSTAKA

Gerakantah

Gerakantah adalah suatu proses perpindahan massa tanah/batuan dengan arah tegak, miring dari kedudukan semula karena pengaruh gravitasi, arus air atau beban dari luar. Gerakan tanah dapat terjadi apabila gaya yang meluncur lebih besar dari gaya penahan. Gaya yang menahan diantaranya adalah kuat geser dari batuan yang didalamnya ada unsur kohesi dan sudut dalam

tahanan geser. Sedangkan gaya yang meluncur dipengaruhi oleh berat massa dan sudut lereng.

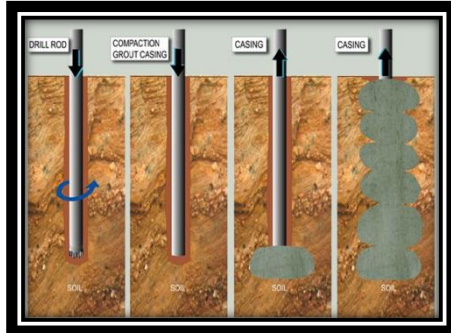
Gerakan massa umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan kadang-kadang getaran atau gempa juga menyokong kejadian tersebut. Gerakan massa tanah yang berupa tanah longsor terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Keruntuhan umumnya dianggap terjadi saat tegangan geser rata-rata di sepanjang bidang longsor sama dengan kuat geser tanah atau batuan yang dapat ditentukan dari uji laboratorium atau uji lapangan. Akan tetapi, saat terjadi keruntuhan bertahap, longsor tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat geser puncaknya (biasanya diperoleh dari uji triaksial atau geser langsung). Keruntuhan bertahap, umumnya diikuti dengan distribusi tegangan tidak seragam di sepanjang bidang longsor pada tanah atau batuan berlapis ketika bidang longsohnya memotong material yang berbeda sifat tegangan regangannya.

Grouting

Grouting merupakan suatu metode atau teknik yang dilakukan untuk memperbaiki keadaan bawah tanah dengan cara memasukkan bahan yang masih dalam keadaan cair, dengan cara tekanan, sehingga bahan tersebut akan mengisi semua retakan-retakan dan lubang-lubang yang ada di bawah permukaan tanah, kemudian setelah beberapa saat bahan tersebut akan mengeras, dan menjadi satu kesatuan dengan tanah yang ada sehingga kestabilan suatu permukaan tanah akan tetap terjaga.

Grouting juga dapat diartikan sebagai metode penyuntikan bahan semi kental (slurry material) ke dalam tanah atau batuan melalui lubang bor, dengan tujuan menutup diskonstruksi terbuka, rongga-rongga dan lubang-lubang pada lapisan yang dituju untuk meningkatkan kekuatan tanah (Dwiyanto, 2005). Sedangkan bahan-bahan yang biasanya dijadikan sebagai material pengisi pada grouting diantaranya campuran semen dan air; campuran semen, abu batu dan air;

campuran semen, clay dan air; campuran semen, clay, pasir dan air; asphalt; campuran clay dan air dan campuran bahan kimia.



Gambar 2. Tahapan Pengerjaan *Grouting*
Manfaat dari suatu pekerjaan *grouting* antara lain adalah sebagai berikut (Dwiyanto, 2005):

- Menahan aliran air dan mengurangi rembesan.
- Menguatkan tanah dan batuan.
- Mengisi rongga dan celah pada tanah dan batuan sehingga menjadi padat.
- Memperbaiki kerusakan struktur.
- Meningkatkan kemampuan *anchor* dan tiang pancang.
- Menghindarkan dari material fluida yang dapat merusak tanah atau batuan.

Stabilitas Lereng

Kemantapan (stabilitas) lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan terdapat dalam bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain.

Dalam menentukan kestabilan 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 :

$$\text{Faktor kermanan (F)} = \frac{\text{momen penahan}}{\text{momen penggerak}}$$

Dimana untuk keadaan:

- $F > 1,5$: lereng dalam keadaan mantap
- $F = 1,5$: lereng dalam keadaan seimbngag, dan siap untuk longsor
- $F < 1,5$: lereng tidak mantap

Perhitungan faktor keamanan suatu lereng menggunakan nilai kohesi, panjang irisan sayatan, berat jenis dan sudut geser dalam serta derajat kelerengan lereng yang akan dicari faktor keamanannya. Rumus yang digunakan dalam perhiungan menggunakan metode Fellenius tanpa menyertakan pengaruh air pori di dalam tanah.

Berikut adalah rumus perhitungan faktor keamanan menurut Fellenius:

$$Fk = \frac{(c \cdot L) + (\tan\phi \cdot \epsilon W \cdot \cos\alpha)}{\epsilon W \cdot \sin\alpha}$$

Di mana:

- Fk : faktor keamanan
- c : kohesi (kN/m^2)
- W : berat jenis tanah (kN/m^3)
- α : sudut lereng ($^\circ$)
- ϕ : sudut geser dalam ($^\circ$)
- L : panjang irisan sayatan (m)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng, antara lain :

- Penyebaran batuan
- Struktur geologi
- Morfologi
- Iklim
- Tingkat pelapukan
- Hasil kerja manusia

III. METODOLOGI

Pada penelitian yang telah dilakukan di Perumahan Bukit Manyaran Permai, Kota Semarang dilakukan dalam tiga tahap pengerjaan, yaitu tahap pra lapangan, lapangan dan pasca lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng sebelum dilakukan penanganan geoteknik dan menentukan metode penanganan geoteknik yang cocok untuk menaikkan nilai faktor keamanan kelerengan tersebut sehingga lereng menjadi stabil.

Pra Lapangan

Sebelum menuju ke lapangan penulis mengumpulkan data sekunder sebanyak mungkin yang menyangkut

lokasi penelitian yang ada. Data sekunder diambil dari peta topografi, peta geoteknik sebelum penelitian, peta Rupa Bumi Indonesia dan peta geologi regional. Dari sini penulis mendapatkan gambaran umum mengenai kondisi lapangan yang menjadi lokasi penelitian untuk tugas akhir.

Dari sini peneliti mendapatkan informasi-informasi awal mengenai daerah penelitian yang dituju. Informasi yang didapatkan seperti

1. bagaimana penggunaan lahan pada daerah penelitian.
2. bentuk morfologi yang ada di daerah penelitian.
3. kemiringan lereng rata-rata yang ada di lokasi penelitian.
4. kondisi geologi yang ada di lokasi penelitian seperti struktur dan batuan yang terdapat di lokasi tersebut.

Lapangan

Kegiatan lapangan yang dilakukan adalah pemetaan geoteknik dan pengeboran. Pemetaan geoteknik dilakukan pada lahan seluas 10 Ha, pemetaan yang dilakukan meliputi pemetaan tanah dan batuan yang ada, struktur geologi yang ada, bidang longsor dan intensitas kerusakan infrastruktur. Pemetaan ini sangat membantu dalam memetakan persebaran longsor yang ada di lokasi penelitian dan membantu menentukan indikasi awal penyebab kelongsoran yang terjadi di lokasi penelitian.

Setelah dilakukan pemetaan kemudian dilakukan pengeboran pada dua titik pengeboran yang telah ditentukan. Masing-masing titik dibor sedalam 10 m. Pengeboran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan mengenai komposisi tanah atau batuan dan nantinya sampel tanah atau batuan yang ada digunakan untuk melakukan uji laboratorium pada tahapan berikutnya.

Pasca Lapangan

Setelah didapatkan sampel tanah yang baik, kemudian dilakukan uji laboratorium. Uji yang dilakukan dalam penelitian penanganan gerakantana adalah uji *unit weight* dan uji *direct shear*. Dari uji ini akan didapatkan hasil berupa nilai berat isi, kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai yang didapat ini sangat

berguna dalam melakukan perhitungan dan membuat permodelan kelerengan untuk mencari nilai faktor keamanan sebelum dilakukan penanganan geoteknik.

Setelah didapatkan nilai berat isi, kohesi dan sudut geser dalam penulis melanjutkannya dengan melakukan permodelan kelerengan dengan menggunakan program Phase 2 v8.0 untuk mengetahui faktor keamanan sebelum dilakukan penanganan dan setelah itu kita dapat menentukan bagaimana metode yang tepat dalam melakukan penanganan gerakantana dengan meningkatkan faktor keamanan lereng tersebut di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Geoteknik

Pemetaan geoteknik ini dilakukan pada lahan Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) seluas 10 Ha. Pemetaan ini bertujuan memetakan komposisi tanah dan kondisi infrastruktur yang ada pada lokasi penelitian. Pemetaan geoteknik yang dilakukan tidak hanya melihat aspek komposisi litologi yang ada di lokasi penelitian tetapi juga memperhatikan aspek kerusakan infrastruktur akibat gerakantana dan juga memetakan persebaran longsor yang ada di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP). Dari pemetaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil pemetaan berupa Peta Geoteknik.

Peta Geoteknik

Peta ini menggambarkan tingkat kerusakan fisik yang terjadi pada rumah-rumah yang ada di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) ini yang disebabkan karena aktivitas gerakantana dan menggambarkan persebaran litologi yang ditemukan di lokasi penelitian. Dalam peta ini, tingkat kerusakan rumah dibedakan dalam 3 kategori umum, antara lain:

- a. Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Berat

Suatu rumah/bangunan dikatakan kondisinya rusak berat, apabila rumah tersebut mengalami keretakan yang cukup banyak dan besar serta rumah/bangunan tersebut telah mengalami pergerakan

mengikuti arah pergerakan gerakantahan yang terjadi di lokasi tersebut. Dalam peta yang telah dibuat rumah/bangunan yang dikategorikan dalam kondisi rusak berat diberi warna merah. Dari total rumah yang dipetakan persebaran rumah yang dikategorikan dalam kondisi ini sebesar 18% dan tersebar secara umum di bagian utara peta ini.



Gambar 3 Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Berat

b. Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Sedang

Suatu rumah/bangunan dikatakan kondisinya rusak sedang, apabila rumah tersebut mengalami keretakan yang cukup banyak dan besar tetapi rumah/bangunan tersebut belum mengalami pergerakan yang mengikuti arah pergerakan gerakantahan yang terjadi di lokasi tersebut. Dalam peta yang telah dibuat rumah/bangunan yang dikategorikan dalam kondisi rusak berat diberi warna kuning. Dari total rumah yang dipetakan persebaran rumah yang dikategorikan dalam kondisi ini sebesar 23% dan tersebar secara umum di bagian utara menuju ke selatan peta ini. Berbeda dengan kondisi sebelumnya yang cukup berat, rumah ini bisa dikatakan kerusakannya lebih sedikit ringan yang bisa disebabkan karena rumah tersebut tidak berada tepat di bidang

longsorannya, sehingga rumah tersebut tidak mengalami pergerakan.



Gambar 4 Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Sedang

c. Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Ringan

Suatu rumah/bangunan dikatakan kondisinya rusak ringan, apabila rumah tersebut hanya mengalami sedikit keretakan dan rumah/bangunan tersebut tidak mengalami pergerakan yang mengikuti arah pergerakan gerakantahan yang terjadi di lokasi tersebut. Dalam peta yang telah dibuat rumah/bangunan yang dikategorikan dalam kondisi rusak berat diberi warna hijau. Dari total rumah yang dipetakan persebaran rumah yang dikategorikan dalam kondisi ini sebesar 59% dan tersebar secara umum di bagian utara menuju ke selatan peta ini. Berbeda dengan kondisi sebelumnya yang cukup berat, rumah ini bisa dikatakan kerusakannya jauh lebih ringan yang bisa disebabkan rumah tersebut tidak berada tepat dan jauh dari bidang longsorannya, sehingga rumah tersebut tidak mengalami pergerakan dan sedikit retakan.



Gambar 5 Rumah/Bangunan Kondisi Rusak Ringan

Sedangkan dalam persebaran litologinya peta ini menceritakan komposisi litologi yang ada pada lokasi ini yang dibedakan berdasarkan kenampakan sifat fisik yang ditemukan di lapangan. Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan di lapangan, maka litologi yang menyusun lokasi ini dapat dibedakan menjadi 4 jenis, antara lain:

- a. Pasir Kelempungan
litologi ini memiliki sifat fisik berupa memiliki warna coklat keabu-abuan, bersifat setengah padat sampai padat dan memiliki ketebalan 0,5-2 m. Persebaran tanah ini mencakup 23% dari luas daerah pemetaan.
- b. Lempung
Litologi ini memiliki sifat fisik berupa memiliki warna kuning kecoklatan, bersifat teguh sampai sangat kaku dan memiliki ketebalan 3-3,5 m. Persebaran tanah ini mencakup 43% dari luas daerah pemetaan.
- c. Lempung
Litologi ini memiliki sifat fisik berupa memiliki warna hitam kecoklatan, bersifat kaku sampai sangat kaku dan memiliki ketebalan 2-3,5 m. Persebaran tanah ini mencakup 8% dari luas daerah pemetaan.
- d. Pasir
Litologi ini memiliki sifat fisik berupa memiliki warna coklat keabu-abuan, bersifat padat sampai sangat padat dan memiliki ketebalan 1-3,5 m. Persebaran tanah ini mencakup 26% dari luas daerah pemetaan.

Selain menggambarkan persebaran litologi dan kerusakan infrastruktur yang ada di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP), peta ini juga menggambarkan persebaran longsoran yang ada di lokasi penelitian. Longsoran banyak terjadi di bagian utara peta, di mana bila dilihat dari segi morfologinya menggambarkan kelerengan yang cukup curam selain itu ditambah lagi dengan batuan yang ada di sekitarnya sudah mulai melapuk yang menyebabkan ikatan antarpartikel batuan menjadi berkurang sehingga mudah bergerak. Persebaran gerakatanah yang terpusat di bagian utara peta menyebabkan Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) khususnya blok O dan K mengalami kerusakan paling berat.

Tipe gerakatanah yang terjadi di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) berdasarkan hasil penelitian berupa rayapan (*creep*). Rayapan (*creep*) merupakan jenis gerakatanah, di mana pergerakannya tidak dapat dilihat, artinya pergerakan dari rayapan ini sangat pelan yang dapat diamati hanyalah akibat adanya gerakatanah seperti tiang listrik yang tidak tgeak atau miring. Selain itu rayapan (*creep*) memiliki bidang longsor yang relative lebih kecil dibandingkan dengan bidang longsor yang lain. Biasanya dalam satu lokasi akan ditemukan lebih dari satu rayapan (*creep*).

Kenampakan rayapan ini akan nampak sama dengan nendatan yang merupakan salah satu jenis gerakatanah juga. Akan tetapi kedua macam gerakatanah ini memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Nendatan (*slump*) merupakan gerakatanah yang terputus-putus atau tersendat-sendat dari massa tanah atau batuan ke arah bawah dalam jarak yang relatif pendek, melalui bidang lengkung dengan kecepatan yang ekstrim lambat sampai agak cepat, artinya pergerakannya masih memungkinkan untuk dapat diamati. Pada umumnya, sesuai dengan

prosesnya yang terputus-putus, sehingga mempunyai lebih dari satu bidang longsor yang kurang lebih sejajar atau searah satu sama lain. Sedangkan untuk rayapan (*creep*) sendiri dari segi pergerakannya rayapan ini bergerak sangat lambat dan sulit untuk diamati oleh pengamat di lapangan. Di lapangan sendiri rayapan jumlahnya memang lebih dari satu tetapi tersebar dalam suatu daerah zona gerak tanah yang sangat luas, di mana berbeda dengan rayapan di mana jumlah bidang longornya juga lebih dari satu tetapi terletak sejajar atau searah satu sama lain.



Gambar 6 Rayapan (*Creep*) di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP)

Pemboran

Pemboran yang dilakukan di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) ini dilakukan pada dua titik pemboran, di mana masing-masing titik pemboran dibor sedalam 10 m. Dari pemboran tersebut didapatkan sampel batuan bawah permukaan tanah dan dari sampel yang telah didapatkan dari kedua titik tersebut, dapat diketahui komposisi litologi yang ada di bawah permukaan tanah serta persebarannya melalui korelasi dari dua titik bor tersebut. Sampel yang ada dideskripsi sesuai dengan jenis litologi tersebut, warna, sifat dan terkadang disertakan ukuran butirnya juga. Dari pemboran ini akan mendapatkan gambaran yang cukup jelas mengenai

komposisi batuan yang ada di bawah permukaan lokasi penelitian.

Dari hasil pemboran di titik yang pertama atau disebut dengan BH-1 didapatkan hasil pendeskripsian sampel tanah yang dapat ditulis sebagai berikut:

Tabel 1 Deskripsi Log Bore pada BH-1

KEDALAMAN (m)	TIPE LITOLOGI	DESKRIPSI
0,0-0,14	PASIR	
0,14-0,60	LEMPUNG	Abu-abu kecoklatan, tersusun atas kerakal, bersifat lunak
0,60-2,0	LEMPUNG	Coklat keabuan, terdapat kerakal, bersifat teguh
2,0-3,0	LEMPUNG	Coklat keabuan, terdapat kerakal, bersifat teguh
3,0-5,0	LEMPUNG	Coklat, bersifat kaku
5,0-6,0	LEMPUNG	Abu-abu, bersifat kaku
6,0-7,0	LEMPUNG	Abu-abu kecoklatan, bersifat kaku
7,0-10,0	BATULEMPUNG	Abu-abu, bersifat kaku

Berikut adalah kenapakan sampel yang diambil dari hasil pemboran pada titik BH-1 dan telah dikemas dalam *core box*

Selanjutnya dari hasil pemoran di titik yang pertama atau disebut dengan BH-2 didapatkan hasil pendeskripsian sampel tanah sebagai berikut:

Tabel 2 Deskripsi Log Bore pada BH-2

KEDALAMAN (m)	TIPE LITOLOGI	DESKRIPSI
0,0-0,72	PASIR	Abu-abu kecoklatan, terdapat kerakal, bersifat lepas
0,72-2,0	LEMPUNG Kepasiran	Abu-abu kecoklatan, terdapat kerakal,

		bersifat teguh
2,0-3,0	LEMPUNG	Coklat, bersifat kaku
3,0-5,0	LEMPUNG	Abu-abu, bersifat kaku
5,0-6,0	LEMPUNG	Coklat, terdapat kerakal, bersifat lunak
6,0-7,0	LEMPUNG Kepasiran	Coklat, bersifat lunak
7,0-7,60	LEMPUNG	Coklat, bersifat kaku
7,60-9,10	PASIR Kelempungan	Coklat, terdapat kerakal, bersifat lepas
9,10-10,0	BATULEMPUNG	Coklat, bersifat kaku

Dari hasil pembaroran yang telah dilakukan dan deskripsi untuk menentukan jenis litologi yang menyusun lokasi penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa litologi yang dominan menyusun lokasi penelitian adalah lempung dan pasir. Lempung dan pasir ini memiliki daya dukung lemah terhadap infrastruktur yang ada di lokasi Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP). Kedua jenis tanah tersebut bisa dikatakan sangat mudah untuk bergerak, bila dilihat dari jenis litologi pasir yang ada bersifat lepas artinya ikatan antarpartikel tanah yang ada di lokasi tersebut sangat lemah sehingga mudah mengalami pergerakan. Sedangkan lempung mempunyai bidang gelincir yang besar sehingga setipe dengan pasir yang mudah ikut bergerak juga. Dari hal tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa perlu adanya peningkatan daya dukung tanah yang ada agar tidak mengalami pergerakan lagi.

Uji Laboratorium Mekanika Tanah

Dari pendeskripsian *core box*, bisa ditarik kesimpulan bahwa daya dukung tanah pada lokasi penelitian sangat kurang. Akan tetapi diperlukan data yang lebih akurat lagi, untuk melihat seberapa kurang daya dukung tanah yang ada terhadap infrastruktur di lokasi penelitian. Oleh karena itu, diperlukan uji laboratorium untuk mendapatkan angka numerik secara matematis. Uji laboratorium mekanika tanah yang dilakukan adalah uji *unit weight* dan uji *direct shear*. Dari uji

laboratorium ini didapatkan tiga variabel yang dapat digunakan sebagai variabel dalam perhitungan faktor keamanan lereng. Variabel tersebut antara lain, kohesi, sudut geser dalam dan berat isi tanah.

Sampel yang digunakan merupakan sampel yang diambil dari pengeboran yang telah dilakukan sebelumnya. Dari masing-masing log bor tiap kedalaman 5 meter akan diambil sampel yang akan digunakan untuk uji laboratorium mekanika tanah.

Dari uji *unit weight* akan didapatkan berat isi dari massa tanah yang akan diuji. Tanah yang diuji merupakan tanah dalam kondisi asli sama seperti di lapangan. Dari lubang bor yang pertama atau BH-1 dari kedalaman 4,50-5,00 didapatkan nilai berat isi tanah sebesar $1,715 \text{ g/cm}^3$ kemudian dari kedalaman 9,50-10,0 didapatkan berat isi tanah sebesar $1,754 \text{ g/cm}^3$, kemudian dari kedua kedalaman tersebut dicari rata-ratanya dan didapatkan nilai berat isi sebesar $1,735 \text{ g/cm}^3$. Dari titik bor kedua didapatkan nilai berat isi tanah dari kedalaman 4,50-5,00 didapatkan nilai berat isi tanah sebesar $2,010 \text{ g/cm}^3$ kemudian dari kedalaman 9,50-10,0 didapatkan berat isi tanah sebesar $1,808 \text{ g/cm}^3$, kemudian dari kedua kedalaman tersebut dicari rata-ratanya dan didapatkan nilai berat isi sebesar $1,909 \text{ g/cm}^3$.

Dari pengujian *direct shear* akan didapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Di mana uji ini dilakukan tiap kedalaman 5 m dari masing-masing *bore hole*. Kohesi adalah kuat geser tanah akibat momen tarik antarpartikel tanah tersebut. Sedangkan sudut geser dalam adalah komponen kuat geser tanah akibat geseran antarpartikel tanah. Nilai kohesi dan sudut geser dalam akan menggambarkan besarnya potensi suatu massa tanah akan mengalami gerakantahan. Semakin besar nilai kohesi dan sudut geser dalam suatu massa tanah maka semakin besar pula kemantapan lereng yang tersusun atas massa tanah tersebut. Untuk uji *direct*

shear yang telah dilakukan pada BH-2 pada kedalaman 4,50-5,00 didapatkan hasil nilai kohesi sebesar $0,198 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $23,91^\circ$. Sedangkan dari uji *direct shear* yang telah dilakukan pada BH-1 pada kedalaman 9,50-10,00 didapatkan hasil nilai kohesi sebesar $0,300 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $25,24^\circ$. Dari uji *direct shear* yang telah dilakukan pada BH-1 pada kedalaman 4,50-5,00 didapatkan hasil nilai kohesi sebesar $0,173 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $26,87^\circ$. Sedangkan dari uji *direct shear* yang telah dilakukan pada BH-2 pada kedalaman 9,50-10,00 didapatkan hasil nilai kohesi sebesar $0,132 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $19,38^\circ$.

Dari perhitungan nilai berat isi, kohesi dan sudut geser dalam dapat ditarik kesimpulan bahwa momen yang menahan nilainya lebih kecil daripada momen yang menggerakkan. Apabila momen penggeraknya jauh lebih besar dari pada momen yang menahannya, maka lokasi penelitian tersebut akan mengalami pergerakan tanah.

Permodelan Lereng

Permodelan lereng dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah dengan menentukan dari peta lokasi penelitian bagian mana yang akan disayat untuk menampilkan bentuk lerengnya. Peneliti memilih untuk melakukan penyayatan dengan melewati titik bor yang ada, agar dengan menyayat melewati titik bor akan dapat dilakukan korelasi yang berguna dalam melakukan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program Phase 2 v8.0.

Setelah didapatkan permodelan kelerengannya, hasil sayatan tersebut dimasukkan ke dalam program Autocad. Dengan program ini, penulis melakukan penempatan hasil bor log di sayatan lereng yang telah dibuat. Dengan memasukkan kedua lubang bor, peneliti dapat melakukan korelasi antarlitologi dari masing-masing lubang bor. Korelasi antarlubang bor didasarkan atas sifat fisis dari litologi yang ada, sehingga didapatkan lima

tipe litologi yang berbeda, yaitu lempung berwarna hitam, lempung kepasiran, lempung berwarna coklat, pasir kelempungan dan batulempung sebagai *bedrock*nya. Dari hasil korelasi tersebut, dapat ditarik kesimpulan mengenai bidang gelincir dari gerakantana yang ada di lokasi penelitian. Berdasarkan data permukaan dari pemetaan geoteknik yang telah dilakukan, ditemukan bidang-bidang longsor di antara dua titik pemboran yang ada, di mana hal ini menunjukkan bahwa bidang gelincir dominan terbentuk di lokasi tersebut. Bila ditinjau dengan data hasil pemboran, litologi yang ada di sekitar bidang longsor tersebut adalah lempung kepasiran. Litologi tersebut memiliki nilai kohesi sebesar $0,187 \text{ kg/cm}^2$, sudut geser dalam $9,16^\circ$ dan berat isi $1,638 \text{ g/cm}^3$. Nilai kohesi dan sudut geser dalam yang ada menunjukkan bahwa material tersebut mudah mengalami pergerakan, karena nilai kohesi yang dimiliki kecil menunjukkan bahwa daya ikat antarpartikel litologi juga kecil. Hal serupa dilihat pada sudut geser dalamnya, di mana nilai yang ada menunjukkan kecilnya gesekan antarpartikel litologi yang ada, sehingga litologi tersebut menjadi mudah bergerak. Dari hal inilah, dapat ditentukan bidang gelincir yang ada di lokasi penelitian berada pada litologi lempung kepasiran dengan kedalaman mencapai 4 m.

Setelah dilakukan korelasi di program Autocad, hasilnya disimpan dalam bentuk metafile. Hal ini bertujuan agar data tersebut dapat dibaca di program Phase 2 v8.0 yang akan digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng secara komputasi. Setelah menginput data sayatan ke dalam program Phase 2 v8.0, kemudian mendeliniasi bidang-bidang hasil korelasi yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini bertujuan agar program dapat membaca pula hasil korelasi yang telah dilakukan.

Setelah menentukan korelasi pada sayatan yang telah ada, tahap

selanjutnya adalah dengan mencari faktor keamanan lereng tersebut. Dalam mencari nilai faktor keamanan lereng dengan menggunakan program ini dibutuhkan pula nilai berat isi, kohesi dan sudut geser dalam dari masing-masing lapisan. Nilai-nilai yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng menggunakan program *Phase 2 v8.0* merupakan nilai-nilai yang berasal dari batulempung. Pada BH-1 nilai berat isi yang digunakan sebesar $1,620 \text{ gr/cm}^3$, kohesi $0,009 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $9,16^\circ$. Sedangkan pada BH-2 nilai berat isi yang digunakan sebesar $1,661 \text{ gr/cm}^3$, kohesi $0,153 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $11,69^\circ$.

Dalam perhitungan faktor keamanan lereng menggunakan program ini, juga dapat ditentukan metode apakah yang akan digunakan dalam menghitung faktor keamanan suatu lereng. Dalam perhitungan kali ini, penulis menggunakan metode Finite Element untuk mendapatkan nilai faktor keamanan suatu lereng. Dari hasil perhitungan faktor keamanan dengan menggunakan program ini didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,06 yang menunjukkan bahwa lereng yang ada di lokasi penelitian mudah mengalami pergerakan dengan kedalaman bidang gelincir sebesar 4 m (lihat bagian lampiran Kondisi Lereng sebelum *digrouting*).

Dari program ini, selain mendapatkan nilai faktor keamanan, dapat diketahui daerah mana yang rawan terjadi pergerakan. Daerah ini ditunjukkan oleh warna-warna, mulai dari biru yang menunjukkan daerah yang aman dari pergerakan hingga warna merah yang menunjukkan daerah yang mudah mengalami pergerakan. Warna-warna ini mewakili nilai-nilai *total displacement* dari tiap-tiap elemen, sehingga kita dapat mengetahui daerah mana yang mudah mengalami pergerakan. Daerah yang rawan mengalami pergerakan, ditunjukkan dengan warna hijau dengan nilai *total displacement* sebesar

$0,065 \text{ m}$ hingga warna merah dengan nilai *total displacement* sebesar $0,1 \text{ m}$. Oleh karena itu, diperlukan penanganan gerakantana yang tepat di sekitar daerah yang rawan tersebut. Bidang gelincir yang ada terbentuk pada litologi berupa lempung kepasiran, di mana hal ini sesuai dengan perkiraan awal sebelum dilakukan analisis secara komputasi.

Penanganan Gerakantana

Dari faktor keamanan yang telah dianalisis secara komputasi, dapat ditarik kesimpulan bahwa lereng yang ada di lokasi penelitian ini memiliki kecenderungan untuk mudah bergerak, sehingga diperlukan penanganan geoteknik untuk mencegah agar tanah tidak bergerak lagi.

Apabila melihat dari sudut pandang geologi, lokasi penelitian ini tersusun atas litologi yang memiliki sifat lepas antarpartikelnya. Partikel yang satu dengan yang lain tidak saling mengikat. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas pelapukan yang ada di lokasi penelitian ini cukup tinggi. Litologi yang dulunya utuh dan *massive* kini telah terlapukan menjadi partikel-partikel yang bersifat lepas.

Adapun batuan dasar berupa batulempung yang ditemukan melalui proses pemboran inti bersifat kaku dan menyerpil. Sifat fisik batulempung ini merupakan sifat khas batulempung yang berasal dari Formasi Kerek. Batu lempung dari formasi ini bersifat menyerpil dan membentuk tekstur seperti sisik ular. Dalam suatu singkapan lapisan batulempung ini memiliki banyak sekali rekahan, sehingga daya ikat antarpartikel batuan tersebut menjadi berkurang.

Faktor yang ketiga adalah adanya pengaruh pembebanan dari infrastruktur yang ada di lokasi penelitian. Pembebanan yang terjadi melebihi kemampuan dari litologi penyusun untuk menahan beban di atasnya, sehingga ketika beban yang ada sudah melampaui batas litologi yang ada akan bergerak sehingga terjadi longsoran.

Dari ketiga hal tersebut telah menunjukkan bahwa litologi yang ada di lokasi penelitian tersebut memiliki tingkat kohesi yang rendah. Kemudian dilakukan pengambilan sampel untuk melakukan uji laboratorium untuk mendapatkan nilai kohesi yang terukur yang menggambarkan kondisi lapangan yang sebenarnya. Setelah dilakukan uji laboratorium untuk mendapatkan nilai kohesi melalui *Direct Shear Test*, memang menunjukkan nilai kohesi yang rendah sehingga diperlukan suatu metode yang dapat meningkatkan kohesi litologi tersebut. Oleh karena itu dipilih *grouting* sebagai penanganan yang tepat dalam menanggulangi gerak tanah yang ada di Perumahan Bukit Manyaran Permai (BMP) ini. Metode *grouting* akan memperbaiki kondisi rekahan yang ada di tubuh batuan tersebut. Dengan menyuntikan semen ke dalam batuan, semen tersebut akan mengisi rekahan yang ada. Semen juga berfungsi mengikat kembali partikel-partikel batuan yang ada, sehingga rekahan pada batuan akan menjadi berkurang.

Nilai yang ditingkatkan dalam penanganan gerak tanah ini berupa *intact compressive strength*. Nilai ini menunjukkan besarnya tekanan maksimum yang harus diberikan terhadap batuan utuh agar batuan tersebut pecah. Nilai ini didapatkan dari uji *uniaxial compressive strength* (UCS) menggunakan mesin tekan. Semakin banyak rekahan pada suatu tubuh batuan maka nilai *intact compression strength* akan semakin kecil. Sebaliknya jika batuan tersebut sedikit maka nilai *intact compression strength* akan semakin besar. Nilai *intact compression strength* yang dimasukkan dalam analisis faktor keamanan secara komputasi ini sebesar 150 kPa, yang didapatkan dari uji uniaxial terhadap sampel batulempung yang utuh. Dengan memasukkan nilai tersebut faktor keamanan akan meningkat menjadi 1,5 dan bidang gelincir pun berkurang kedalamannya menjadi 2 m, sehingga kondisi lereng menjadi mantap dan stabil. Nilai *total*

displacement dari daerah yang rawan akan gerak tanah pun mengalami perubahan menjadi 0,010 m hingga 0,018 m, secara berurutan ditunjukkan dengan warna biru muda hingga hijau muda (lihat bagian lampiran Kondisi Lereng setelah *digrouting*).

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil pemetaan geoteknik pada lokasi penelitian seluas 10 Ha, didapatkan bahwa 43% daerah pemetaan tersusun atas lempung yang berwarna kuning kecoklatan, 26% tersusun atas pasir, 23% tersusun atas pasir lempungan dan 8% tersusun atas lempung yang berwarna hitam kecoklatan serta sebagian besar kerusakan infrastruktur yang ada terjadi di wilayah bagian utara Perumahan BMP.
2. Dari hasil pengamatan kerusakan infrastruktur yang ada, didapatkan bahwa 18% rumah yang ada termasuk ke dalam kategori rumah/bangunan rusak berat, 23% kategori rumah/bangunan rusak sedang dan 59% rumah/bangunan rusak ringan.
3. Dari hasil pemboran, litologi bawah permukaan terdiri dari lapisan pasir berwarna abu-abu kecoklatan dengan ketebalan 14-72 cm, lempung kepasiran berwarna abu-abu kecoklatan dengan ketebalan 1,28 m, lempung berwarna coklat dengan ketebalan 1-2 m, lempung berwarna abu-abu dengan ketebalan 1-2 m, pasir kelempungan dengan warna coklat setebal 1,5 m dan batulempung sebagai batuan dasar ditemukan mulai pada kedalaman 7 m. Lapisan-lapisan litologi ini merupakan hasil lapukan dari batulempung dan batupasir dari Formasi Kerek.
4. Longsoran yang ada disebabkan karena kondisi batuan yang ada sebagian besar lapuk, kondisi batulempung yang bersifat serpih dan adanya pembebanan berupa infrastruktur yang berada di atas lereng tersebut.
5. Dari hasil uji laboratorium sampel *core* sebelum dilakukan *grouting* didapatkan nilai rata-rata berat isi sebesar 1,812 gr/cm³, nilai kohesi

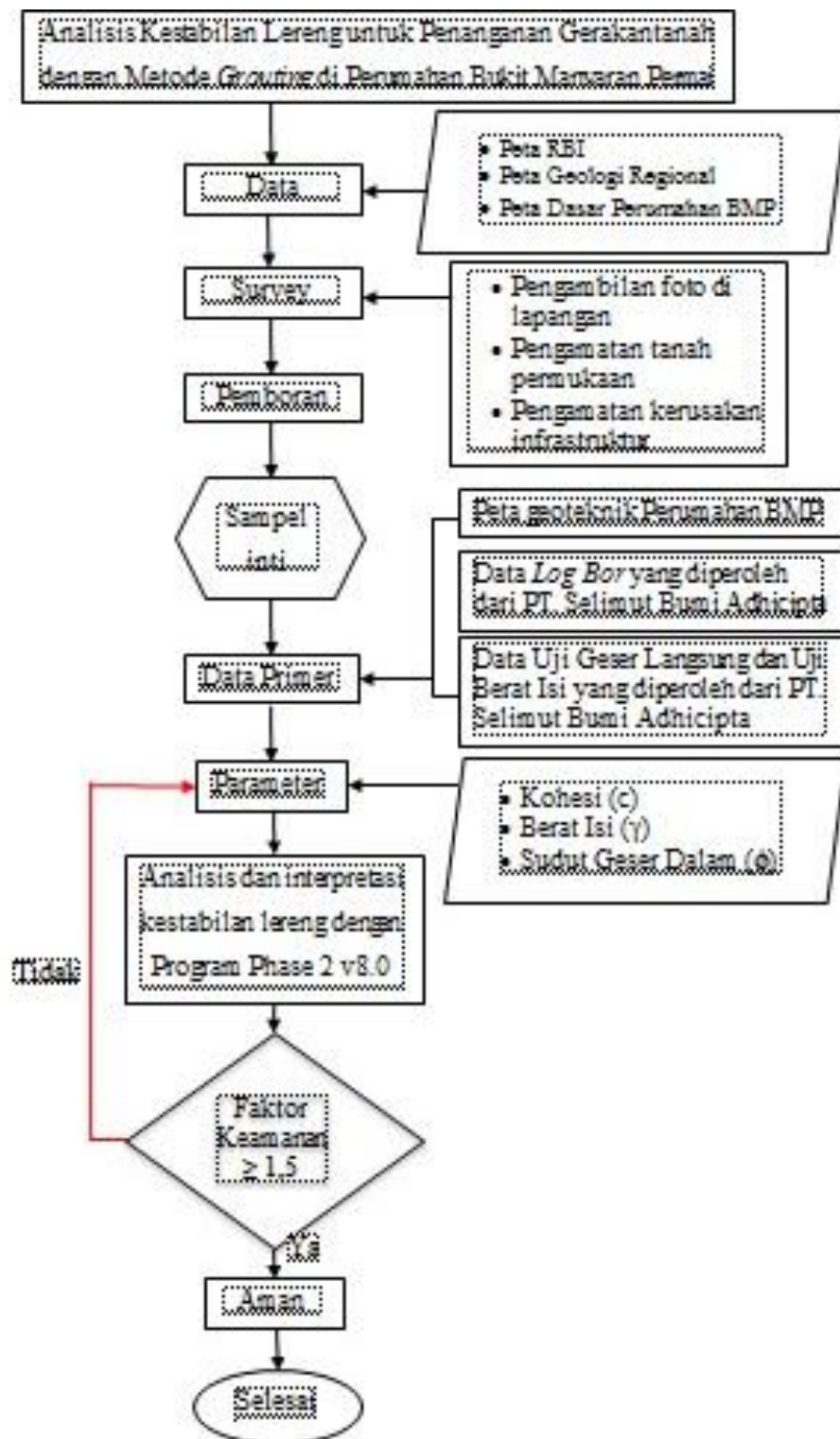
sebesar 0,201 kg/cm² dan sudut geser dalam sebesar 23,85°.

6. Dari perhitungan faktor keamanan dengan program Phase 2 v8.0 dan diolah dengan metode perhitungan Fellenius, didapatkan hasil nilai faktor keamanan sebesar 1,06 dengan bidang gelincir 4 m yang menunjukkan bahwa lereng yang ada tidak stabil.
7. Parameter yang ditingkatkan adalah memperbaiki kualitas retakan batuan dengan *grouting*, di mana kualitas massa batuan tercermin dari nilai *Intact Compression Strength* sebesar 150 kPa.
8. Dari kondisi lapangan yang ada, penanganan gerakan tanah yang tepat adalah dengan melakukan *grouting*, di mana dari hasil permodelan faktor keamanan akan meningkat menjadi 1,5 dan kedalaman bidang gelincir berubah menjadi 2 m.

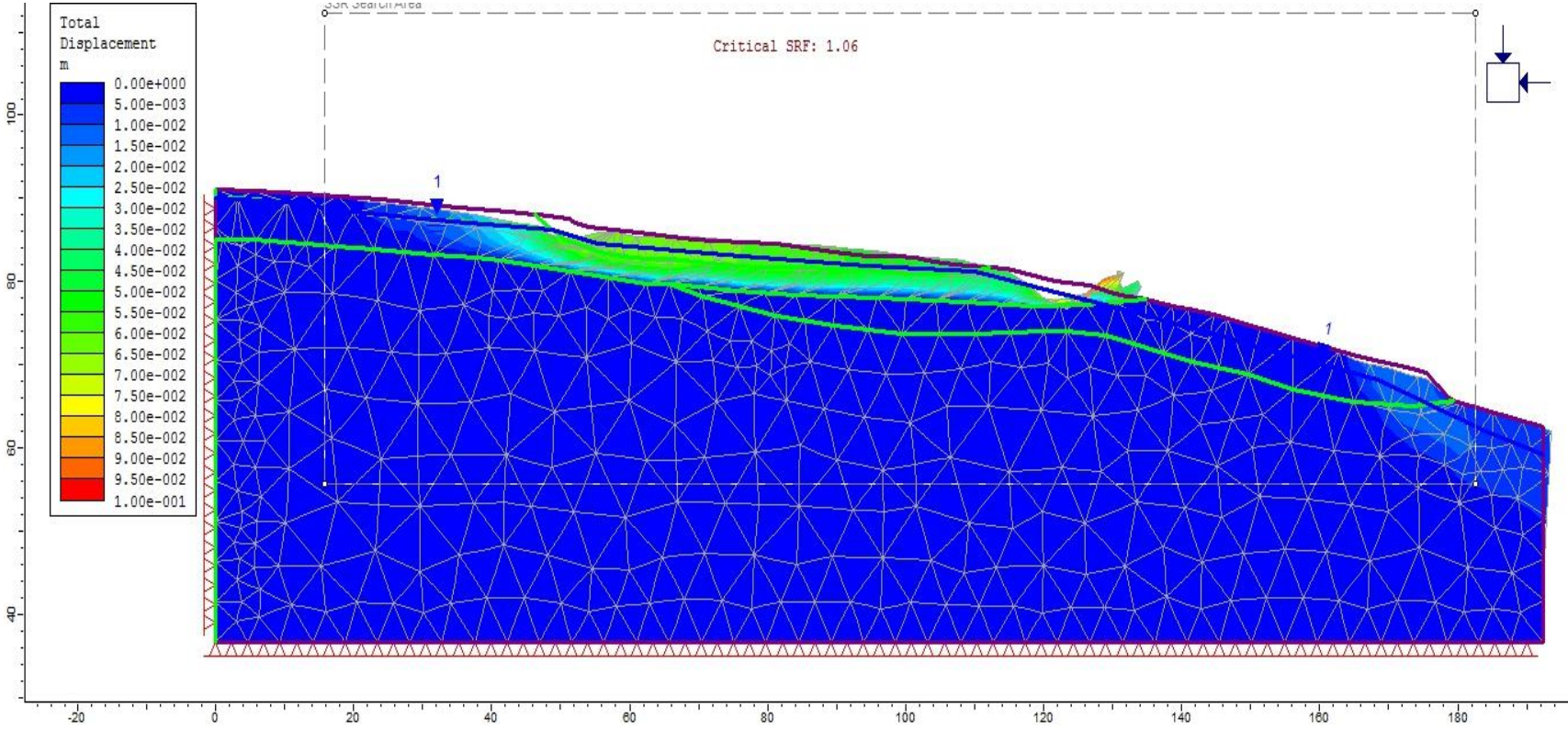
VI. DAFTAR PUSTAKA

- Christady, Hary. 2010. *Mekanika Tanah 1*, Edisi ke-4. UGM. Yogyakarta
- Dwiyanto, J.S. 2005. *Hand Out Geoteknik*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*. Universitas Gadjah Mada
- Indrawahyuni, Herlien, dkk. 2009. *Pengaruh Variasi Kepadatan pada Permodelan Fisik menggunakan Tanah Pasir Berlempung terhadap Stabilitas Lereng*. Universitas Brawijaya, Malang
- Hudoro, Humaryono. 2001. *Survey Geoteknik, Bagian dari KL-241 dan 242 Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. ITB, Bandung
- Karyono. 2004. *Kemantapan Lereng Batuan*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka UNISBA, Bandung
- Pangemanan, Violetta Gabriella Margaretha, dkk. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius*. Universitas Sam Ratulangi, Manado
- Putra S, Ekky. 2009. *Pengantar Kestabilan Lereng*, Balikpapan
- Revisi Standar Nasional Indonesia (SNI) 03- 2436 – 1991, 2006, *Tata Cara Pencatatan dan Interpretasi Hasil Pemboran Inti*. Bandung
- SM-IAGI UNDIP. 2013. *Metode Grouting untuk Penguatan Pondasi Tanah*, UNDIP, Semarang
- Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Spencer, E., 1978, *Earth Slope Subject to Lateral Acceleration*, ASCE J. Geotech. Eng Div. Vol.104
- Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., dan Amin, T.C., 1996, *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa, Skala 1:100000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Terzaghi, K. dan Peck, R.B. 1943. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and sons. New York. 2nd
- Verhoef, P.N.W. 1994. *Geologi untuk Teknik Sipil*. Jakarta : Erlangga
- Warner, J. 2005. *Practical Handbook of Grouting Soil, Rock and Structure*. Mariposa, California
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta Selatan: Penerbit Badan Pekerjaan Umum.
- Yahya, Muhammad. 2011. *Pengujian Direct Shear*, Malang
- Zaruba, Q. dan Menci, V. 1968, *Landslides and Their Control*, Elsevier, London, England

LAMPIRAN
Diagram Alir



Kondisi Lereng sebelum digrouting



Kondisi Lereng setelah digrouting

