

- Hansen, M.J., 1984, *Strategies for Classification of Landslides*, (ed. : Brunsten, D, & Prior, D.B., 1984, Slope Instability, John Wiley & Sons, p.1-25
- Hirawan, R.F., 1993, Ketanggapan Stabilitas Lereng Perbukitan Rawan Gerakantanah atas Tanaman Keras, Hujan & Gempa, Disertasi, UNPAD, 302pp. .
- <http://muntohar.wordpress.com,2008> [online access 17 November 2012]
- Karnawati, D., 2002, Bencana Alam Gerakan Tanah di Indonesia Th. 2001, BPPT, Jakarta.
- Karnawati, D., 2005. Bencana Alam Gerakan Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya, Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lancellotta,R. 1987. *Geotecnica*. Bologna: Zanichelli
- Litbang Pekerjaan Umum. 2005. Pedoman Teknik Penanggulangan Keruntuhan Lereng <http://www.pu.go.id/satminkal/balitbang/SNI/isni/SNI%2003-2436> 1991
- Masrevaniah, Aniek. 2010. Konstruksi Bendungan Urugan Volume Satu. Malang: CV Asrori
- Meyer, Patrick, 2008, *Landslide Hazard Manual*, [online access 14 Oktober 2008], URL <http://www.engineering4theworld.org>.
- Mulyanto, HR. 2007. Pengembangan Sumber Daya Air Terpadu-Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Noor, Djauhari, 2008, *Geologi Untuk Perencanaan*, Jurusan Teknik Geologi Universitas Pakuan, Bogor.
- Pangesti, D. R., 2005, Pedoman Grouting Untuk Bendungan, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Sumber Daya Air, Direktorat Sungai, Danau dan Waduk, Jakarta.
- Pangular, D., 1985, Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, 233 hal.
- PT Selimut Bumi Adhi Cipta, 2004, Laporan Penyelidikan Tanah Kali Semarang, Semarang: PT Selimut Bumi Adhi Cipta.
- Sugalang dan Yousana O.P., 1991, Peta Zona Kerentanan Gerakantanah Lembar Magelang dan Semarang Jawa, skala 1:100000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Suharyadi, 2004, Pengantar Geologi Teknik, Biro Penerbit, Yogyakarta.
- Sunggono, K.H., 1982, Mekanika Tanah, Bandung: Nova
- Smalley, Martin. 2006. *Clay Swelling and Colloid Stability*. New York, London : CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group
- Sosrodarsono, S., dan Takeda, K., 1980, Hidrologi Untuk Pengairan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suwarsa, Tjokorda Gde. 2010. ANALISIS STABILITAS LERENG PADA BADAN JALAN DAN PERENCANAAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH (Studi Kasus Jalan Raya Selemadeg, Desa Bantas, Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar
- Terzaghi, K. dan Peck, R.B. 1943. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and sons. New York. 2nd.
- Thanden R.E, H.Sumadirdja, P.W. Richards, K. Sutisna, dan T.C. Amin. 1996. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Skala 1 : 100000. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Varnes, D.J., 1958, *Slope Movement Types and Processes, Special Report*, Washington, D.C.
- Varnes, D.J. 1978. *Slope Movement Type and Processes in Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Science*, Wasington: pp. 11-13.
- Widioko, G., 2007, Panduan Praktikum Geologi Teknik, Laboratorium Geoteknik, Geothermal, Geofisika. Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Undip, Semarang.
- Wesley, L. D. 1977. Mekanika Tanah. Jakarta Selatan: Penerbit Badan Pekerjaan Umum.
- Verhoef, P.N.W. 1994. Geologi Untuk Teknik Sipil, Jakarta: Erlangga
- Zuidam, R.A., Van. 1983. *Aspects of The Applied Geomorphologic Map of Republic of Indonesia*. Netherlands: ITC.
- Zakaria, Z., 2009, Analisis Kestabilan Lereng, Staff Laboratorium Geologi Teknik, FMIPA-UNPAD

telah dipasang akan menempel dengan satuan batuan yang disuntik semen sehingga membuat *sheetpile* memiliki gaya penahan gerakan yang lebih tinggi sehingga dapat stabil dan tidak mudah bergeser atau terguling.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik, didapatkan beberapa kesimpulan mengenai kajian analisis kestabilan lereng terhadap perencanaan tanggul pada Kali Semarang, Kota Semarang, diantaranya sebagai berikut:

1. Dari data sifat mekanik tanah dan bentuk lereng yang terdapat lokasi penelitian dilakukan analisis kestabilan lereng yang diketahui nilai faktor keamanan (Fk) sebesar 0.809, dengan kedalaman bidang gelincir maksimal 5 meter. Setelah simulasi dilakukan, menunjukkan bahwa perubahan dari parameter kohesi dapat mencapai nilai faktor keamanan sebesar 1,786 dengan peningkatan nilai kohesi sebesar 10 kPa. Pada pasir kelepungan nilai kohesi 5.890 kPa menjadi 15.890 kPa, dan Lempung nilai kohesi 8,920 kPa menjadi 18.920 kPa. Dengan demikian terlihat nilai kohesi material penyusun lereng berbanding lurus dengan faktor keamanan lereng, setiap perubahan kohesi sebesar 0,5 kPa akan merubah nilai faktor keamanan sebesar 0,047-0.050 kPa.
2. Peningkatan nilai kohesi dilakukan dengan cara metode *grouting*, seperti pada titik BH-31, peningkatan nilai kohesi pada lempung setelah *grouting* mencapai 20.59 kPa, dan dari analisis kestabilan lereng menghasilkan nilai faktor keamanan (Fk 1.75) sebesar 1.860, dengan begitu metode yang cocok digunakan adalah metode *grouting* karena pada pembuatan tanggul dibutuhkan nilai faktor keamanan (Fk) 1.75.
3. Perencanaan pembuatan tanggul dilakukan dengan pemotongan lereng menjadi lebih terjal ($80^\circ - 90^\circ$) dan pendalaman sungai ± 4 meter sehingga metode yang paling baik untuk perencanaan tanggul adalah dengan menggunakan dua metode yaitu metode *grouting* dan metode pemasangan *sheet pile*.

SARAN (Rekomendasi)

Untuk menanggulangi gerakan tanah yang terdapat di daerah Kali Semarang, digunakan metode sementara (*Grouting*) dengan kedalaman 9,9 m dengan 1 jalur spasi yang masing-masing jarak antar titik 3 m, serta pemasangan *sheet pile* panjang 8 meter yang dipasang pada pinggir lereng

sejajar aliran sungai, untuk mengatasi kemiringan lereng yang dikepras. Dengan demikian, pembangunan tanggul yang telah direncanakan untuk kepentingan pengembangan penyehatan lingkungan pemukiman dapat dilakukan dengan efektif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Dwiyanto, J.S., M.T. dan Bapak Ir. Prakosa Rachwibowo, MS. atas segala bimbingan, sarannya kepada penulis. Serta kepada seluruh direksi dan karyawan PT. Selimut Bumi Adhi Cipta.

DAFTAR PUSTAKA

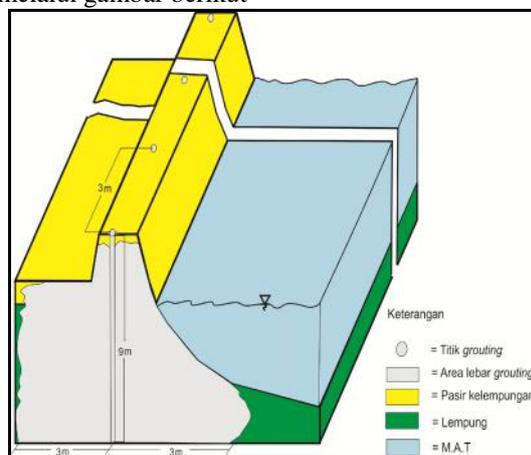
- Arief, Saifuddin, 2007, Dasar-dasar Analisis Kestabilan Lereng. [online access 17 November 2012], URL <http://www.geologi2000.com>.
- Budi, Gogot Setyo. 2011. PENGUJIAN TANAH DI LABORATORIUM Penjelasan dan Panduan. Yogyakarta: Graha Ilmu
- BMKG Jateng. 2011. Peta Evaluasi Curah Hujan dan Sifat Hujan. [online access 17 November 2012]: URL <http://www.bmgjateng.com>
- Bowles, J.E. dan Hainim, J.K. 1989. Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- BPN Semarang, 2011, Gambaran Umum Kota Semarang, [online access 25 Agustus 2012], URL <http://www.bpn-semarang.net>.
- Budiyanto, K.Y., 2000, Pelaksanaan Grouting Bendungan Sangiran, Ngawi, Jawa Timur, Tim Pelaksana Boring dan Grouting Bendungan Sangiran, Jawa Timur.
- Cornforth, Derek H., *Landslide in Practice Investigations, Analysis, and Remedial / Preventative Options in Soils*. New Jersey: John Wiley and Sons, INC
- De Blasio, Fabio Vittorio. 2011. *Introduction to the Physics of Landslides Lecture Notes on the Dynamics of Mass Wasting*. New York, London : Springer Dordrecht Heidelberg
- Dirjen Binat teknik. 2011. Buku Petunjuk Teknis Perencanaan Dan Penanganan Longsoran. [online access 17 November 2012]. URL <http://www.binamarga.pu.go.id/referensi/nspm/petunjuk134.pdf>.
- Dwiyanto J.S., 2005. Makalah Seminar: Kestabilan Lereng. Semarang : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata
- Fukue, M and Adachi, K. 2001. *Clay Science for Engineering*. Betherlands: A.A Balkema

sheetpile sendiri akan dapat bergerak karena kondisi satuan batuan yang terdapat pada lereng telah menekan dengan massa beban yang tinggi yang mengakibatkan dinding penahan tanah tersebut akan bergerak menjauhi lereng dan pasti akan menimbulkan terjadinya pergerakan tanah serta longsor yang membuat tanah tersebut tidak stabil dan menjadi bencana.

Perencanaan Pembangunan Tanggul dengan Metode *grouting*

Dalam perencanaan pemasangan atau pembangunan tanggul harus sesuai dengan perhitungan yang ada dan menyesuaikan dengan keadaan yang terdapat pada lokasi lereng beserta keadaan sekitar daerah lokasi penelitian itu sendiri. Dengan diberikannya injeksi berupa semen atau *grouting*, maka kohesi batuan penyusun pada daerah penelitian akan meningkat dan dengan nilai kohesi yang meningkat tersebut akan membuat batuan memiliki kekuatan untuk menahan beban yang lebih, sehingga saat dilakukan pembangunan tanggul akan menjadi lebih efektif dan dapat menahan tanah beserta lereng agar tetap pada kondisi aman dimana nilai faktor keamanan 1.75.

Metode *grouting* yang akan diaplikasikan pada lereng daerah penelitian dapat lebih diperjelas melalui gambar berikut



Gambar Pengaplikasian *grouting* pada lokasi penelitian

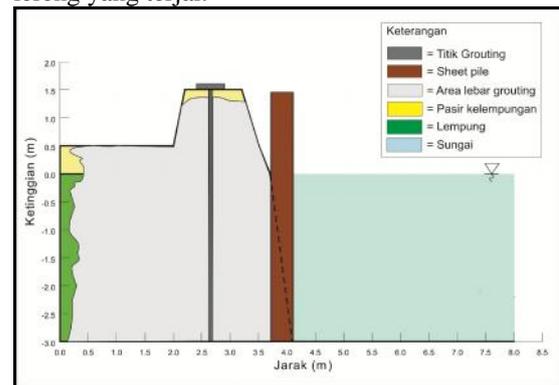
Grouting yang dilakukan pada lokasi penelitian berjumlah 97 titik yang diletakan pada lereng sepanjang 291 meter, banyaknya jumlah titik tersebut berdasarkan dari kalkulasi yang dilakukan agar hasil maksimal dan efektif dimana dalam perhitungan yang sudah dilakukan terlihat apabila meter kedalaman *grouting* yang dilakukan sedalam 9.9 m akan dapat mengkoover seluruh lereng yang terdapat ada lokasi penelitian serta lebar area yang

terkena semen sendiri memiliki lebar 3m menyeluruh dari titik penyuntukan yang akan dilakukan, Dari gambar penampang tanpa skala diatas terlihat bahwa penyebaran yang efektif hingga dasar lereng sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng itu sendiri karena lereng yang cenderung kritis akan terjadi gerakan tanah tersebut telah memiliki peningkatan nilai kohesi yang dapat meningkatkan nilai kestabilan lereng sehingga lereng pada derah lokasi penelitian tidak mengalami pergerakan tanah.

Perencanaan Pembangunan Tanggul dengan Metode *Grouting* dan Pemasangan *Sheetpile*

Pada perencanaan pembangunan tanggul Satuan kerja PPLP, lereng akan dikepras tegak lurus dengan permukaan yang dimana memiliki nilai derajat kemiringan $\pm 90^\circ$, akan menimbulkan efek longsor yang besar, momen beban pemberat atau gaya beban yang terus bertambah dari waktu ke waktu juga akan menjadi sumber utama penyebab terjadi pergerakan tanah yang akan terjadi.

Dengan adanya kegiatan pendalaman sungai dalam perencanaan pembuatan tanggul pada Kali Semarang, maka hal yang harus dilakukan untuk menanggapi keadaan tersebut adalah dengan cara penggunaan dua metode yang di lakukan secara bersamaan, yaitu metode penguatan tanah dengan cara penyuntikan injeksi semen (*grouting*) yang kemudian diberikan pemasangan *sheetpile* yang letaknya terdapat pada dinding lereng sungai Kali Semarang yang telah di potong hingga membentuk lereng yang terjal.



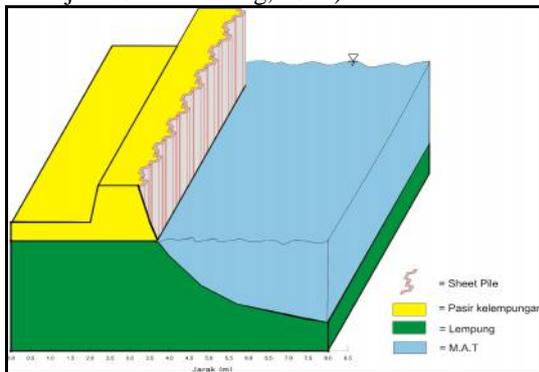
Gambar Penggunaan metode *grouting* dan *Sheetpile* pada lereng perencanaan tanggul

Dengan penggunaan dua metode ini, metode *grouting* dan *sheetpile* akan menghasilkan tanah yang memiliki nilai kohesi tinggi dan tidak mudah longsor dan juga terdapat penahan *sheetpile* yang dipasang untuk menahan lereng yang memiliki derajat keterengan tinggi, ditambah *sheetpile* yang

sedalam 3 meter, dan akan di lakukan pemasangan *sheetpile*, dengan panjang 16 meter dan dilakukan pemasangan instalasi tersebut pada dinding sungai baik bagian barat maupun bagian timur Kali Semarang dan sepanjang Kali Asin.

Penggunaan *Sheetpile* pada Perencanaan Pembangunan Tanggul

Kegiatan pemasangan *sheetpile* yang telah direncanakan oleh Satuan Kerja PPLP (Pengembangan Penyehatan Lingkungan Pemukiman), Kementerian P.U, Jawa tengah, merupakan salah satu usaha pengembangan kesejahteraan penduduk sekitar Kali Semarang guna mengatasi banjir karena pengaruh musim hujan yang memiliki tingkat curah hujan tinggi serta naiknya air permukaan saat pasang surut laut terjadi. Pemasangan instalasi *sheetpile* pada daerah lokasi penelitian akan sangat mahal dimana pemasangan akan dilakukan pada seluruh tebing sungai dengan tipe *sheetpile* W350-1000 yang memiliki panjang 16 meter dengan luasan lereng yang memiliki panjang 291 meter (Kementerian Pekerjaan Umum Jateng, 2012).

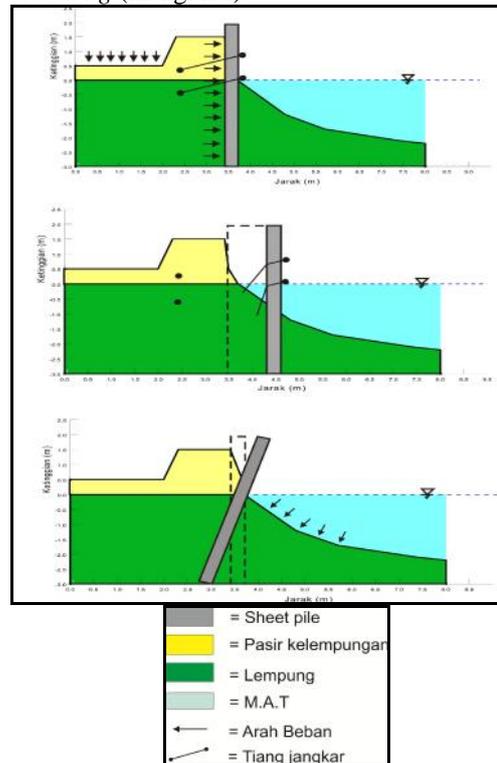


Gambar Penampang sungai dengan pemasangan *Sheetpile*

Sheetpile yang digunakan memiliki panjang tiap lembarnya ± 8 meter, pada perencanaan dari dinas pemerintah mengatkan bahwa kedalaman yang diinginkan adalah 16 meter ini berarti bahwa *sheetpile* yang digunakan disusun rangkap menjadi dua bagian, bagian atas dan bagian bawah. Hal tersebut sangat membuat pembekakan dana yang sangat tinggi serta nilai keefektifan pada penindihan lembar *sheetpile* sangat rawan terhadap gerakan tanah karena apabila lembar bagian bawah *sheetpile* mengalami gerakan atau disposisi dari titik yang sudah di tempatkan, maka lembar bagian atas juga akan turut bergerak tidak terarah dimana mengingat bahwa bagian bawah *sheetpile* merupakan tumpuan beban yang terdapat pada bagian atas.

Perencanaan Pembangunan Tanggul dengan Tiang Jangkar

Proses pembuatan tanggul dengan *sheetpile* dengan penambahan tiang jangkar merupakan kegiatan pembuatan dinding penahan tanah atau tanggul yang memiliki nilai pengeluaran biaya yang sangat mahal, karena proses pekerjaan merupakan gabungan dari teori rekayasa geoteknik yang dimana dalam standar pembuatan tanggul metode ini memerlukan bahan – bahan serta alat berat yang sangat mahal dalam proses pekerjaannya dan juga dibutuhkan jasa perawatan dengan jangka waktu yang lama beserta adanya gejala negatif yang akan terjadi dengan tingkat kerusakan yang terjadi cepat atau sering terjadi kendala setelah pemasangan dan luas penyebaran kerusakan akan besar dikarenakan instalasi pemasangan dari tiang jangkar dan *sheetpile* yang dipasang secara *interlocking* (mengunci).



Potensi negatif pemasangan *Sheetpile* dengan penambahan jangkar

Terlihat pada gambar dimana apabila terdapat pembebanan yang tinggi pada permukaan akan mempengaruhi jumlah nilai momentum penggerak massa batuan yang terdapat pada lereng daerah lokasi penelitian. Tekanan dan pembebanan yang terjadi akan mengarah pada daerah yang lebih rendah elevasinya, yaitu daerah lereng yang mengarah ke sungai Kali Semarang itu sendiri, dengan demikian penahan dinding yang berupa

- Perhitungan volume *Grouting* secara keseluruhan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{grouting} = \left(\frac{\text{Panjang daerah (m)} \times \text{jumlah jalur} \times \text{kedalaman (m)}}{\text{Jarak antar titik (m)}} \right)$$

$$\text{Volume } grouting = (291/3) \times 1 \times 9 \text{ m} = 873 \text{ m}^3.$$

Tipe *grouting* yang digunakan dalam perencanaan tanggul kali Semarang yaitu tipe sementasi pemadatan (*compaction grouting*). *Grouting* pemadatan dilakukan dengan cara menginjeksi material *grouting* sangat kaku (*stiff*) pada tekanan tinggi ke dalam tanah. Menurut Warner (2005), *grouting* pemadatan merupakan mekanisme perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah, karena volume struktur pori tanah berkurang, maka permeabilitasnya juga akan berkurang. *Grouting* pemadatan mampu meningkatkan beban tanah untuk mengompakkan atau memadatkannya.

Metode *grouting* dapat meningkatkan kekuatan daya dukung tanah lunak sehingga mampu menahan tebing sedalam 6 meter yang terbentuk akibat penggalian, pendalaman dasar sungai, dan mampu menjaga kestabilan lereng dalam jangka waktu lama. Menurut Warner (2005), secara langsung metode *grouting* merubah sifat tanah, yaitu meningkatkan nilai kohesi.

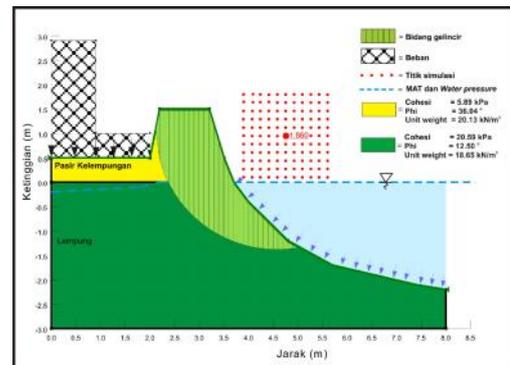
Peningkatan Kohesi Setelah *Grouting*

Grouting yang dilakukan sebagai uji coba terdapat pada utara daerah lokasi penelitian dengan jarak ±500 meter. Dengan keadaan lereng, serta penyusun yang sama dengan lokasi daerah lokasi penelitian maka titik uji *grouting* dengan kode BH-31 ini dapat menjadi acuan maupun sebagai bukti peningkatan nilai kohesi dengan menggunakan metode *grouting* atau suntik injeksi semen ini telah berhasil dalam mengatasi pergerakan lereng dan gerakan tanah pada dinding lokasi daerah penelitian yaitu di sisi barat dinding Kali Semarang.

Lapisan Lempung (*after grouting*)

- Sudut geser dalam () : 12.50°
- Kohesi (c) : 0.210 kg/cm² = 20.590 kPa
- Berat isi () : 1.901 gr/cm³ = 18.650 kN/m³

Analisis perhitungan kestabilan lereng dan penentuan besar nilai Faktor keamanan (*Fs*) dilakukan dengan menggunakan *software Geostudio 2004*, hasil dari *software* tersebut dapat dilihat sebagai berikut



Gambar Analisis Kestabilan lereng BH-31 (*After grouting*)

Dari hasil analisis kestabilan lereng menggunakan parameter-parameter tersebut, diperoleh nilai faktor keamanan (*Fs*) sebesar 1.860, angka tersebut memperlihatkan tingkat kestabilan lereng pada lokasi penelitian setelah dilaksanakan *grouting*. Dalam analisis yang dilakukan pada lereng BH-31, menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan *grouting* juga dapat diaplikasikan pada lereng yang terdapat pada lokasi penelitian.

Pengaruh *grouting* dalam penentuan nilai faktor keamanan adalah dengan diinjeksikannya cairan semen yang membuat nilai kohesi atau hubungan kuat antar batuan menjadi semakin meningkat, seperti yang telah di simulasikan sebelumnya bahwa semakin tinggi nilai kohesi yang terdapat material penyusun lereng tersebut maka akan semakin besar pula nilai faktor keamanan (*Fs*) lereng tersebut, seperti pada lereng BH-31 nilai kohesi lempung yang sudah dilakukan *grouting*, memiliki nilai kohesi sebesar 20,590 kPa, sedangkan pada lokasi penelitian satuan lempung penyusun lereng yang belum di lakukan pekerjaan *grouting* memiliki nilai kohesi sebesar 8,920 kPa. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa tingkat keberhasilan pekerjaan *grouting* pada daerah lokasi penelitian sangat efektif yang dapat diketahui nilai kohesi pada satuan lempung meningkat hingga ±12 kPa.

Perencanaan Pembangunan Tanggul

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari kantor PT. Selimut Bumi Adhi Cipta, dalam menanggapi kondisi keadaan lereng yang tidak stabil pada Kali Semarang, pihak Dinas pemerintah Kota Semarang melakukan perencanaan pembangunan tanggul sepanjang Kali Semarang berupa tanggul dinding penahan tanah (*Retaining wall*), proyek perencanaan tanggul Kali Semarang di lakukan dengan cara lapisan tanah yang berada di dasar sungai akan di gali ke bawah

berbagai metode dan cara seperti rekayasa geoteknik maupun metode lain, diharapkan berbagai tersebut dapat membentuk lereng yang stabil atau tidak terjadi gerakan tanah dan mempunyai nilai faktor keamanan sebesar nilai yang dibutuhkan untuk perencanaan pembangunan tanggul yang aman dan lancar serta jauh dari adanya bencana gerhana tanah yang terjadi.

Metode Perkuatan Tanah untuk Perencanaan Tanggul Kali Semarang

Berdasarkan dari analisis kestabilan lereng dengan melakukan simulasi dari perubahan parameter kohesi (c), maka dapat diketahui besaran perubahan dari nilai faktor keamanan (F_s) yang dapat menjadikan lereng di kategorikan aman. Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat diketahui perubahan parameter kohesi mencapai faktor keamanan sebesar 10 kPa.

Dalam mengatasi gerakan tanah yang akan terjadi dan juga untuk membantu koreksi serta perencanaan pembangunan tanggul yang terdapat pada lereng dinding Kali Semarang, maka dapat disimpulkan metode yang paling efektif adalah metode penguatan tanah dengan Sementasi *Grouting*, berikut merupakan pemaparan metode tersebut:

Sementasi (*Grouting*)

Menurut Dwiyanto (2005), *grouting* merupakan metode untuk memperkuat tanah atau batuan penyusun dengan cara memperkecil permeabilitas tanah atau batuan penyusun pada suatu daerah lokasi penelitian dengan cara menyuntikkan atau menginjeksikan pasta semen atau bahan kimia ke dalam lapisan tanah atau batuan.

Dari pemilihan metode tersebut maka berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng dapat diketahui bidang gelincir dari gerakan tanah yang terjadi di daerah penelitian. Dari data penampang sayatan lereng diketahui bidang gelincir pada titik terdalam berada pada kedalaman 3 m dengan tinggi lereng 4.5 m sedangkan panjang lereng keseluruhan 6 meter, dan lebar lereng sungai 291 m

Dalam pelaksanaan sementasi (*Grouting*) diperlukan perhitungan untuk mengetahui kedalaman, lebar, jalur dan volume *grouting*. Pada pekerjaan kali ini, dilakukan pemboran tanpa pengambilan inti atau *non coring* dengan diameter 60 mm.

- Kedalaman *grouting* dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H = h + kh$$

Keterangan:

H = Kedalaman *grouting* (m)

h = Ketinggian lereng (m)

K = Konstanta (antara 0,8 sampai dengan 1,2)

Tinggi lereng pada lokasi penelitian adalah 4.5 m, sehingga kedalaman *grouting* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$H = h + kh$$

$$= 4.5 + (0,8 \times 4.5) = 8.1 \text{ m}$$

$$= 4.5 + (1,2 \times 4.5) = 9.9 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, kedalaman *grouting* yang dibutuhkan berkisar antara 8.1 m sampai 9.9 m, maka digunakan kedalaman yang paling efektif adalah sedalam 9.9 m. Sehingga untuk penanggulangan gerakan tanah pada lokasi penelitian dibuat lubang *grouting* dengan kedalaman ± 9 m.

- Perhitungan untuk menentukan jarak lubang *grouting* berdasarkan lebar area yang akan terkena efek penginjeksian semen:

Lebar area yang terkena *grouting* :

$$K \times h$$

Keterangan :

h = Ketinggian lereng

K = Konstanta (antara 0,6 sampai dengan 0,8)

Tinggi lereng pada lokasi penelitian adalah 4.5 m, sehingga lebar area yang terkena *grouting* adalah sebagai berikut:

$$\text{Lebar area yang terkena } grouting = K \times h$$

$$= 0,6 \times 4.5 = 2.7 \text{ m}$$

$$= 0,8 \times 4.5 = 3.6 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diketahui lebar area yang terkena *grouting* berkisar antara 2.7 – 3.6 m.

- Untuk pelaksanaan *grouting* pada lokasi ini dibuat jarak antar lubang sebesar 3 m. Jarak ini cukup efektif dengan penyebaran semen *grouting* yang dapat mencapai 2.7 – 3.6 m. Untuk mencapai lebar area yang akan di *grouting* sebesar ± 3 m, cukup diperlukan 1 jalur *grouting* yang jarak antar titik *grouting* masing - masing 3 m.
- Dengan lebar luas area penyebaran *grouting* yang dapat di kover tiap titik dengan jarak 3 meter, maka untuk mengetahui jumlah titik yang akan dibuat dapat digunakan rumus Panjang lereng pada lokasi penelitian adalah 291 m, sehingga lebar area yang terkena *grouting* adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah titik } grouting = \text{panjang daerah} : \text{jarak antar titik}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah titik } grouting &= 291 : 3 \\ &= 97 \text{ buah} \end{aligned}$$

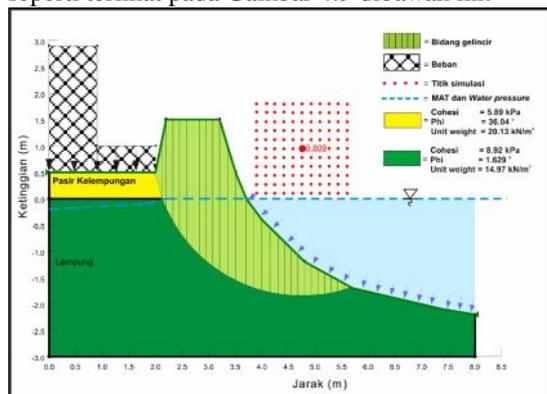
Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kedua lapisan tersebut memiliki parameter-parameter yang dapat digunakan untuk analisis kestabilan lereng, diantaranya:

1. Lapisan Pasir Kelempungan (*Direct Shear*)
 - Sudut geser dalam (ϕ) : 36.04°
 - Kohesi (c) : $0.06 \text{ kg/cm}^2 = 5.89 \text{ kPa}$
 - Berat isi (γ) : $2.052 \text{ gr/cm}^3 = 20.130 \text{ kN/m}^3$
2. Lapisan Lempung (*Triaxial Test*)
 - Sudut geser dalam (ϕ) : 1.629°
 - Kohesi (c) : $0.091 \text{ kg/cm}^2 = 8.920 \text{ kPa}$
 - Berat isi (γ) : $1.526 \text{ gr/cm}^3 = 14.970 \text{ kN/m}^3$

Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, deskripsi pemboran inti dan uji laboratorium, maka diperoleh parameter-parameter yang akan digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng, parameter tersebut adalah nilai kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ), berat isi (γ). Analisis dilakukan secara komputasi dengan menggunakan *software* GeoStudio 2007.

Dari hasil analisis kestabilan lereng menggunakan parameter-parameter berupa Sudut geser dalam (ϕ), Kohesi (c), dan Berat isi (γ) pada lapisan pasir kelempungan dan lempung, lereng di sisi barat Kali Semarang, Kota Semarang memiliki nilai faktor keamanan (*factor of safety*) sebesar 0.809 dengan menggunakan analisis metode *Janbu* yaitu metode yang hampir sama dengan metode *bishop* dimana nilai gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal dan ada nilai momentum horisontal, seperti terlihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar Bidang gelincir dan faktor keamanan lereng

Selain didapatkan nilai faktor keamanan (fs), hasil lain dari *software* GeoStudio 2007 juga dapat diketahui bentuk dan posisi bidang gelincir kritis (*critical circle*) pada lereng, pada warna hijau muda menunjukkan posisi bidang gelincir kritis

Simulasi Perkuatan Lereng

Analisis kestabilan lereng yang dilakukan ditujukan untuk mendapatkan angka faktor keamanan (Fs) dari bentuk lereng pada dinding barat Kali Semarang. Dengan diketahuinya faktor keamanan, memudahkan pekerjaan pembentukan atau perkuatan lereng untuk memastikan resiko longsor dan tingkat kestabilan dari lereng tersebut.

Pada simulasi lereng penelitian yang dilakukan pada Kali Semarang, Kota Semarang menggunakan batas aman nilai faktor keamanan (Fs) sebesar ≥ 1.75 yang merupakan batas nilai aman dari perencanaan pembangunan tanggul yang akan telah direncanakan.

Hasil analisis yang telah didapatkan sebesar 0.809 yang masih merupakan kondisi dibawah kesetimbangan batas, dengan kata lain kondisi lereng yang belum aman sehingga untuk mencapai titik aman atau nilai faktor keamanan (Fs) yang lebih besar maka dilakukan simulasi perkuatan lereng dengan menggunakan *software* Geostudio 2007.

Berdasarkan grafik (Lamp.1) dapat diketahui bahwa pada saat terjadi gerakan tanah yaitu titik kritis dimana nilai faktor keamanan (Fs = 1.75), nilai kohesi pada lapisan pasir lempungan yang dilakukan uji lab adalah sebesar 5.890 kPa dan pada lapisan lempung sebesar 8.920 kPa.

Grafik tersebut telah menunjukkan bahwa nilai kohesi berbanding lurus dengan faktor keamanan lereng, dalam artian bahwa semakin tinggi nilai kohesi pada batuan penyusun, akan berbanding lurus dengan nilai faktor keamanan, yaitu semakin meningkat pula nilai faktor keamanan (Fs).

Dari tabel simulasi dapat terlihat titik faktor keamanan lereng stabil atau tidak terjadi gerakan tanah (nilai Fs = 1.75) terdapat pada tabel nomor 24, terlihat adanya nilai faktor keamanan (Fs) sebesar 1.785 yang dimana nilai faktor keamanan tersebut merupakan titik lereng aman sehingga tidak terjadi gerakan tanah pada lereng tersebut atau dapat dikatakan lereng tersebut stabil.

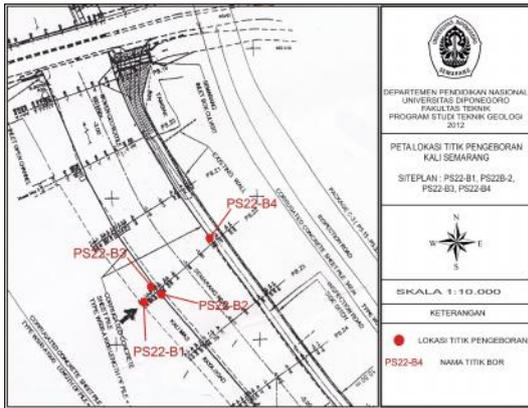
Besar nilai faktor keamanan pada titik aman stabil lereng (Fs = 1.785) dipengaruhi oleh besarnya nilai kohesi pada batuan penyusun daerah lokasi penelitian, satuan Pasir kelempungan memiliki nilai 15.890 kPa dan pada satuan lempung memiliki nilai kohesi sebesar 18.920 kPa

Peningkatan nilai kohesi pada satuan pasir kelempungan harus ditingkatkan $\pm 10 \text{ kPa}$ dan juga pada satuan lempung juga harus ditingkatkan nilai kohesi $\pm 10 \text{ kPa}$.

Peningkatan nilai kohesi pada batuan dipengaruhi dari berbagai macam proses serta kestabilan lereng itu sendiri, dengan menggunakan

Data Pemboran Inti (Bore Log)

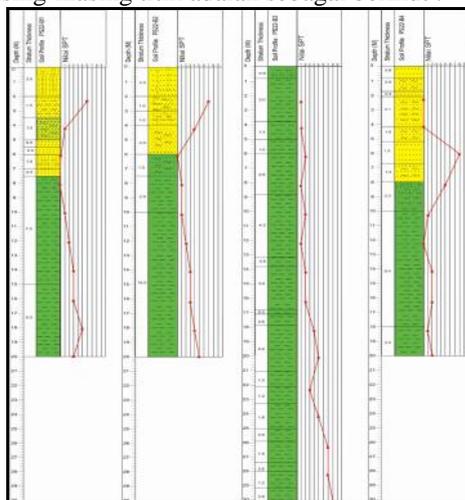
Data Pemboran inti merupakan data yang didapat dari hasil pengeboran yang dilakukan pada lokasi penelitian dengan menggunakan metode pengeboran *full coring* yang memiliki keuntungan dapat mengambil hasil pengeboran atau *sample* secara maksimal sehingga mempermudah dalam pendeskripsian litologi yang terdapat pada lokasi tersebut.



Gambar Peta lokasi pengeboran

Titik PS 22 di lakukan pada 4 titik pemboran dengan kedalaman yang berbeda, pemboran sebanyak 3 titik dengan kedalaman masing – masing 20 m, yaitu pada titik bor: PS22-B1, PS22-B2 dan PS22-B4, kemudian kedalaman 30 m pada 1 titik bor PS22-B3. Dan untuk pengujian keefektifan *grouting* yang dilakukan pada utara daerah penelitian, digunakan satu titik pengeboran untuk simulasi pengolahan faktor keamanan yaitu titik BH-31.

Berdasarkan kegiatan pemboran yang telah dilakukan di beberapa lokasi berbeda dengan kedalaman yang bervariasi. Hasil pemboran untuk masing-masing titik adalah sebagai berikut :



Gambar Penampang Log bore

Dari hasil dari deskripsi data pengeboran inti maka dapat diperoleh penampang pemboran (gambar 4.2) yang terlihat bahwa lempung dominan, maksimal hingga mencapai ± 27 meter lebih ketebalnya. Seperti tampak pada titik pengeboran PS22-B3 yang memiliki susunan litologi berupa lempung secara keseluruhan yang berbeda dengan titik PS22-B1, PS22-B2, dan PS22-B4 yang pada kedalaman 0 – 10 meter penyusun litologinya berupa pasir maupun pasir kelempungan.

Hasil uji SPT (Standard Penetration Test)

Standart Penetration Test (SPT) dilakukan untuk mengetahui nilai N (jumlah tumbukan pada lapisan batuan yang diuji). Semakin besar nilai N pada lapisan batuan diikuti pula dengan peningkatan nilai sudut geser dalam (Φ), semakin besar nilai sudut geser dalam semakin besar pula nilai daya dukung batuan. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai SPT akan diikuti pula dengan peningkatan nilai kuat tekannya.

Dari data yang telah diolah dengan terlihat bahwa nilai kekuatan tanah menurut klasifikasi Peck dan Terzaghi, nilai SPT pada keempat titik uji PS22-B1, PS22-B2, PS22-B3 dan PS22-B4 menunjukkan batuan yang terdapat pada lokasi penelitian cenderung dominan lempung dengan kuat tanah sangat lunak hingga agak lunak dengan nilai N-SPT /30cm sebesar 0-7 dan nilai kuat tanah tertinggi memiliki nilai sebesar 8, yaitu jumlah nilai yang masuk dalam klasifikasi sedang nilai kuat tanahnya.

Adanya perbedaan nilai kuat pada satu litologi yang sama merupakan pengaruh dari faktor eksternal, seperti pada pasir kelempungan pada PS22-B4, pada uji SPT kedalaman 7m, terlihat peningkatan nilai SPT kemudian menurun secara drastis, hal tersebut merupakan pengaruh dari infiltrasi air yang masuk pada pori batuan yang dimana membuat kuat tanah menjadi berkurang, disamping itu perubahan nilai SPT juga disebabkan oleh pembuatan urugan material yang dilakukan oleh penduduk sekitar yang tersusun dan bercampur dengan material dari hasil sedimen sungai maupun sedimen dari laut.

Hasil Uji Laboratorium Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah atau batuan. Dari uji yang telah dilakukan, maka dapat diketahui besar nilai parameter sifat mekanik tanah yaitu sudut geser dalam () dan kohesi (c), serta sifat fisik tanah yaitu berat isi / *unit weight* ().

- stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat.

Adapun proses dalam perencanaan dinding penahan baik tipe kantilever maupun gravitasi adalah sebagai berikut :

- Menentukan dimensi dinding penahan tanah.
- Menghitung tekanan tanah.
- Menghitung gaya vertikal dan gaya momen terhadap kaki depan pondasi
- Menghitung stabilitas terhadap penggulingan, penggeseran dan kapasitas dukung tanah.

METODOLOGI

Pengamatan kondisi fisik tanah di lokasi penelitian dilakukan terhadap hasil pengambilan inti sampel (*coring*) tanah. Selain itu untuk mengetahui kekuatan tanah dilakukan Uji Penetrasi Standar (SPT). Metode analisis yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng di Kali Semarang, Jawa Tengah adalah metode komputasi dengan menggunakan *software Geostudio 2007*.

Data sifat fisik yang diperlukan adalah berat isi (γ), sedangkan sifat mekanik yang diperlukan adalah sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c). Selain itu, data primer juga didapatkan dari penelitian-penelitian terdahulu yang dilakukan mahasiswa Teknik Geologi Universitas Diponegoro berupa cara penggunaan *software Geostudio 2007* untuk mensimulasikan faktor keamanan lereng sebagai acuan untuk menentukan metode penanggulangan gerakan tanah pada daerah penelitian. Setelah diketahui data sifat fisik dan mekanik tanah kemudian dibuat desain lereng. Dalam pendesainan lereng dibutuhkan juga data geometri lereng yaitu sudut kemiringan dan tinggi lereng yang diukur langsung di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi Lokasi Penelitian

Satuan dataran denudasional memiliki beda tinggi antara 1 – 2 m dengan persentase lereng sebesar 1%. Proses eksogenik yang berpengaruh terhadap daerah penyelidikan yaitu pelapukan, erosi, transportasi dan sedimentasi. Pelapukan yang terjadi pada lokasi penelitian berlangsung secara sedang sampai tinggi, sehingga sulit menemukan singkapan yang masih segar karena pelapukan terjadi relatif cepat dengan produk sedimentasi yang tinggi. Litologi yang terdapat pada lokasi penelitian yaitu berupa batupasir (*sandstone*), lanau (*silt*) dan lempung (*clay*).

Stratigrafi Lokasi Penelitian

Berdasarkan peta geologi regional, satuan stratigrafi yang terdapat pada daerah penyelidikan

termasuk kedalam aluvial. Alluvium merupakan hasil endapan dataran pantai, sungai dan danau yang menghasilkan litologi alluvial yang terdiri dari batupasir, lanau dan lempung yang merupakan produk sedimentasi ulang dari batuan yang terdapat pada selatan Kota Semarang

Satuan alluvial (Qa) merupakan satuan geologi yang terdapat pada daerah utara Kota Semarang dimana satuan ini memiliki umur Kuartar, litologi yang terdapat pada lokasi penelitian terdiri dari batupasir, lanau dan lempung. Satuan Lempung (*clay*) yang terdapat pada lokasi penelitian berwarna abu-abu kehitaman, bersifat lunak – kaku, mengandung kerikilan serta cangkang (*carbonate clay*). Lanau (*silt*) yang terdapat pada lokasi penelitian berwarna abu-abu, dan memiliki ukuran butir 1/16 - 1/256mm. Batupasir halus hingga kasar (*I*) yang terdapat pada lokasi penelitian berwarna coklat – coklat kehitaman, bersifat setengah padat serta mengandung kerakal (2-4mm).

Pada lokasi penelitian terdapat gerakan tanah yaitu perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, datar, atau miring dari kedudukannya semula, yang terbentuk akibat adanya gangguan kesetimbangan litologi penyusun yang telah mengalami perubahan kekompakan, kuat batuan serta kelapukan batuan yang memiliki tingkat intensitas lapuk yang tinggi. Jenis gerakan tanah pada lokasi penelitian berupa jenis *creep* yaitu aliran massa tanah atau batuan yang bergerak sangat lambat, yang cenderung tidak dapat dilihat, hanya akibatnya akan tampak seperti tiang listrik, dan pohon yang miring.

Penyebab terjadinya gerakan tanah pada lokasi penelitian adalah karena jenis batuan atau tanah terdiri dari pasir, lempung, dan lanau, penggunaan tanah dan pembebanan massa yang cukup besar seperti jalan raya maupun lalu lintas lain yang menimbulkan getaran serta tekanan beban tinggi pada masa tanah yang memicu terjadinya gerakan tanah pada lokasi penelitian.



Foto Indikasi Gerakan Tanah Tipe *Creep* Pada Lokasi Penelitian

Perbandingan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\text{Gaya penahan gerakan}}{\text{Gaya penggerak atau peluncui}}$$

Cara analisis kestabilan lereng dengan metode komputasi yaitu dengan melakukan hitungan berdasarkan rumus (Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop modified dan lain-lain). Cara Fellenius dan Bishop menghitung Faktor Keamanan lereng dan dianalisis kekuatannya. Menurut Bowles (1989), pada dasarnya kunci utama gerakan tanah adalah kuat geser tanah yang dapat terjadi:

- tak terdrainase (*undrained*),
- efektif untuk beberapa kasus pembebanan,
- meningkat sejalan peningkatan konsolidasi (sejalan dengan waktu) atau dengan kedalaman,
- berkurang dengan meningkatnya kejenuhan air (sejalan dengan waktu) atau terbentuknya tekanan pori yang berlebih atau terjadi peningkatan air tanah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan studi oleh Dinas PU. melalui Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Pemukiman (PPLP) tentang keruntuhan lereng, maka dibagi tiga kelompok rentang Faktor Keamanan (F_s), seperti pada tabel berikut

Tabel Hubungan nilai faktor keamanan lereng dan kondisi lereng (Kementrian PU, 2010)

Nilai Faktor Keamanan	Kondisi Lereng
FK = 1,75	Kritis
FK > 1,75	Mantap
FK < 1,75	Runtuh

Tanggul

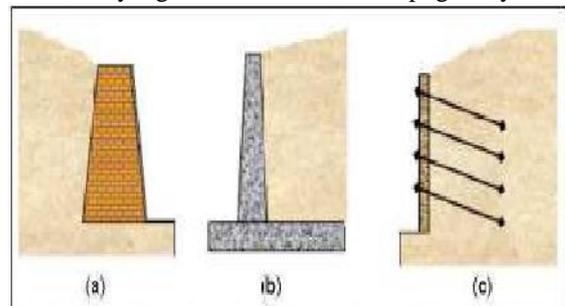
Tanggul merupakan suatu batas yang mengelilingi suatu badan air atau daerah tertentu dengan elevasi yang lebih tinggi, agar dapat terlindungi dari pengaruh luar atau sesuatu yang dapat membahayakan daerah yang berada diluarnya, pabila melimpas keluar dari tempat semula. Dalam bidang perairan, laut dan badan air merupakan daerah yang memerlukan tanggul sebagai pelindung disekitarnya. Jenis – jenis tanggul, antara lain : tanggul alami (*natural levve*), tanggul timbunan, tanggul beton dan tanggul infrastruktur.

Tanggul alamiah yaitu tanggul yang sudah terbentuk secara alamiah dari bentukan tanah

dengan aslinya, seperti bantaran sungai di pinggiran sungai secara memanjang mengikuti paparan sungai. Tanggul timbunan adalah tnggul yang sengaja dibuat dengan menimbun tanah atau material lainya di pinggir wilayah sungai tersebut. Tanggul beton merupakan tanggul yang sengaja dibangun dari campuran perkerasan beton agar berdiri dengn kokoh dan kuat. Contohnya tanggul bendung, dinding penahan tanah (DPT). Tanggul infrastruktur adalah sebuah struktur yang didesain dan dibangun secara kuat dalam periode waktu yang lama dengan perbaikan dan pemeliharaan secara terus menerus, sehingga seringkali dapat difungsikan sebagai sebuah infrastruktur lain seperti jalan raya.

Dinding Penahan Tanah (DPT)

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah yang mempunyai kemiringan/lereng dimana kemantapan tanah tersebut tidak dapat dijamin oleh tanah itu sendiri. Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil akibat kondisi topografinya



Gambar Jenis – jenis bentuk struktur dinding penahan tanah : (a) gravity, (b) Cantilever, (c) Dinding dengan jangkar.

Dalam memilih jenis atau tipe dinding yang akan di gunakan di lapangan, hal-hal yang harus dipertimbangkan antara lain sifat-sifat tanah pondasi, kondisi tempat/lokasi, jenis atau macam pondasi, kondisi pelaksanaan dan nilai ekonomis.

Perencanaan Dinding Penahan Tanah (DPT planning)

Perencanaan dinding penahan tanah atau analisa dinding penahan tanah harus meninjau dari hal – hal berikut :

- faktor aman terhadap pengulingan dan penggeseran harus memenuhi syarat,
- tekanan yang terjadi pada tanah dasar pondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung izin,



Gambar Proses terjadinya gerakan tanah beserta penyebabnya (Karnawati, 2002)

Pemboran Inti (Full Core Drilling)

Pemboran inti adalah semua jenis pemboran yang tenaga penggerakannya adalah mesin. Pemboran inti dapat menjangkau kondisi bawah permukaan tanah yang relatif dalam dibandingkan dengan pemboran tangan. Berbagai parameter yang diselidiki dalam penyelidikan pemboran inti diantaranya adalah sifat dan kualitas batuan. Berbagai parameter tersebut dapat diperoleh dengan menganalisa sample (*core*) hasil pengeboran (*coring*).

Pengujian Standart Penetration Test (SPT).

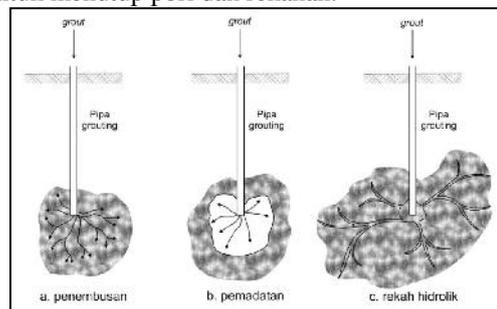
Setelah pengambilan inti batuan, biasanya diikuti dengan berbagai pengujian di lapangan, diantaranya pengujian nilai SPT (*Standart Penetration Test*).

Standar ini menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan dengan SPT. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain pondasi. Untuk mendapatkan nilai N dengan cara memukul rangkaian *split spoon* dan stang bor tadi dengan menggunakan *hammer* seberat 140 pon (63kg) tinggi jatuh 30 inci (75cm). Harga N adalah jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk *split spoon* masuk sedalam 30 cm.

Standart Penetration Test (SPT) dilakukan untuk mengetahui nilai N (jumlah tumbukan pada lapisan batuan yang diuji). Semakin besar nilai N pada lapisan batuan diikuti pula dengan peningkatan nilai sudut geser dalam (Φ), semakin besar nilai sudut geser dalam semakin besar pula nilai daya dukung batuan. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai SPT akan diikuti pula dengan peningkatan nilai kuat tekannya.

Sementasi (Grouting)

Menurut Dwiyanto (2005), *grouting* adalah 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. Sedangkan Budiyanto (2000), menyebut *grouting* sebagai penginjeksian material perekat ke dalam tanah atau batuan yang lulus air dengan tujuan untuk menutup pori dan rekahan.



Gambar Fungsi sementasi pada tanah dan batuan (Pangesti, 2005)

Analisis Kestabilan Lereng

Menurut Lancellotta (1987), lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horisontal. Suatu tempat yang terdapat dua permukaan tanah dengan ketinggian berbeda, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong (*diving forces*) sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Selain itu, terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan atau melawan (*resisting forces*), sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil (Sunggono, 1982).

Gaya-gaya pendorong berupa gaya berat, gaya muatan atau beban, tekanan air dalam pori dan gangguan pada lereng yang menyebabkan terjadinya longsoran. Sedangkan gaya-gaya yang menahan adalah kuat geser (*shear strength*).

Besarnya kuat geser dikontrol oleh kohesi dan sudut gesekan dalam antara partikel-partikel penyusun tanah atau batuan. Nilai kohesi (c) tergantung pada kekuatan ikatan atau sementasi antara partikel-partikel tanah. Sudut gesekan dalam (ϕ) merupakan nilai yang mengekspresikan kekuatan friksi antara partikel-partikel penyusun batuan (Karnawati, 2005).

Berdasarkan interaksi antara kedua momen gaya tersebut, kestabilan suatu lereng dapat diperhitungkan dengan cara membandingkan antara gaya yang menahan dan gaya yang melongsorkan atau meluncurkan (Bowles, 1991).

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan kajian studi mengenai analisis kestabilan lereng pada Kali Semarang, dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai Faktor keamanan (Fk) dari analisis kestabilan lereng dengan memperhitungkan lereng dan nilai Kohesi (C) dari litologi yang menyusun daerah tersebut.
2. Mengetahui tingkat keberhasilan *grouting* dalam meningkatkan daya dukung tanah seperti pada titik *grouting* yang sudah dilaksanakan pada sekitar daerah lokasi penelitian.
3. Mengetahui metode yang efektif untuk perencanaan pembangunan tanggul pada Kali Semarang

Lokasi penelitian tugas akhir ini berada di Kali Semarang, Kota Semarang, Jawa tengah pada proyek *Urban Drainage System and Retarding Pond in Semarang City at Asin and Lower Semarang River*. Secara administratif lokasi penelitian terletak di Jl. Kali Mas Raya Kawasan Komplek Tanah Mas, Kecamatan Semarang Utara, Jawa Tengah. Jarak tempuh dari lokasi penelitian ditempuh ± 45 menit dari kampus UNDIP.

TINJAUAN PUSTAKA

Fisiografi Kota Semarang

Wilayah Kota Semarang, Propinsi Jawa Tengah, secara geografis terletak pada koordinat $110^{\circ}16'20''$ - $110^{\circ}30'29''$ Bujur Timur dan $6^{\circ}55'34''$ - $7^{\circ}07'04''$ Lintang Selatan, dengan luas daerah sekitar $391,2 \text{ Km}^2$. Kota Semarang di bagian Barat berbatasan dengan wilayah Kabupaten Kendal, bagian Timur dengan Kabupaten Demak, bagian Selatan dengan Kabupaten Semarang dan bagian Utara dibatasi oleh Laut Jawa dengan panjang garis pantai $\pm 13,6$ Km. Secara umum, wilayah Kota Semarang dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu Semarang bagian Utara merupakan daerah pantai dan dataran rendah dengan kemiringan bervariasi antara 0 - 2 % dan ketinggian antara 0 - 3,5 m dpl, serta Semarang bagian Selatan merupakan daerah perbukitan dengan kemiringan 2 - 40 % dan ketinggian antara 90 - 200 m dpl (BPN Semarang, 2009).

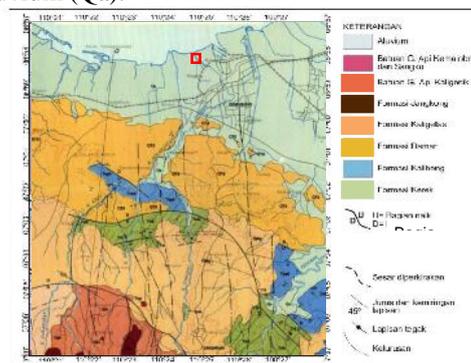
Geomorfologi Regional

Morfologi daerah penelitian digolongkan pada Satuan Bentuklahan Dataran Aluvial. Terbentuk akibat aktivitas aliran sungai yang berupa pengikisan, pengangkutan, dan pengendapan (sedimentasi) dimana proses-proses yang berlangsung dibantu juga oleh tenaga eksogen antara lain iklim, curah hujan, angin, jenis batuan,

topografi, suhu, yang semuanya akan mempercepat proses pelapukan dan erosi. Berdasarkan kondisi tersebut satuan bentuklahan ini merupakan hasil sedimentasi dari material yang diangkut dan diendapkan di sepanjang bantaran sungai utama yang mengalir melewati bagian tengah Kota Semarang, terutama di sepanjang bantaran Banjir Kanal Barat dan Banjir Kanal Timur.

Stratigrafi Regional

Daerah penelitian digolongkan pada Satuan Aluvium (Qa).



Gambar Peta Geologi daerah Semarang dan Sekitarnya

Satuan ini merupakan endapan aluvium pantai, sungai, dan danau. Endapan pantai litologinya terdiri dari lempung, lanau serta pasir dengan ketebalan 50 m atau lebih. Endapan sungai dan danau terdiri dari kerikil, kerakal, pasir dan lanau dengan tebal 1-3 m. Bongkah tersusun dari andesit, batulempung dan sedikit batupasir.

Gerakan Tanah

Karnawati (2005) mendefinisikan gerakan massa sebagai gerakan menuruni atau keluar lereng oleh massa tanah atau batuan penyusun lereng, maupun percampuran antara keduanya sebagai bahan rombakan, akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Definisi tersebut diperkuat oleh Suharyadi (2004), yang menyebutkan gerakan massa sebagai perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, datar atau miring dari kedudukan semula, yang disebabkan oleh adanya gangguan kesetimbangan pada saat itu.

Proses terjadinya gerakan tanah beserta faktor-faktor pengontrol dan pemicunya dapat dilihat pada Gambar berikut ini.

Analisis Kestabilan Lereng pada Perencanaan Pembangunan Tanggul Kali Semarang, Jawa Tengah

Bayu Arga Pradana
bayuargapradana@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia is a mostly country who have a mass movement disasters. These disasters are common in many areas, especially during the rainy season. This study aims to determine the safety factor of the slope value at the location so it can be seen from geotechnical reconstruction methods necessary for planning the construction of the embankment will be done on one time, Semarang. The research method used is descriptive and experimental methods. Slope stability analyzes performed using computational methods using software GeoStudio 2007, which then conducted an experimental method to simulate the value of cohesion on improving safety factor (Fs).

From field observations and analytical results, the type of ground motion that can occur in the form of research creep, which is triggered by the huge burden of the activities of the local community and the load of the Kali Semarang have a large discharge and high during the rainy season.

Based on the analysis of slope stability, slope conditions has a value of 0.809 with a safety factor of cohesion to the clayley sand layer 5.89 kPa and 8.92 kPa in clay layer. The simulation results obtained are a great value for the safety factor (Fs) 1.786 where the results are worth the value of cohesion at 15.89 kPa clayley sand and the clay has a cohesion value of 18.92 kPa, indicating that the slope is said to be secure and stable against mass movement must have increased the value of ± 10 kPa cohesion. Grouting method is an effective method to increase the value of cohesion in the rock form's.

In planning the embankment to be performed on site execution of the research required cutting slopes up to $\pm 90^\circ$, the situation is then carried out two ground reinforcement methods that do the grouting method to increase the value of cohesion so that the constituent rocks have a high carrying capacity, and the execution of the sheetpile installation method will make retaining wall at the edge of the Kali Semarang make it strong andout construction of safe and effective.

Keyword: *mass movement, grouting, slope stability analyzing, embankment construction plan*

PENDAHULUAN

Kali Semarang adalah daerah Kali utama Kota Semarang yang sangat relevan dalam terjadinya banjir, dalam penanganan tersebut maka akan dibangun tanggul yang dapat menahan luapan, oleh sebab itu pada daerah Kali Semarang akan direncanakan pembuatan tanggul yang didasari pada perhitungan kestabilan lereng untuk mengatasi pergerakan tanah pada saat proses pembangunan tanggul yang telah direncanakan pada dinding lereng Kali Semarang.

Gerakan tanah pada lereng setempat sering terjadi pada dinding sungai dan sistem pengairan lain, pergerakan tanah tersebut akan menimbulkan dampak kerugian yang besar baik dari segi materi maupun sarana pada daerah pinggir lereng Kali Semarang dan sekitarnya.

Grouting merupakan salah satu upaya penanggulangan gerakan tanah yang terjadi pada

dinding Kali Semarang. *Grouting* adalah metode penyuntikan campuran semen ke dalam tanah dengan tekanan tertentu melewati lubang bor untuk meningkatkan kekuatan tanah. Perhitungan kestabilan lereng sendiri digunakan untuk mengetahui nilai keamanan (*factor of safety*) dari lereng tersebut layak untuk pembangunan tanggul yang akan direncanakan, yakni nilai tersebut dikatakan tidak aman bila nilai Fk tersebut 1,75. Nilai Fk yang dibawah standar kurang aman tersebut dapat dikesebandingkan dengan nilai Fk setelah daerah penelitian tersebut dilakukan penanganan geoteknik dengan metode *grouting*, metode tersebut dapat meningkatkan nilai keamanan stabilitas lereng tersebut dimana metode *grouting* meningkatkan nilai kohesi dari batuan yang terdapat pada daerah tersebut, nilai yang diharapkan dari setelah *grouting* dilaksanakan adalah Fk 1,75.