

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA SITUS RATU BOKO DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI BEBAN GEMPA

Okri Asfino Putra

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo,
Padang – 25 143, Indonesia

Email: okriasfino27@gmail.com

ABSTRAK

Yogyakarta adalah daerah yang memiliki banyak keistimewaan baik itu dari segi masyarakat, alam dan budaya. Salah satu yang paling menonjol adalah banyak terdapat peninggalan budaya yang memiliki nilai sejarah tinggi dan masih bisa dirasakan sampai saat ini. Diantaranya adalah kawasan Situs Ratu Boko yang terletak di Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada peristiwa gempa Yogyakarta tahun 2006, salah satu bangunan yang berada pada kompleks Situs Ratu Boko yaitu Plaza Andrawina teridentifikasi ada retakan pada pertemuan balok dan kolom, sebagian dinding penahan tanah, serta sambungan pipa terbuka khususnya sambungan yang sejajar dengan kemiringan lereng. Pengaruh keretakan (*crack*) bangunan merupakan akibat dari ketidakstabilan lereng. Pada penelitian ini akan dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* GeoStudio 2007 untuk mendapatkan faktor aman lereng. Simulasi yang dilakukan menggunakan tiga buah nilai PGA yaitu 0.15g, 0.25g dan 0.35g. Hasil dari simulasi memperlihatkan penurunan nilai angka aman pada lereng setelah dibebani dengan beban dinamis, dan setelah ditambah dengan perkuatan menggunakan beton bertulang sampai lapisan batuan keras nilai angka aman lereng menjadi lebih stabil dan lebih besar dari angka aman kritis yaitu 1.314, 1.210, dan 1,102 lebih besar dari angka aman kritis.

Kata kunci: faktor aman, Ratu Boko, stabilitas lereng

1. PENDAHULUAN

Situs Ratu Boko terletak di Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi Situs ini adalah 30 km sebelah timur kota Yogyakarta dan terletak di suatu daerah perbukitan yang cukup terjal yaitu dengan ketinggian rata – rata 195.97 mdpl. Kawasan Situs Ratu Boko adalah suatu kawasan yang di dalamnya terdapat Candi Ratu Boko dan telah terdaftar dalam daftar sementara *World Heritage* UNESCO. Pada peristiwa gempa Yogyakarta Tahun 2006, salah satu bangunan pada situs Ratu Boko yaitu Plaza Andrawina teridentifikasi ada retakan pada lantai bagian atas, pertemuan balok dan kolom, sebagian dinding penahan tanah, serta sambungan pipa terbuka khususnya sambungan yang sejajar dengan kemiringan lereng. Seperti yang terlihat pada Gambar 1 yaitu adanya retakan pada lantai bagian atas Plaza Andrawina. Pengaruh keretakan (*crack*) bangunan merupakan akibat dari ketidakstabilan lereng.



Gambar 1: Retakan lantai paling atas Plaza Andrawina (Sarita, 2013).

Kondisi pada saat sekarang ini telah dilakukan berbagai perkuatan dan penyokong pada Plaza Andrawina dengan tujuan untuk mengurangi pergerakan lereng tersebut. Hal ini menarik diteliti lebih lanjut dengan melakukan analisis stabilitas lereng dengan berbagai kondisi gempa baik itu kondisi eksisting dan setelah ada perkuatan.

Hardiyatmo (2012) mengatakan gerakan massa adalah gerakan dari massa tanah yang besar di sepanjang bidang longsor kritisnya. Gerakan tersebut merupakan gerakan melorot ke bawah dari material pembentuk lereng yang dapat berupa tanah, batuan, tanah timbunan atau campuran dari material lain, apabila gerakan tersebut sangat berlebihan maka hal tersebut adalah tanah longsor (landslide). Suryolelono (2002) mengemukakan bahwa tanah longsor sering terjadi pada lereng alam atau buatan yang sebenarnya merupakan salah satu fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat gangguan atau faktor yang mempengaruhinya, yang mengakibatkan pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser pada lereng yang mengalami tanah longsor. Karnawati (2004) mengemukakan bahwa, untuk gerakan tanah tipe longSORan (slide) merupakan gerakan menuruni lereng oleh suatu massa tanah dan atau batuan penyusun lereng, melalui bidang gelincir pada lereng, atau pada bidang regangan geser yang relatif tipis. Bidang gelincir tersebut merupakan bidang dimana tegangan geser berkembang paling intensif. Perpindahan material total sebelum longSORan bergantung pada besarnya regangan untuk mencapai kuat geser puncaknya dan pada tebal zona longSORnya.

Analisis stabilitas lereng yang sering digunakan dalam bidang geoteknik untuk gerakan tanah tipe slide (longSOR) adalah metode keseimbangan batas (limit equilibrium method) dan analisis batas (limit analisis). Akan tetapi kelemahan dari metode ini belum dapat memperkirakan fenomena kegagalan progresif. Untuk mengatasi hal tersebut, beberapa peneliti menganjurkan penggunaan elemen hingga dalam analisis stabilitas lereng (Chen dan Lau, 2008). Faktor keamanan merupakan faktor dimana parameter kekuatan geser tanah direduksi hingga masa tanah pada wilayah kelongsoran mencapai kesetimbangan batas. Hoek (2002) mengusulkan faktor keamanan untuk berbagai jenis batuan dengan berbagai masalah teknis dan Bowles (1997) memberikan kriteria faktor aman untuk lereng tanah. Nilai faktor aman untuk lereng batuan dan tanah seperti yang dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1: Kriteria Faktor Aman Hoek (Hoek, 2002)

Faktor Keamanan (SF)	Kondisi
$SF < 1$	Terjadi kelongsoran lereng batuan
$1 \leq SF < 1,5$	Kondisi kritis (potensi kelongsoran tinggi)
$SF \geq 1,5$	Kondisi stabil (lereng aman)

Tabel 2: Kriteria Faktor Aman Bowles (Bowles, 1997)

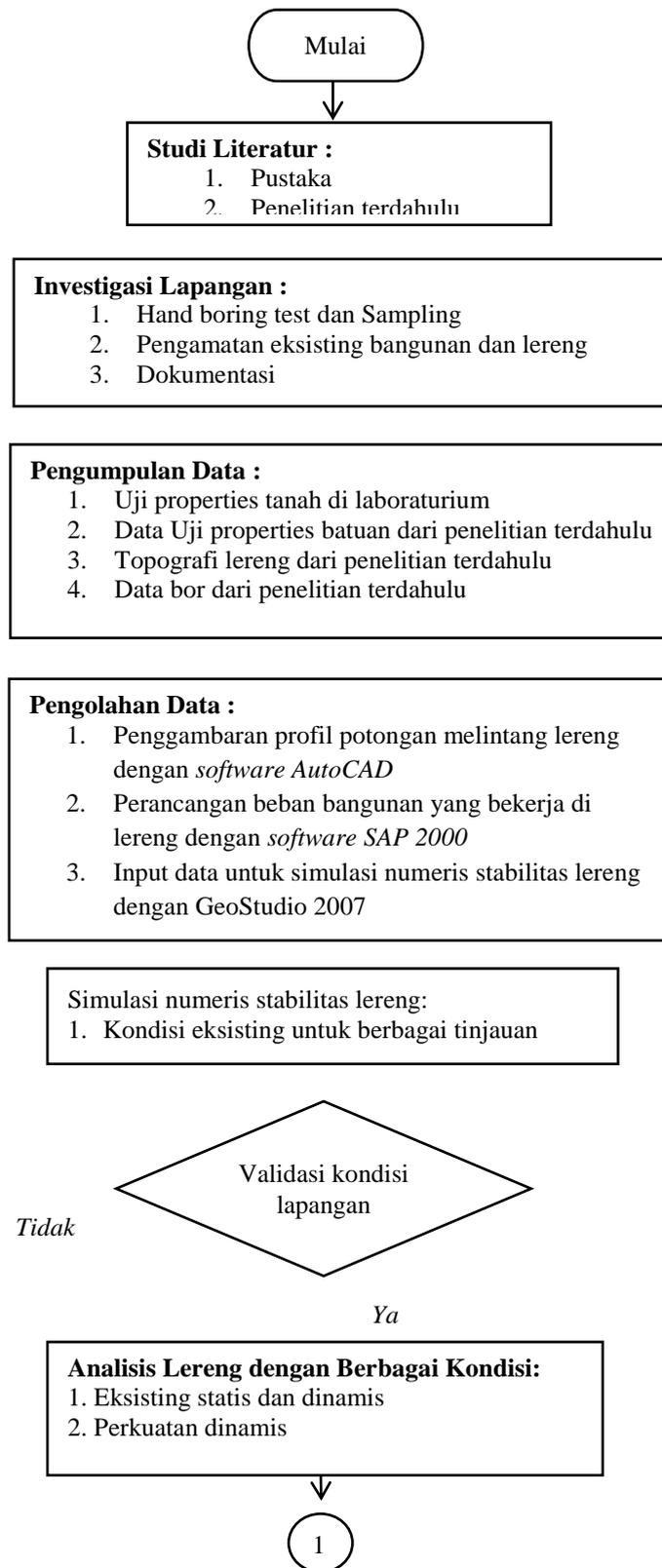
Faktor Keamanan (SF)	Kondisi
$SF < 1,07$	Terjadi kelongsoran lereng tanah
$1,07 \leq SF \leq 1,25$	Kondisi kritis (dapat terjadi kelongsoran)
$SF \geq 1,25$	Kondisi stabil (lereng aman)

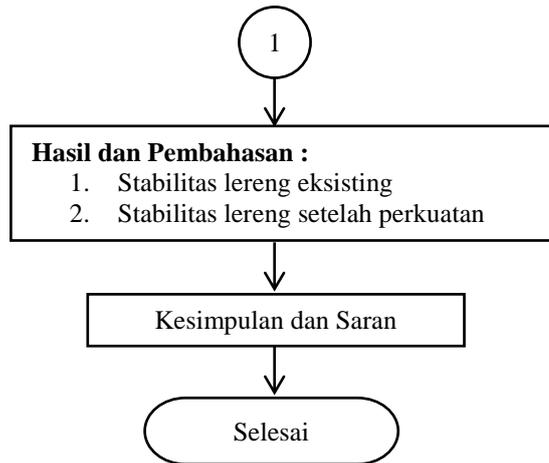
2. METODE PENELITIAN

Dalam analisis numeris penelitian ini digunakan program GeoStudio 2007 yang menggunakan teori kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*). Hasil dari program GeoStudio 2007 diantaranya yaitu faktor aman dan bidang gelincir. Pada dasarnya, asumsi model digunakan untuk menyederhanakan kondisi eksisting lapangan. Pemodelan GeoStudio 2007 metode keseimbangan batas ini menggunakan beberapa asumsi, diantaranya:

- a. Analisis model yang digunakan adalah *SLOPE/W* dengan persamaan kesetimbangan Ordinary/Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern and Price.
- b. Parameter tanah dan batuan pada profil lapisan pembentuk lereng diasumsikan homogen dan isotropis dengan kriteria keruntuhan yang digunakan adalah Mohr-Coulomb.
- c. Dalam proses menemukan bidang gelincir kritis secara keseluruhan digunakan metode *auto locate* dan *entry and exit* untuk titik yang ditinjau .

Tahapan kegiatan penelitian ditampilkan dalam bentuk bagan alir rencana penelitian pada Gambar 2 sebagai berikut:





Gambar 2: Bagan alir penelitian

Analisis dilakukan terhadap kondisi eksisting, adanya perkuatan menggunakan beton bertulang sampai lapisan batuan keras dan beban dinamis. Dilakukan dengan menggunakan tiga nilai PGA untuk beban dinamis yaitu 0,15g, 0,25g, dan 0,35g. Muka air tanah yang digunakan berdasarkan data sekunder *bor log* yaitu berada pada lapisan breksi batu apung. Untuk nilai properties lapisan penyusun lereng dapat dilihat secara detail dalam Tabel 3.

Tabel 3: Properties Lapisan Penyusun Lereng

Material	Model	Tipe	γ_b (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	k_x (m/hari)	k_y (m/hari)	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	ϕ (°)
Lempung	Mohr-Coulomb	Undrain ed	16	17	0,001	0,001	40530	30	7,20
Batupasir sedang tufan	Mohr-Coulomb	Drained	18	19	13,651	13,651	25000	30	30
Breksi batu apung	Mohr-Coulomb	Undrain ed	13,2	16,2	0,001	0,001	49988750	44989875	57,9
Batupasir tufan	Mohr-Coulomb	Drained	14,3	16,7	10,002	10,022	44989875	24994375	66,5

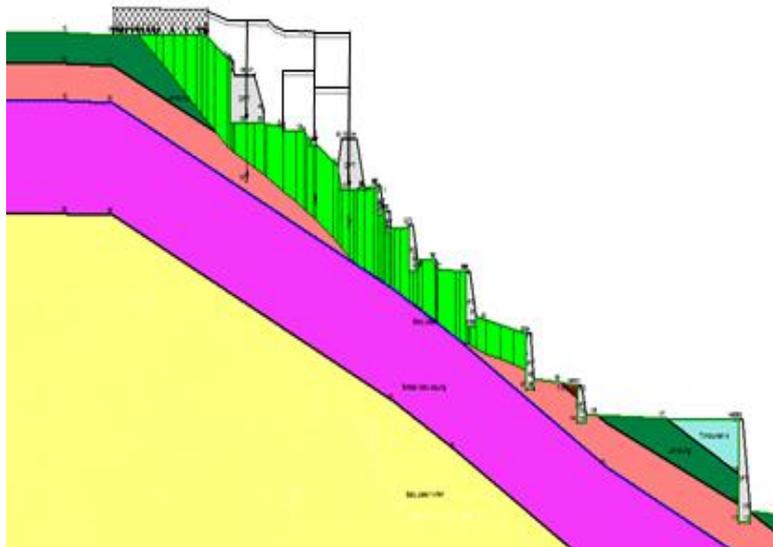
3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Kondisi eksisting

Analisis yang dilakukan pada kondisi eksisting ini, merupakan kondisi dimana beban yang bekerja adalah beban statis dan dinamis. Dengan asumsi bahwa tiga kolom di depan tetap berada pada tumpuan (tidak tergelincir). Detail dari analisis bidang gelincir dan faktor aman dengan menggunakan beban statis dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 merupakan bidang gelincir paling kritis pada keseluruhan lereng dengan empat persamaan kesetimbangan. Keseluruhan faktor aman yang didapat ditampilkan pada Tabel 4. Beban dinamis yang digunakan untuk analisis untuk kondisi eksisting adalah PGA 0,15g, 0,25g, dan 0,35g. Analisis dilakukan secara bertahap untuk setiap beban gempa. Hasil analisis faktor aman dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4: Faktor angka aman lereng eksisting

Kesetimbangan	Momen	Momen	Gaya	Momen	Gaya
Metode	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern and Price	
Kondisi eksisting statis	1,340	1,324	1,314	1,334	1,347



Gambar 3: Bidang gelincir kritis lereng eksisting

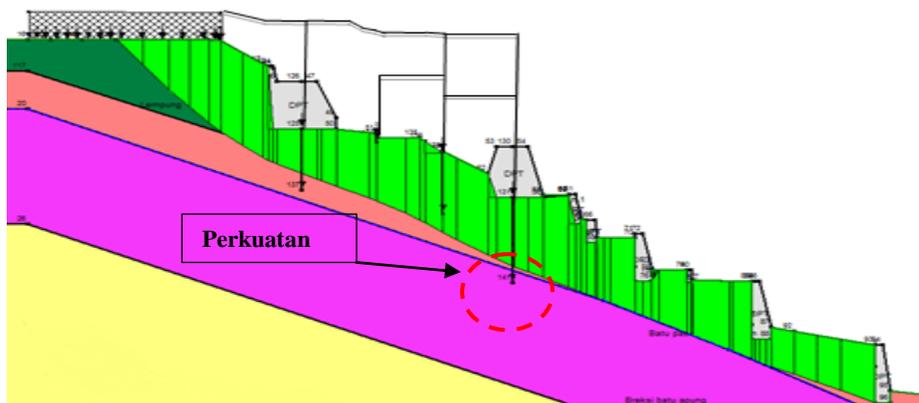
Tabel 5: Faktor angka aman lereng eksisting dengan beban dinamis

Keseimbangan	Metode	Momen	Momen	Gaya	Momen	Gaya
		Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern and Price	
Kondisi eksisting dinamis	PGA =0,15g	1,265	1,258	1,252	1,261	1,256
	PGA =0,25g	1,215	1,199	1,195	1,188	1,198
	PGA =0,35g	1,058	1,057	1,041	1,032	1,025

Hasil analisis menggunakan beban dinamis menunjukkan perubahan penurunan angka aman lereng, Nilai angka aman semakin menurun berdasarkan besar PGA yang digunakan, bahkan terjadi penurunan yang cukup drastis pada PGA 0,35g. Nilai angka aman lereng yang didapatkan mendekati angka aman lereng yang kritis yaitu 1,041. Hal ini disebabkan oleh beban dinamis yang berperan sebagai penambah gaya pendorong pada lereng tersebut.

3.2 Kondisi perkuatan

Setelah terjadinya gempa Yogyakarta 2006 dan adanya indikasi pergerakan pada lereng yang menandakan ketidakstabilan. Salah satu usaha yang dilakukan adalah pembangunan perkuatan pada Plaza Andrawina. Perkuatan ini terdapat pada kolom terluar dengan tiga kolom penyokong dengan fondasi perkuatan masuk sampai lapisan batuan breksi dengan kedalaman 0,5 m. Jenis perkuatan yang dilakukan menggunakan beton bertulang dan tinggi muka air yang digunakan sama dengan simulasi model sebelumnya yaitu berada pada lapisan batuan breksi batu apung. Detail dari analisis bidang gelincir dan faktor aman dengan menggunakan beban dinamis setelah perkuatan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Bidang gelincir kritis lereng setelah perkuatan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan beban dinamis menunjukkan kenaikan nilai angka aman lereng yang signifikan pada setiap nilai PGA yang digunakan. Untuk PGA 0.35 yang awalnya mendekati kritis setelah adanya perkuatan menjadi lebih stabil. Hasil analisis faktor aman dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6: Faktor angka aman lereng setelah perkuatan dan beban dinamis

	Kesetimbangan	Momen	Momen	Gaya	Momen	Gaya
	Metode	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern and Price	
Kondisi eksisting dinamis	PGA =0,15g	1,343	1,354	1,314	1,392	1,382
	PGA =0,25g	1,270	1,283	1,210	1,261	1,271
	PGA =0,35g	1,110	1,102	1,105	1,107	1,110

Dengan beberapa analisis yang telah dilakukan, terjadi penurunan nilai faktor aman lereng ketika menggunakan beban gempa. Nilai faktor aman lereng akan semakin menurun apabila semakin besar PGA yang digunakan. Setelah dilakukan pembangunan perkuatan pada Plaza Andrawina terjadi peningkatan angka aman lereng. Peningkatan terjadi pada setiap PGA yang digunakan, yaitu 0,15g, 0,25g, dan 0,35g. dengan adanya peningkatan angka aman ini, menandakan perkuatan yang dilakukan efektif untuk menjaga kestabilan lereng. Analisis yang telah dilakukan memberikan gambaran bahwa, nilai angka aman yang dihasilkan dari berbagai kondisi sampai dengan PGA 0,35g masih berada dalam kategori aman, sesuai dengan syarat-syarat angka aman yang disyaratkan oleh Bowles (1997) untuk lereng tanah, dan lereng batuan menurut Hoek (1991).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil analisis lereng menggunakan program *Slope/W* menunjukkan lokasi bidang gelincir kritis terletak di lapisan batu pasir. Analisis angka aman menggunakan *Slope/W* menunjukkan efektifitas perkuatan yang diusulkan. Dengan menambah perkuatan pada kolom terluar, angka aman meningkat menjadi 1,314 untuk PGA 0,15 dan 1,102 untuk PGA 0,35. Dengan meletakkan fondasi perkuatan pada lapisan batu breksi apung meningkatkan kestabilan lereng. Analisis yang telah dilakukan memberikan gambaran bahwa, nilai angka aman yang dihasilkan dari berbagai kondisi sampai dengan PGA 0,35g masih berada dalam kategori aman, sesuai dengan syarat-syarat angka aman yang disyaratkan oleh Bowles (1997) untuk lereng tanah, dan lereng batuan menurut Hoek (1991).

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design, Fifth Edition*. Washinton D.C: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data .
- Cheng, Y.M. and Lau, C.K. (2008). *Slope Stability Analysis and Stabilization*. London and New York: Routledge, Taylor & Francis Grup.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hoek, E., Torres, C. C., & Corkum, B. (2002). *Hoek Brown Failure Criterion - 2002 Edition*. Toronto: Rocscience Inc.
- Karnawati, D. (2005). *Geologi Umum dan Teknik*. Yogyakarta: Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Sarita, U. (2013). *Evaluasi Stabilitas Lereng Ratu Boko Berdasarkan Simulasi Numeris* . Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Suryolelono, K. B. (2002). *Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar*. Yogyakarta.