

# PENGARUH PEMBUATAN TERASERING PADA LERENG TERHADAP POTENSI LONGSOR

## *Influence of terrace in slope to landslide*

Sumiyanto<sup>#1</sup>, A.Adhe Noor PSH<sup>#2</sup>

sumiyanto@unsoed.ac.id

adhe.noor@unsoed.ac.id

Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Universitas Jenderal Soedirman

**Abstract**— Indonesia is one country with the population growth rate is large. This condition will require the opening of new land for settlement. Limited land sometimes requires people to open new land on the slope areas. Opening of new land on the slopes will use the method of cutting the slope to get flat land (terrace). Cutting this slope would result in increased potential for landslides due to slope stability menurunnya. Evaluation needs to be done at the opening of new land on the slopes, where the slope should remain stable after the porch is made. This research was conducted to evaluate the maximum terrace width was in stable condition. The model used in this study is a plane strain by the count to element method. The main purpose of this research is to obtain the maximum terrace width formula on a slope. Dilakukan analisis on three  $(\phi, c)$ , cohesion, (c) and angle of internal friction ( $\alpha$ variables, namely slope ( Variations to the variable angle between 30o - 55o intervals 5o, 5 kN/m2 cohesion between - 25 kN/m2 with intervals 5 kN/m2, and internal friction angle between 20o - 45o intervals 5o. Maximum terrace width count conducted for each combination of these variables. Formulation of the maximum terrace width is done by multiple linear regression methods, linear nin and a combination of both. Determining the best formula is based on the value of the correlation koefisien. Results formulations have two formulas is the formula for the maximum slope of the natural slope and a maximum width of the terrace on a slope.

**Keyword**— slope, landslide, terrace

### PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia yang besar yaitu sekitar 230 juta pada tahun 2009 dengan tingkat pertumbuhan 1,23% (Anonim, 2009) menuntut pembukaan lahan baru untuk pemukiman. Keterbatasan lahan datar dan kemampuan ekonomi menyebabkan penduduk terpaksa membuka lahan baru pada kawasan pegunungan. Hal ini akan menimbulkan bahaya tanah longsor, seperti yang pernah terjadi di Desa Sijeruk Kecamatan Banjarnegara Kabupaten Banjarnegara pada tanggal 3 Januari 2006 menelan 76 korban jiwa (Anonim, 2006), longsor di Desa Lodoksari Tawangmangu pada tanggal 26 Desember 2007 menelan korban 34 jiwa (Blontypix, 2007), longsor di Desa Jatisaba Cilongok Kabupaten Banyumas pada tanggal 11 November 2008 yang meledak 1 korban jiwa (Kompas, 2008). Berdasarkan data dari Harian Sinar Harapan (2008), akibat bencana tanah longsor pada tahun 2007 tercatat 312 korban meninggal dunia dan pada tahun 2008 sebanyak 88 jiwa.

Lereng pada kondisi alamiahnya biasanya pada kondisi stabil, namun perubahan oleh manusia akan menurunkan stabilitasnya. Pembukaan lahan baru pada lereng pegunungan dilakukan dengan memotong lereng. Hal ini dilakukan untuk membuat teras-teras datar yang sering disebut terasering. Pemotongan lereng untuk membuat teras akan menurunkan stabilitas lerengnya, yang tentunya semakin lebar teras yang dibuat, stabilitas lereng akan semakin kecil. Kajian terhadap lebar teras yang memungkinkan dibuat pada suatu

lereng perlu dilakukan sehingga masih pada kondisi stabil.

Berdasarkan latar belakang dan rumusan permasalahan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menentukan lebar terasering maksimum yang masih aman terhadap bahaya longsor, pada berbagai kondisi lereng. Hasil penelitian ini tentunya akan memberikan manfaat terhadap pencegahan bahaya longsor.

### TINJAUAN PUSTAKA

Stabilitas lereng ditentukan oleh kapasitas geser pada bidang geser (bidang longsor). Jika kapasitas geser terlampaui oleh beban geser dari masa tanah di atas bidang geser maka longsor akan terjadi. Dalam mekanika tanah, kapasitas gesernya ditentukan oleh parameter kohesi (c) dan sudut gesek internal tanah ( $\phi$ ). Formulasi nilai menurut Mohr-Coloumb (Hardiyatmo, 2002) disajikan dalam Persamaan 1.

$$\tau = c + \tan \phi \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

$\tau$  = tegangan geser (kN/m<sup>2</sup>),

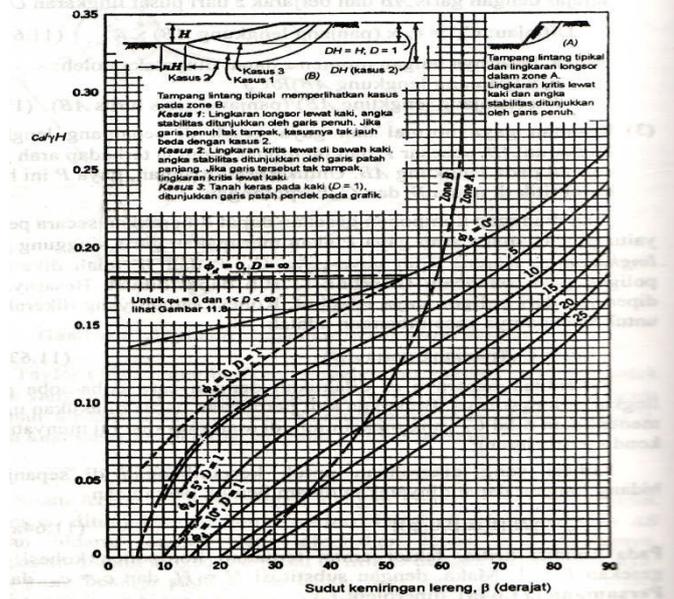
c = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>),

$\phi$  = sudut gesek internal tanah (o)

Keruntuhan lereng terjadi akibat kapasitas geser pada bidang geser terlampaui oleh tegangan geser akibat beban tanah di atasnya. Hal ini dapat terjadi akibat hilangnya penopang pada kaki lereng, bertambahnya beban di atas lereng, berkurangnya kapasitas geser

tanah, dan perubahan muka air tanah Vierhoef (1989). Pemotongan lereng untuk terasering akan mengurangi beban pada lereng, namun akan terbentuk bagian lereng yang tegak sehingga stabilitas lereng pada bagian tersebut akan berkurang.

Analisis stabilitas lereng awalnya dikembangkan dengan menganggap bidang longsor berupa bidang planar. Metode analisis ini cukup sederhana, namun mempunyai kelemahan karena di lapangan bentuk bidang longsor adalah lengkung. Analisis pendekatan bentuk bidang longsor lengkung lebih baik dari pada planar, namun hitungannya sangat kompleks dan memerlukan iterasi dalam menentukan bidang longsohnya. Salah satu metode analisis stabilitas lereng dengan asumsi bidang longsor lengkung telah dikembangkan oleh Taylor pada tahun 1948 dengan menggunakan grafik seperti pada Gambar 1 (Hardiyatmo, 2002).



Gambar 1 Grafik Taylor untuk analisis stabilitas lereng (Hardiyatmo, 2002).

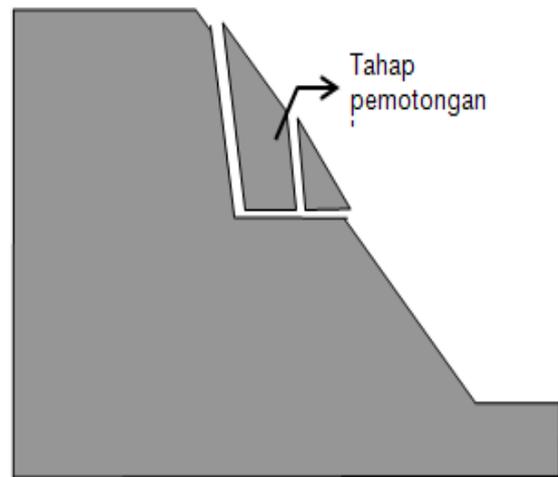
Metode elemen hingga merupakan salah satu metode numeris yang dikembangkan untuk analisis stabilitas lereng karena beberapa kelebihanannya. Pada metode ini, bidang longsor akan dihasilkan berdasarkan hasil hitungan sehingga tidak perlu ditentukan terlebih dahulu. Gaya-gaya dalam (tegangan-regangan) yang terjadi dapat dihitung pada setiap bagian lereng. Namun demikian, persamaan yang akan diselesaikan dalam hitungan ini akan cukup besar sehingga perlu diselesaikan dengan bantuan komputer.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis pada model lereng yang dibuat terasering. Pada umumnya lereng penguungan adalah sangat panjang (infinite), sehingga dapat dimodelkan dalam 2 dimensi

(plane strain). Analisis stabilitas lereng dilakukan pada dengan terasering pada berbagai kondisi lereng, yaitu dengan variasi kemiringan lereng, kondisi tanah (nilai  $c$  dan  $\phi$ ), dan lebar teras. Hitungan dilakukan dengan metode elemen hingga (FEM), menggunakan software Plaxis versi 7.2.

Lereng alam disederhanakan dalam model dua dimensi (plane strain). Model dibuat untuk menggambarkan lereng setinggi 30 meter, dengan kemiringan lereng ( $\alpha$ ) dibuat bervariasi antara 30o sampai 70o, dengan variasi  $\alpha = 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ$  dan  $70^\circ$ . Lereng alamiah dipotong untuk membuat teras secara bertahap dengan tahapan pemotongan selebar 0,50 meter sampai terjadi longsor Gambar 2.



Gambar 2 Skema tahapan pemotongan lereng.

Hasil analisis dievaluasi dengan membuat grafik hubungan antara lebar teras maksimum (B) dengan kemiringan lereng alamiahnya ( $\alpha$ ), kohesi ( $c$ ), dan sudut gesek internalnya ( $\phi$ ). Berdasarkan hasil analisis tersebut dilakukan evaluasi berapa lebar teras yang diijinkan jika akan membuat teras pada lereng.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Validasi

Validasi alat software bantu Plaxis 7.2 dilakukan pada lereng sederhana (tanpa teras). Hal ini dilakukan agar dapat dibandingkan dengan hasil hitungan manual dengan metode Taylor. Hasil hitungan nilai SF hasil running program dan hitungan dengan metode Taylor pada beberapa nilai kemiringan lereng ditampilkan dalam Tabel 1. Evaluasi dari data tersebut menunjukkan bahwa rata-rata perbedaan nilai SF hasil running program terhadap metode Taylor adalah sebesar 6,22 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa analisis dengan metode elemen hingga menggunakan Plaxis 7.2 memberikan hasil yang cukup baik.

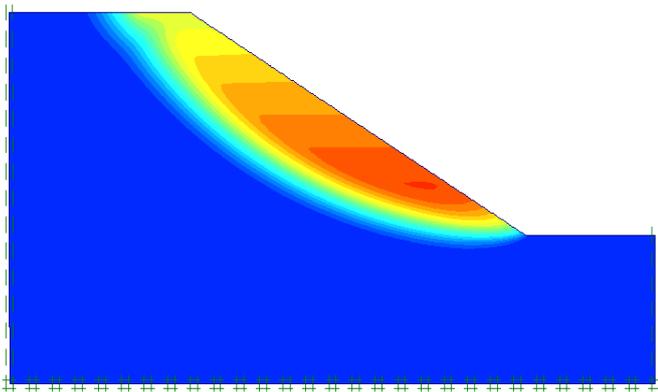
TABEL 1 DATA NILAI SF METODE TAYLOR DAN RUNNING PROGRAM

C	$\phi$	$\alpha$	SF-Taylor	SF-Model	ERR
15	25	30	1,2	1,188	1,00%
20	25	30	1,3	1,326	2,00%
25	25	30	1,4	1,410	0,71%
25	25	35	1,2	1,225	2,08%
10	30	35	1,0	1,105	10,50%
15	30	35	1,3	1,215	6,54%
20	30	35	1,4	1,306	6,71%
25	30	35	1,5	1,399	6,73%
15	35	40	1,0	1,106	10,60%
20	35	40	1,1	1,224	11,27%
25	35	40	1,2	1,323	10,25%

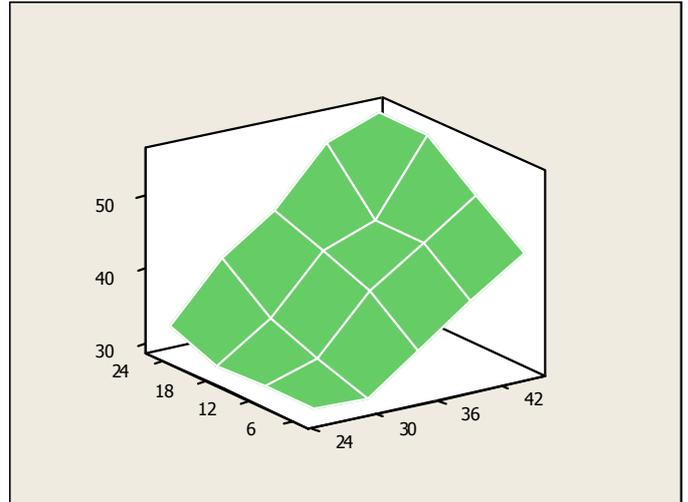
**B. Lereng Alamiah**

Sebelum dibuat teras, lereng pada kondisi alamiah. Analisis stabilitas lereng alamiah ini perlu dilakukan untuk mendapatkan besarnya kemiringan lereng maksimum ( $\alpha_{mak}$ ) yang masih pada kondisi stabil. Analisis stabilitas lereng alamiah ini dilakukan pada nilai 5, 10, 15, 20 dan 25 kN/m<sup>2</sup>. Besarnya sudut gesek internal tanah maksimum 45°, dengan interval 5°. Besarnya kemiringan lereng alam bervariasi antara 30° sampai 60° dengan interval 5°.

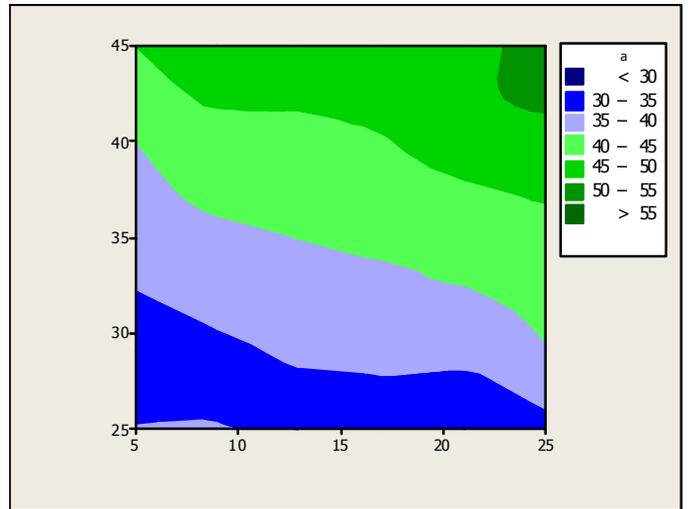
Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa bidang longsor berbentuk lengkung (Gambar 3), sehingga sesuai dengan kondisi di lapangan maupun metode Taylor. Ploting data hasil analisis kemiringan lereng maksimum  $\alpha_{mak}$  pada berbagai variasi nilai c dan  $\phi$ , ditampilkan dalam Gambar 4 dan Gambar 5. Berdasarkan pengamatan kedua grafik tersebut nampak bahwa nilai  $\phi$  lebih dominan berpengaruh terhadap besarnya kemiringan lereng maksimum ( $\alpha_{mak}$ ) dibandingkan pengaruh nilai c.



Gambar 3 Kontur pergerakan tanah horisontal.



Gambar 4 Grafik tiga dimensi hubungan antara c,  $\phi$  terhadap  $\alpha_{mak}$ .

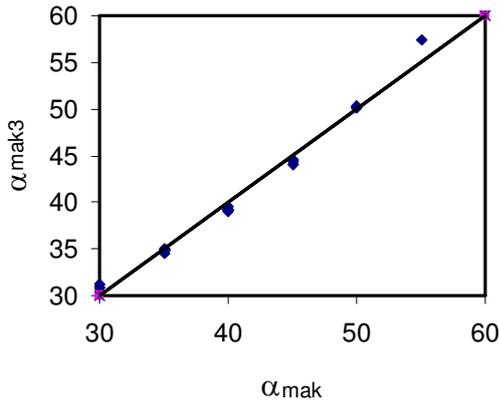


Gambar 5 Kontur kemiringan lereng maksimum ( $\alpha_{mak}$ ) terhadap nilai c,  $\phi$ .

Formulasi kemiringan lereng maksimum dilakukan untuk mendapatkan persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai kemiringan lereng maksimum untuk tanah dengan nilai c dan  $\phi$  tertentu. Formulasi dilakukan dengan metode regresi multi variabel, dengan variabel yang digunakan adalah c,  $\tan(\phi)$  dan  $\tan(\alpha_{mak})$ . Hasil formulasi nilai  $\alpha_{mak}$  ditampilkan dalam Persamaan 2.

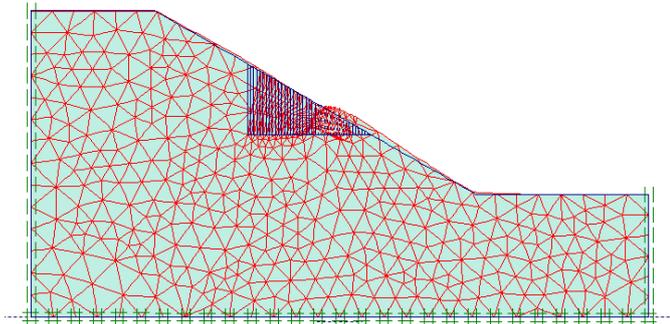
$$\alpha_{mak} = \arctan(-0,290 + 0,0145.c + 1,31.\tan \phi) \dots\dots\dots(2)$$

Perbandingan besarnya kemiringan lereng maksimum antara hasil analisis dan formulasi ditampilkan dalam Gambar 6. Koefisien korelasi kedua data tersebut adalah 0,993.

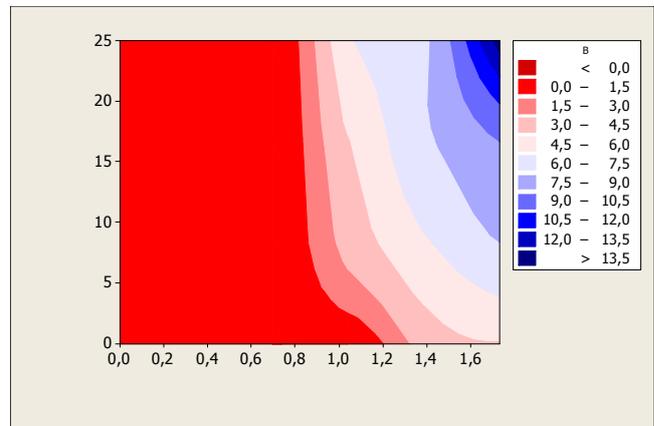


Gambar 6 Ploting data kemiringan lereng maksimum antara hasil analisis dan hasil formulasi metode II.

Pemotongan lereng pada penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan lebar tahapan adalah 0,5 m. Hitungan dilakukan sampai lereng pada kondisi tidak stabil, sehingga didapatkan nilai lebar teras maksimum (B) lereng masih stabil. Pergerakan lereng akibat pemotongan ditampilkan dalam Gambar 7 dan Gambar 8. Dari kedua gambar tersebut nampak bahwa pemotongan lereng akan menyebabkan deformasi tanah disekitar teras.

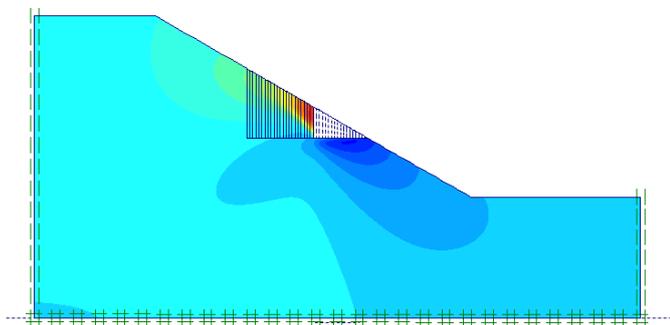


Gambar 9 Ploting data B hasil analisis terhadap nilai c dan  $\psi$ .



Gambar 10 Kontur nilai B hasil analisis dalam grafik c dan  $\psi$ .

Gambar 7 Pergerakan teras pada lereng dengan kemiringan 30°.



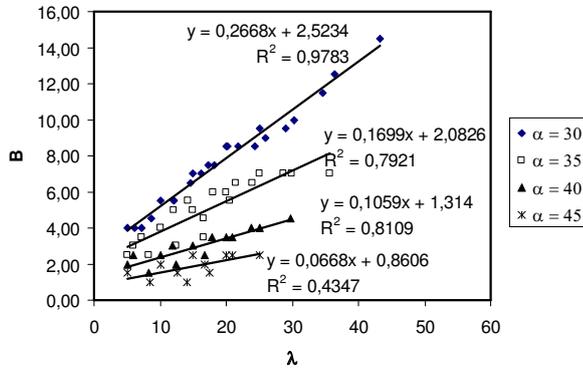
Gambar 8 Pergerakan horisontal pada lereng dengan kemiringan 30°.

Berdasarkan hasil analisis akan didapatkan data dengan 4 (empat) variable, yaitu B,  $\alpha$ , c, dan  $\phi$ . Untuk memudahkan visualisasi maka dilakukan reduksi jumlah variable bebas dari 3 menjadi 2 variable, yaitu dengan memunculkan variabel baru yaitu  $\psi$ , dimana  $\psi$  sama dengan perbandingan antara  $\tan \phi$  dan  $\tan \alpha$ . Selanjutnya data nilai c,  $\psi$ , dan B diplot dalam grafik tiga dimensi seperti pada Gambar 9 dan kontur nilai B dalam Gambar 10. Dari kedua gambar tersebut nampak bahwa nilai lebar teras maksimum (B) berbanding lurus dengan nilai c dan  $\psi$ .

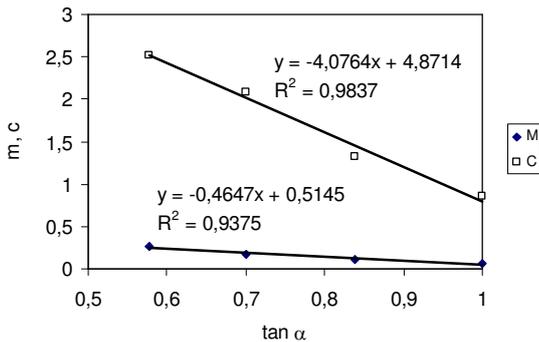
Formulasi dilakukan dengan cara mereduksi variable dengan memunculkan variable baru  $\lambda$ , dimana  $\lambda = c \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$ . Selanjutnya dicari hubungan antara B dan  $\lambda$  untuk setiap nilai  $\alpha$  (Gambar 11). Berdasarkan Gambar 11 nampak bahwa hubungan antara  $\lambda$  dan B adalah linier untuk setiap nilai  $\alpha$ , sehingga dapat dibuat 4 persamaan regresi linier (Persamaan 3), dengan 4 (empat) nilai m dan 4 (empat) nilai c.

$$B = m\lambda + c \dots\dots\dots(3)$$

Selanjutnya nilai-nilai m dan c tersebut dibuat persamaan regresinya dengan variable bebasnya adalah  $\tan \alpha$ , dan didapatkan bentuk persamaan linier (**Error! Reference source not found.**).



Gambar 11 Hubungan antara lebar teras maksimum B dan  $\lambda$  untuk berbagai kondisi kemiringan lereng ( $\alpha$ ).



Gambar 12 Formulasi besarnya nilai m dan c terhadap besarnya kemiringan lereng ( $\alpha$ ).

Berdasarkan Gambar 12 dapat dituliskan persamaan untuk nilai c dan m, yaitu sebagai Persamaan 4.7 dan 4.8.

$$m = -0,4647 \cdot \tan \alpha + 0,5145 \dots\dots\dots(4)$$

$$c = -4,0764 \cdot \tan \alpha + 4,8714 \dots\dots\dots(5)$$

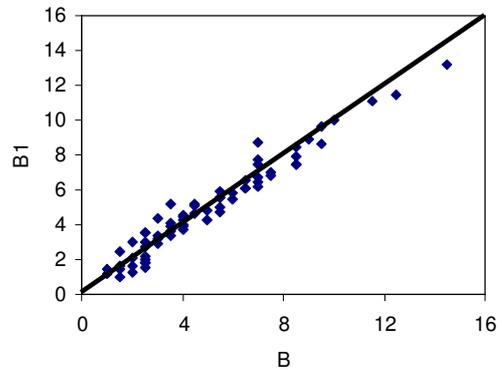
Jika Persamaan 4 dan 5 disubstitusikan ke dalam Persamaan 3, maka dapat ditulis menjadi Persamaan 6.

$$B = [-0,4647 \cdot \tan \alpha + 0,5145]\lambda - 4,0764 \cdot \tan \alpha + 4,8714 \dots(6)$$

Selanjutnya persamaan disubstitusikan kedalam Persamaan 6 akan menjadi Persamaan 7.

$$B = [-0,4647 \cdot \tan \alpha + 0,5145]c \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} - 4,0764 \cdot \tan \alpha + 4,8714 \dots(7)$$

Korelasi nilai lebar teras maksimum hasil running software analisis (B) dan hasil formulasi (B1) ditampilkan dalam Gambar 13. Nilai koefisien korelasi kedua data tersebut adalah sebesar 0,976.



Gambar 13 Hubungan antara nilai B hasil analisis dan hasil formulasi.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dalam penelitian ini dapat disimpulkan dua hal sebagai berikut ini.

1) *Besarnya kemiringan lereng maksimum ( $\alpha_{mak}$ ) yang masih pada kondisi stabil dapat digunakan persamaan berikut ini :*

$$\alpha_{mak} = \arctan(-0,290 + 0,0145 \cdot c + 1,31 \cdot \tan \phi)$$

2) *Lebar teras maksimum (B) yang dapat dibuat pada suatu lereng dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :*

$$B = [-0,4647 \cdot \tan \alpha + 0,5145]c \frac{\tan \phi}{\tan \alpha} - 4,0764 \cdot \tan \alpha + 4,8714$$

#### B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan bahwa untuk tidak melakukan pemotongan lereng untuk membuat teras jika kondisi kemiringannya lebih besar dari nilai  $\alpha_{mak}$ . Lebar teras pada pemotongan lereng disarankan tidak melebihi lebar maksimum (B).

### DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2006, Tanah Longsor Desa Sijeruk Banjarnegara, Jawa Tengan, <http://www.bsmi-semarang.or.id/v2/index.php/kiprah/4-kiprah/4-tanah-longsor-sijeruk-banjarnegara>, upload :1 Juni 2006, akses : 3 januri 2009.  
 Anonim, 2009, Proyeksi Penduduk 200-20025, <http://www.datastatistik->

- indonesia.com/proyeksi/index.php?option=com\_proyeksi&Itemid=941, upload: 2 Januari 2009, akses: 3 Januari 2009.
- Blontypix, 2007, Tragedi Longsor Tawangmangu, <http://blontankpoer.blogspot.com/2007/12/31/tragedi-longsor-tawangmangu/>, upload: 31 Desember 2007, akses: 3 Januari 2009.
- Chen, H., Lee, C.F., dan Law, K.T., 2004, Causative Mechanism of Rainfall-Induced Fill Slope Failures, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* ed. June 2004, ASCE.
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah II*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Kompas, 2008, Longsor di banyumas 1 Tewas, <http://kompas.co.id/read/xml/2008/11/19/21044363/longsor.di.banyumas.1.tewas>, upload: 19 November 2008, akses: 3 Januari 2009
- Sinar Harapan, 2008, Lonsor Tewaskan 88 Orang Ditahun 2008, <http://www.sinarharapan.co.id/berita/0812/31/kesra02.html>, upload: 31 Desember 2008, akses: 3 Januari 2009
- Vierhoef, P.N.W., 1989, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, alih bahasa: E. Diraatmaja, Penerbit Erlangga, Jakarta.