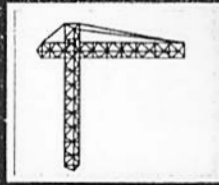




ITS

Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROGRAM PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL



PROSIDING SEMINAR NASIONAL Teknik Sipil VIII 2012

ISBN 978-979-99327-7-8

**“Pembangunan Berkelanjutan
Transportasi dan Infrastruktur”**

Surabaya, 2 Februari 2012



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNIK SIPIL VIII-2012**

ISBN 978-979-99327-7-8

**PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN
TRANSPORTASI DAN INFRASTRUKTUR**

**PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

PENGARUH VARIASI PANJANG DAN LOKASI PENEMPATAN PERKUATAN TIANG MINI BAMBU KOMPOSIT PADA PEMODELAN STABILITAS LERENG

As'ad Munawir¹, Sri Murni Dewi¹, Agoes Soehardjono, MD¹ dan Yulvi Zaika¹

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang, Jl. MT Haryono 167 Malang 65145
Indonesia, e-mail : a_munawir@yahoo.com

ABSTRAK

Fenomena kelongsoran masih menjadi isu yang berkelanjutan terjadi pada berbagai kasus kelongsoran khususnya kelongsoran pada lereng. Untuk mencegah terjadinya bahaya kelongsoran dan memperoleh solusi yang aman, maka perlu diadakan investigasi yang cermat terhadap kondisi kestabilan lereng dari suatu jenis tanah. Penggunaan tiang untuk menstabilisasi kelongsoran aktif, dan sebagai tindakan pencegahan pada lereng yang tidak stabil, menjadi salah satu teknik perkuatan lereng inovatif yang penting dalam beberapa tahun belakangan ini. Maka perlu untuk dilakukan sebuah penelitian lebih mendalam terkait perilaku tiang dalam metode perkuatan tanah tersebut. Sehingga dapat diketahui bagaimana pengaruh daya dukung sebelum dan setelah dipasang tiang, dapat diketahui hubungan antara tiang dengan beban runtuh maksimum yang dapat ditahan, dapat mengetahui nilai dari angka keamanan lereng yang diperkuat dengan tiang, dapat diketahui lokasi optimum dalam penempatan lokasi tiang serta dapat diketahui reaksi dan gaya-gaya yang terjadi pada tiang. Dalam penelitian ini digunakan pasir bergradasi halus dan tiang mini bambu komposit dengan variasi parameter diameter tiang, panjang tiang, jarak antar tiang dan lokasi tiang. Penelitian dilakukan di dalam bak uji berukuran ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi 1,0 m. Pembebanan dilakukan dengan menambahkan beban secara bertahap hingga mencapai beban runtuh pada pemodelan lereng. Beban dimodelkan sebagai *strip footing* yang menyalurkan beban dari *load cell*. Masalah yang terjadi di laboratorium dianalisis dengan menggunakan *Finite Element Method*, dengan mengubah bentuk pemodelan lereng 3D menjadi pemodelan 2D. Penggunaan tiang mini bertulangan bambu/bambu komposit dipilih karena dari tinjauan aspek rekayasa pelaksanaan jauh lebih mudah, teknologi tepat guna, dan sebagai inovasi baru pemanfaatan bambu sebagai penulangan perkuatan tiang, sebagai nilai tambah pemanfaatan bahan lokal tulangan bambu sebagai pengganti tulangan baja. Tiang yang digunakan pada stabilisasi lereng akan menerima beban gaya lateral tanah yang diakibatkan oleh perpindahan horizontal tanah di sekitarnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkuatan pada lereng yang tidak stabil akan meningkatkan daya dukung dan angka keamanan terhadap kegagalan geser serta panjang tiang dan penempatan lokasi tiang memberikan pengaruh dibandingkan lereng tanpa menggunakan tiang. Setelah menggunakan tiang didapatkan terjadi peningkatan daya dukung tanah terbukti dengan meningkatnya beban runtuh maksimum yang dapat ditahan lereng.

Kata-kata kunci: Perkuatan lereng, tiang mini bambu komposit, stabilitas lereng, *bearing capacity improvement*, *safety factor*.

1. Pendahuluan

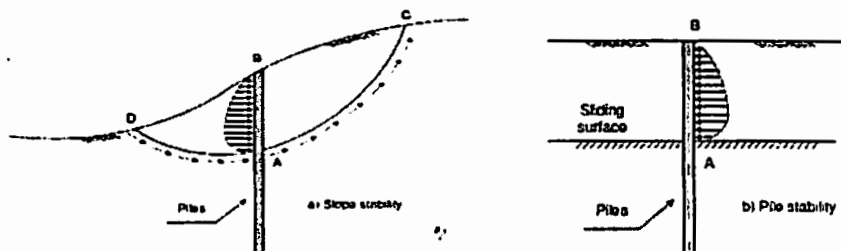
Terdapat sejumlah situasi dimana pondasi dangkal dibangun pada permukaan dan dekat dengan permukaan lereng seperti pondasi untuk abutment jembatan di atas timbunan lereng, pondasi dangkal di permukaan lereng-lereng alami maupun buatan. Ketika pondasi dangkal diletakkan diatas permukaan lereng, daya dukung pondasi dan stabilitas lereng akan berkurang secara signifikan tergantung letak pondasi terhadap kemiringan lereng. Untuk mengatasi problematika pergerakan tanah atau potensi longsor, digunakan sistem perkuatan lereng dengan melakukan pemasangan dan pemancangan tiang mini bambu komposit guna meningkatkan daya dukung pondasi

sekaligus meningkatkan stabilitas lerengnya. Salah satu cara perkuatan tanah pada lereng yang akhir-akhir ini sedang dikembangkan adalah dengan cara memancangkan tiang pada puncak atau pada lerengnya, berfungsi sebagai elemen pengekan dan sekaligus penahan gaya-gaya lateral yang bekerja dengan mereduksi gaya lateral melalui transfer gaya tersebut kepada penahan tiang-tiang mini bambu komposit (*mini tiang*) yang dipancang pada jarak tertentu pada lereng. Beberapa studi penelitian telah dilakukan dengan menggunakan tiang sebagai elemen perkuatan lereng telah berhasil dengan sukses memperbaiki sekaligus meningkatkan stabilitas lereng (De Beer dan Wallays, 1970; Ito dan Matsui, 1975; Ito et al, 1981; Viggiani, 1981; Ito et al, 1982; Poulos, 1995; Lee et al, 1995; Hong dan Han, 1996; Chen et al, 1997; Hassiotis et al, 1997; Ausilio et al, 2001; Hull dan Poulos, 1999; Cai dan Ugai, 2000; Won et al, 2005; Eng Chew Ang, 2005; Lee dan Wang, 2006; Wei dan Cheng, 2009). Ito dan Matsui (1975) telah mengusulkan metode analisis gaya lateral yang bekerja pada tiang yang digunakan untuk memperkuat lereng yang diperkuat tiang ketika tanah disekitar tiang terjadi slip. Ito et al (1981,1982) mengembangkan disain menggunakan metode keseimbangan limit (*limit equilibrium method*) pada lereng yang diperkuat tiang. Poulos (1995) menggunakan pendekatan untuk disain pada lereng yang diperkuat dengan tiang dengan pendekatan keseimbangan limit (*limit equilibrium approach*), dengan menentukan tegangan geser total yang dibutuhkan tiang untuk meningkatkan faktor keamanan dan gaya geser maksimum yang dapat disediakan pada masing-masing tiang dan menetapkan variabel jarak antar tiang, bentuk tiang dan letak tiang pada daerah lereng digunakan sebagai variabel yang berpengaruh terhadap peningkatan faktor keamanan pada lereng yang diperkuat. Hassiotis et al (1997), mengajukan dan mengusulkan metode untuk disain lereng yang diperkuat tiang dengan satu baris tiang berdasarkan teori plastisitas (*plastic state theory*) Ito dan Matsui (1975) yang digunakan untuk mendapatkan gaya lateral yang bekerja pada penampang tiang diatas permukaan kritis tanah yang mengalami potensi kegagalan geser. Chen et al (1997), mengusulkan prosedur teoritis untuk analisis respon tiang vertikal yang mengalami deformasi lateral melalui penggunaan analisis elemen batas yang disederhanakan (*simplified boundary element*). Ausilio et al (2001), menyatakan ketika tiang dipancang dalam lereng, perlawanan lateral tiang akan mengubah faktor keamanan lereng dan mekanisme runtuh yang berhubungan dengan tanpa perkuatan tiang. Chai dan Ugai (2000) menggunakan metode elemen hingga tiga dimensi dengan pendekatan *shear strength reduction method* (SRM) dan menyimpulkan bahwa posisi terbaik tiang yang dipancang pada lereng adalah ditengah-tengah lereng. Won et al (2005) juga menggunakan pendekatan metode elemen hingga tiga dimensi untuk menentukan lokasi yang paling kritis tiang yang dipancang pada lereng. Eng Chew Ang (2005) menggunakan pendekatan metode numerik elemen hingga dua dimensi dengan metode keseimbangan batas menunjukkan hasil yang sama dengan pendekatan metode elemen hingga tiga dimensi. Mostafa A. El Sawwaf (2004), mengusulkan lokasi terbaik tiang untuk stabilitas lereng yang diperkuat tiang adalah ada dipuncak lereng dengan memperhatikan daya dukung pondasi menerus pada puncak lereng adalah hal yang utama. Lee dan Wang (2006) mengusulkan metode analisis stabilitas lereng yang diperkuat tiang untuk analisis tiang pada lereng menggunakan metode analisis batas (*limit analysis method*) yang menunjukkan lokasi yang paling optimum dari posisi tiang pada lereng adalah dari tengah-tengah lereng sampai ke puncak lereng. Wei dan Cheng (2009) mengusulkan analisis perkuatan lereng dengan tiang untuk satu baris tiang menggunakan metode elemen hingga tiga dimensi dengan pendekatan analisis reduksi kekuatan (SRM) yang menunjukkan posisi optimum

terbaik tiang adalah jika tiang dipancang satu baris berada antara tengah-tengah lereng dan tengah-tengah bidang keruntuhan lereng tanpa diperkuat tiang.

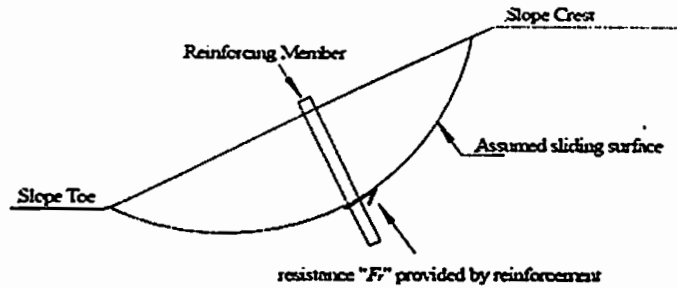
Sejumlah studi teoritik berbasis keseimbangan plastis telah disampaikan untuk menentukan daya dukung pondasi pada daerah dekat lereng menggunakan teori keseimbangan plastis (Meyerhof, 1957; Sokolovski, 1960 dan Chen, 1969 dalam Kunitomo Narita dan Hakuju Yamaguchi, 1990). Hasil uji eksperimental terhadap pondasi yang terletak pada daerah dekat lereng telah dilakukan (Uchida et al., 1974, 1975; Shields et al., 1977; Akai et al., 1980; Kusakabe et al., 1981; Saito et al., 1981 dan Terashi et al., 1986 dalam Kunitomo Narita dan Hakuju Yamaguchi, 1990). Hasil studi laboratorium menggunakan model test skala kecil/*small scale model test* pada lereng telah dilakukan oleh Poulos et al., 1995; Chen et al., 1977; Pan et al., 2000, El Sawwaf, 2004; Muthukumar et al., 2004 dan W.R. Azzam et al., 2010, menunjukkan jarak antar tiang dalam baris, diameter tiang, kekakuan tiang, kekangan kepala tiang dan sifat-sifat tanah akan mempengaruhi stabilitas tanah dan stabilitas tiang.

Salah satu perhatian utama dalam mengevaluasi stabilitas sistim lereng yang diperkuat tiang adalah tekanan tanah pada kondisi batas (*limit soil pressure*) yang dapat dimobilisasi di permukaan sistem tanah dan tiang (*tiang-soil interface*) atau tekanan di mana tanah akan mengalami keruntuhan oleh fenomena mengalirnya/bergeraknya tanah disekitar atau antar tiang. Terdapat dua sistim analisis pada stabilitas global sistim perkuatan pada lereng yaitu stabilitas tiang (*tiang-stability*) dan stabilitas lereng (*slope-stability*) terlihat pada gambar 1.



Gambar 1 : Stabilitas lereng dan stabilitas tiang (Seyhan Firat, 2009)

Jika gaya lateral yang bekerja pada tiang atau gaya reaksi tiang pada permukaan runtuh dapat ditentukan maka stabilitas tiang dapat dianalisis (gambar 1b). Gaya lateral maksimum yang bekerja pada tiang/active tiang dilakukan dengan analisis stabilitas tiang. Gaya lateral maksimum yang bekerja akan tertahan pada bidang runtuh tanah-tiang akan mencegah kegagalan lereng (gambar 1b) dan stabilitas lereng dapat dianalisis menggunakan teori keseimbangan batas atau metode elemen hingga yang merupakan gaya reaksi total tiang dalam baris yang ditambahkan pada gaya lateral akibat kekuatan geser tanah sepanjang permukaan runtuh (gambar 2).



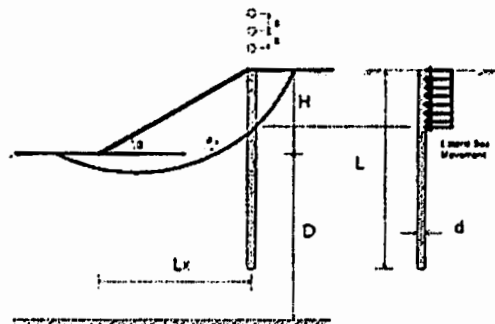
Gambar 2 : Efek penambahan elemen perkuatan dalam meningkatkan stabilitas lereng (Eng Chew Ang, 2005)

Terdapat beberapa metode untuk menganalisis besar tekanan tanah yang bekerja pada lereng yang diperkuat tiang. Salah satu metode berbasis teoritik yang diperkenalkan oleh Ito dan Matsui (1975) dan De Beer dan Carpentier (1977).

2. Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Tiang

2.1 Analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCI)

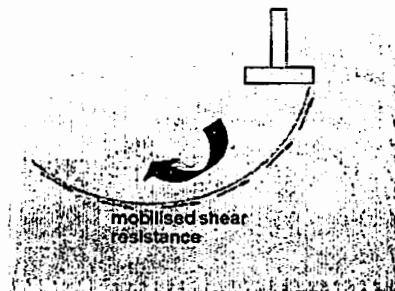
Faktor *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah suatu faktor yang menjelaskan perbandingan antara beban runtuh maksimum saat diberi perkuatan tiang dengan beban runtuh maksimum tanpa perkuatan. Pertambahan nilai BCI menggambarkan semakin meningkatnya kestabilan suatu lereng setelah diberikan perkuatan. Hal ini dapat dilihat dari semakin besarnya beban yang mampu ditahan oleh lereng setelah diberikan perkuatan dibandingkan sebelum diberikan perkuatan dikarenakan gaya akibat beban ditransfer oleh tanah menuju perkuatan yang diberikan seperti digambarkan pada gambar 3.



Gambar 3 : Analisis stabilitas lereng menggunakan perkuatan tiang

2.2 Analisis Stabilitas lereng

Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa angka keamanan global untuk stabilitas lereng yang diperkuat tiang adalah diestimasi dari keseimbangan batas atau metode elemen hingga. Duncan (1996), menyatakan bahwa analisis stabilitas lereng yang diperkuat tiang dapat diadopsi dengan metode yang sama dengan analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan, dimana gaya perkuatan tiang memberikan kontribusi gaya-gaya keseimbangan dalam persamaan stabilitas untuk lereng tanpa perkuatan. Ito et al. (1979) mengusulkan analisis stabilitas lereng yang diperkuat tiang bor untuk menahan momen geser yang dapat terjadi seperti ditunjukkan gambar 4.



Gambar 4 : Momen geser yang terjadi akibat gaya luar pada lereng

Faktor keamanan stabilitas lereng yang diperkuat sebagai berikut :

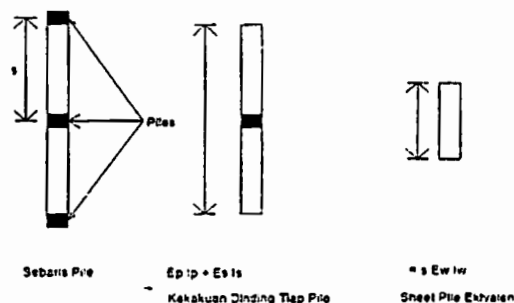
$$(FS)_{\text{lereng}} = \frac{M_r}{M_d} = \frac{M_{rs} + M_{rp}}{M_d} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

- M_r = momen perlawanan
- M_d = momen pendorong
- M_{rs} = momen perlawanan sepanjang permukaan lingkaran kritis
- M_{rp} = pertambahan perlawanan momen perkuatan tiang

2.3 Analisis *Safety Factor* dengan menggunakan *Finite Element Method*

Pada penelitian ini, digunakan program PLAXIS 8.2 sebagai program *Finite Element Method* untuk menganalisis nilai *safety factor* lereng. PLAXIS 8.2 digunakan permodelan 2D yang sangat berbeda dengan pemodelan laboratorium yang merupakan pemodelan 3D. Untuk mengetahui pengaruh jarak dan diameter tiang tidak bisa langsung memasukkan nilai material ke dalam input awal. Besarnya diameter dan jarak antar tiang harus diubah terlebih dahulu kedalam bentuk EI dan EA. Selanjutnya, dilakukan transformasi nilai EI dan EA baik tiang maupun tanah ke dalam bentuk EI *equivalen*. Randolph dan Steward et al, melakukan analisis *plane strain* dengan mengekivalensikan tiang yang digunakan dalam pemodelan dengan dinding turap yang memiliki kekakuan yang sama dengan rata-rata kekakuan yang dimiliki tiang dan tanah itu sendiri, seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Dengan demikian, analisis dapat dilakukan dengan menggunakan nilai transformasi tiang dan tanah ke dalam bentuk EI *equivalen*.

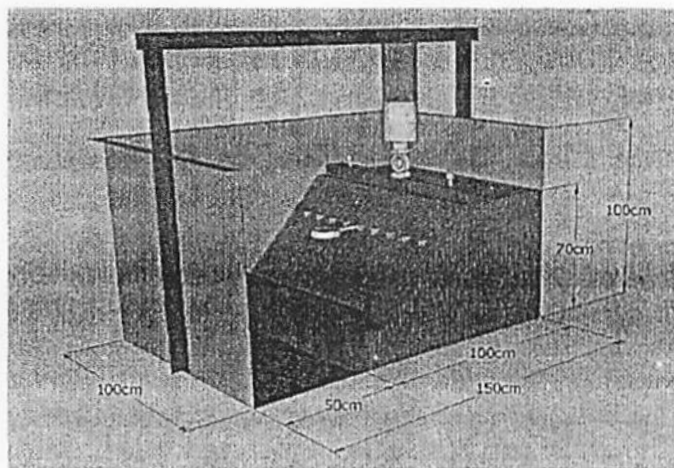


Gambar 5 : Transformasi nilai EI dan EA tiang dan tanah

3. Model test laboratorium

3.1 Model box dan pondasi

Elemen utama yang digunakan antara lain box, terbuat dari *fiber glass* dengan ukuran panjang 1,50 m, lebar 1,0 m dan tinggi box 1,0 m. Dasar box menggunakan pelat baja tebal 1,2 cm sedangkan keliling box menggunakan fiber dengan ketebalan 1,2 cm. Pelat pengaku dipasang pada sudut-sudut box menggunakan pelat strip baja siku 40.40.4. Box dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan bidang dengan memberikan perkuatan di sekeliling bagian tengah ke empat sisi fiberglass dengan menggunakan pelat siku baja 40.40.4. Penggunaan fiberglass diharapkan dapat digunakan supaya dapat diamati dan dilihat saat pelaksanaan. Gambar box terlihat di gambar 6.



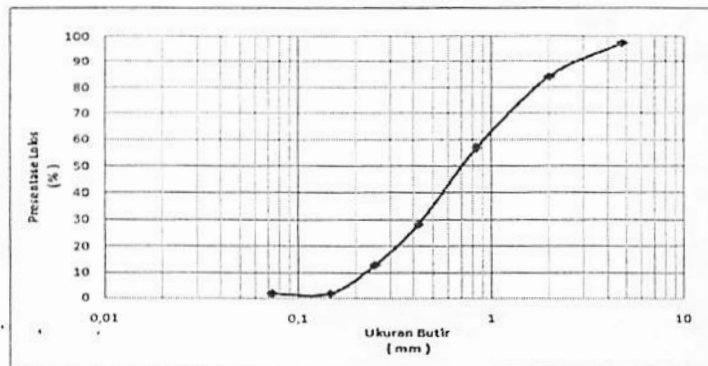
Gambar 6 : Box pengujian

Sistim pembebanan terdiri dari hydraulic jack yang dioperasikan secara manual dengan kapasitas 10 ton dan *load cell* yang telah dikalibrasi sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi menggunakan kapasitas 10 ton melalui pembacaan *proving ring*. Pondasi dirancang diletakkan diatas permukaan lereng yang dihubungkan dengan dongkrak hidrolik. Ujung atas dari dongkrak hidrolik dihubungkan dengan *reaction beam* yang terkekang pada rangka utama baja. Sebuah pondasi menerus dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 10 cm dan tebal 10 cm dan pondasi tiang mini dengan panjang 30 cm, 35 cm, 40 cm dan 45 cm; diameter 1,27 cm; 1,91 cm; 2,54 cm dan 3,18 cm; jarak pusat ke pusat 7,5 cm; 10 cm; 12,5 cm dan 15 cm terbuat dari bahan beton komposit bertulangan bambu, dibebani secara terpusat oleh *hydraulic jack* melalui *reaction beam*. Proses pemberian beban menggunakan kendali kontrol tegangan (*stress control*) yang dihubungkan dengan dua *dial gauge* untuk mengukur deformasi pondasi.

3.2 Pengujian Bahan Pasir

Bahan pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah halus sampai medium, dicuci bersih kemudian dikeringkan dan dipilih partikelnya. Berat jenis bahan partikel pasir ditentukan dengan prosedur baku di pengujian berat jenis bahan pasir berdasarkan ASTM Standart. Sifat-sifat fisik bahan pasir, distribusi ukuran butir ditentukan dengan basis klasifikasi tanah terpadu (*unified classification system*) USCS. Sifat-sifat mekanis

ditentukan dengan melakukan pengujian geser langsung melalui pengambilan sampel secara langsung pada kotak pengujian pada saat menentukan kepadatan yang diinginkan. Untuk menentukan distribusi ukuran butir digunakan analisis ayakan (*sieve analysis*). Hasil pengujian ukuran butir dapat dilihat pada gambar 7. Sifat fisik dan mekanis bahan pasir dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 7 : Analisis ukuran butir

Tabel 1 : Karakteristik Tanah Pasir

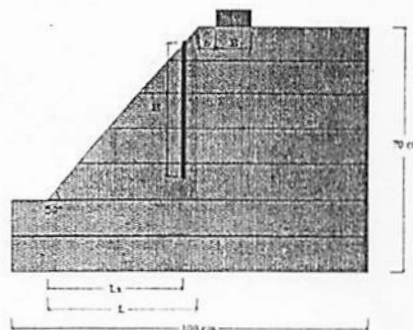
Keterangan	Nilai	Satuan
Berat Jenis	Gs 2,69	-
Berat Isi Kering	γ_d 13,5	kN/m ³
Kohesi	c 0,4	kN/m ³
Sudut Geser	Φ 34,86°	-

3.3 Prosedur dan program pengujian

Model tanah pasir dipadatkan lapis demi lapis setebal 10 cm dipadatkan menggunakan gilas dengan kepadatan yang diinginkan tercapai sampai ketinggian yang diharapkan terpenuhi, kemudian dibentuk kemiringan lereng sesuai kemiringan yang ditentukan (50°). Kemudian menanamkan model perkuatan tiang mini bambu komposit pada posisi yang sudah ditentukan. Selanjutnya pondasi diletakkan dipermukaan lereng dan beban mulai diberikan secara bertahap dengan *hydraulic jack* dengan sistim kendali tegangan sampai beban menunjukkan beban batas. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak antar tiang, diameter tiang, kedalaman tiang dan lokasi tiang. Adapun geometri dan parameter penampang tiang dapat dilihat pada gambar 8.



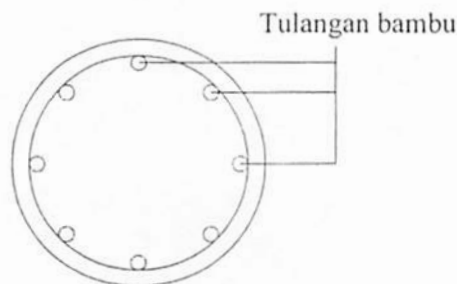
a. Geometri / jarak antar tiang



b. Parameter penampang tiang

Gambar 8 : Geometri dan parameter penampang tiang

Dalam penelitian ini, digunakan tiang mini bambu komposit dengan tulangan bambu sebanyak 12 buah dipasang melingkar seperti ditunjukkan pada gambar 9. Digunakan dimensi perkuatan tiang mini bambu komposit dengan variasi diameter (D_1), panjang (H), jarak antar (D_2) dan lokasi penempatan tiang (Lx/L) yang bervariasi. Variasi diameter yang digunakan antara lain : 1,27 cm; 1,905 cm; 2,54 cm dan 3,18 cm. Pada variasi panjang digunakan variasi panjang tiang : 30 cm, 35 cm, 40 cm dan 45 cm. Untuk jarak antar tiang, digunakan jarak antar : 7,5 cm; 10 cm; 12,5 cm dan 15 cm. Sedangkan untuk lokasi penempatan tiang, digunakan rasio Lx/L dengan Lx adalah jarak dari bawah kemiringan lereng hingga tiang dan L adalah panjang kemiringan horizontal lereng. Variasi perkuatan tiang yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada tabel 2.



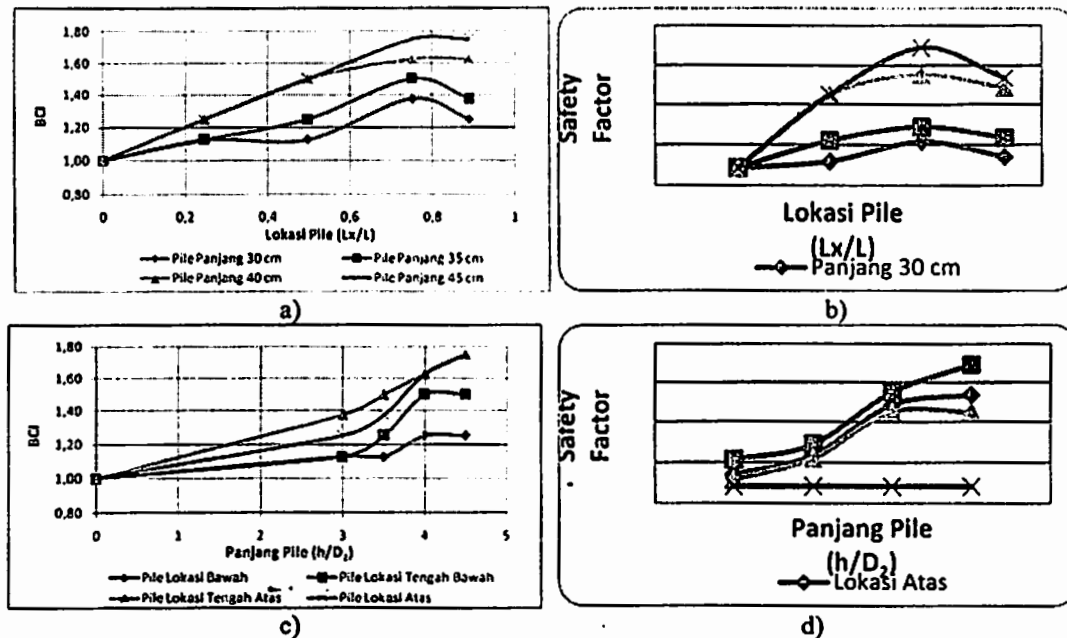
Gambar 9 : Posisi tulangan bambu pada perkuatan tiang

Tabel 2 : Variasi perkuatan tiang mini bambu komposit yang digunakan pada pengujian lereng

No	Parameter konstan	Variabel parameter	Ket.
1	Tanpa Perkuatan tiang	$b = 0,5 B$	-
2	$D_1/D_2 = 0,254$ & $D_2/B = 1,00$	$H/D_2 = 3,00 ; 3,50 ; 4,00 ; 4,50$ $Lx/L = 0,905 ; 0,690 ; 0,452 ; 0,214$	baris

4. Hasil dan Diskusi

Untuk mengetahui pengaruh diameter tiang pada tiap lokasi penempatan tiang, dilakukan serangkaian pengujian menggunakan perkuatan tiang pada 4 variasi lokasi penempatan tiang yaitu : lokasi atas ($Lx/L = 0,905$), lokasi tengah atas ($Lx/L = 0,690$), lokasi tengah bawah ($Lx/L = 0,452$) dan lokasi bawah ($Lx/L = 0,214$) dengan diameter tiang 2,54 cm dan jarak antar tiang sebesar 10 cm. Sedangkan variasi panjang tiang yang digunakan antara lain : 30 cm, 35 cm, 40 cm dan 45 cm. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar panjang tiang, BCI dan SF semakin meningkat dan optimal pada panjang 45 cm. Sedangkan lokasi penempatan tiang optimal terjadi pada lokasi tengah atas lereng ($Lx/L = 0,690$). Adapun nilai peningkatan nilai BCI dan SF dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 : a). Grafik peningkatan nilai BCI pada tiap variasi panjang tiang terhadap lokasi penempatan tiang, b). Grafik peningkatan nilai SF pada tiap variasi panjang tiang terhadap lokasi penempatan tiang, c). Grafik peningkatan nilai BCI pada tiap variasi lokasi penempatan tiang terhadap panjang tiang, d). Grafik peningkatan nilai SF pada tiap variasi lokasi penempatan tiang terhadap panjang tiang

5. Daftar pustaka

1. Eng Chew Ang, (2005) *Numerical Investigation of Load Transfer Mechanism in Slopes Reinforced With piles*, Missouri-Columbia: Dissertation, Faculty of the Graduate School University of Missouri-Columbia.
2. Gehan E. Abdelrahman, Mahmoud S. Abdelbaki dan Youssef G. Yousef, (2005) *Analysis of Stabilizing Slopes Using Vertical Piles*, Egypt: Eleventh International Colloquium on Structural and Geotechnical Engineering.
3. Ghazi Hassen, Patrick de Buhan, (2006) *Numerical Implementation of a Multiphase Model for the Analysis and Design of Reinforced Slopes*, Tunisia: First Euro Mesiterranean in Advance on Geomaterial and Structure.
4. Ito T. dan T. Matsui, (1975) *Methods to Estimate Lateral Force Acting on Stabilizing Piles*, Soils and Foundations, Vol. 15.
5. Ito T. dan T. Matsui dan WP. Hong, (1981) *Design Method for for Stabilizing Piles Against Landslide-One Row of Piles*, Soil and Foundation, Vol. 21.
6. Jasim M.A. et al., (2008) *Single Pile Simulation and Analysis Subjected to Lateral Load*, EJGE, Vo. 13.
7. X.P., S.M.H.E. dan C.H. Wang, (2006) *Stability Analysis of Slope Reinforced With Piles Using Limit Analysis Method*, Advances in Earth Structure Research to Practice.
8. Mostafa A. El Sawwaf, (2004) *Footing Behavior on Pile and Sheet Pile-Stabilized Sand Slope*, Alexandria Engineering Journal, Vol. 43.
9. Mehmet et al., (2009) *Determination of Lateral Loads on Slope Stabilizing Pile*, Pamukkale Universitesi Miihendislik Bilimreli Dergisi, Sayi, Sayfa, 194-202.

- Osamu Kusakabe et al. (1981) *Bearing Capacity of Slope Under Strip Loads on The Top Surfaces*, Japan: Soil and Foundation, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.21.
10. Ren-Ping Li, (2009) *Stability Analysis of Cutting Slope Reinforced With Anti-Slide Piles by FEM*, GeoHunan International Conference.
 11. Seyhan Firat, (2009) *Stability Analysis of Pile-Slope System*, Turkey: Academic Journal, Vol. 4.
 12. Toshinori Sakai and Tadatsugu Tanaka, *Finite Element Analysis for Evaluation of Slope Induced Cutting*, Japan: Mei University Japan and University of Tokyo Japan.
 13. Wei W.B. , Y.M. Cheng, (2009) *Strength Reduction Analysis for Slope Reinforced With One Row of Piles*, Computer and Geotechnics.
 14. W.R.Azzam et al, (2010) *Experimental and numerical Studies of Sand Slopes Loaded with Skirted Strip Footing*, EJGE, Vol.15.

6. Kesimpulan

1. Pengaruh panjang dan lokasi penempatan memberikan efek yang besar pada peningkatan SF dan BCI.
2. SF dan BCI mencapai maksimum panjang yang optimum. Lokasi optimum tiang terjadi di lokasi tengah atas lereng.