

Bidang Unggulan : Manajemen Lahan Basah

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 421/Teknik Sipil

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

**Development and Upgrading of Seven Universities in Improving the
Quality and Relevance of Higher Education in Indonesia**



**MEKANISME PENINGKATAN TAHANAN GESER TANAH LUNAK
LAHAN BASAH DENGAN MENGGUNAKAN CERUCUK
BERDASARKAN PEMODELAN SKALA DI LABORATORIUM**

TIM PENGUSUL

Ketua :

Rusdiansyah, ST., MT. (NIDN 0009087401)

Anggota :

Muhammad Afief Ma'ruf, ST., MT. (NIDN 0031108402)

Dr. Ir. Ach. Rusdiansyah, MT. (NIDN 0015045601)

FAKULTAS TEKNIK

OKTOBER, 2015

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : MEKANISME PENINGKATAN TAHANAN GESER
TANAH LUNAK LAHAN BASAH DENGAN
MENGUNAKAN CERUCUK BERDASARKAN
PEMODELAN SKALA LABORATORIUM

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : RUSDIANSYAH S.T., M.T.
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat
NIDN : 0009087401
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor HP : 081348754958
Alamat surel (e-mail) : rusdinat@yahoo.com

Anggota (1)
Nama Lengkap : MUHAMMAD AFIEF MA RUF S.T.
NIDN : 0031108402
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

Anggota (2)
Nama Lengkap : Ir. ACHMAD RUSDIANSYAH M.T.
NIDN : 0015045601
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat
Institusi Mitra (jika ada) : -
Nama Institusi Mitra : -
Alamat : -
Penanggung Jawab : -
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 94.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp 189.000.000,00


Mengetahui,
Direktur Eksekutif PIU UNLAM

Banjarmasin, 24 - 10 - 2015
Ketua,


(Ir. Rusliansyah, M.Sc)
NIP/NIK 196301311991031001


(RUSDIANSYAH S.T., M.T.)
NIP/NIK 197408092000031001

Menyetujui,
Ketua LEMLIT UNLAM


(Prof. Dr. Ir. H. Mochamad Arief Soendjoto, M.Sc)
NIP/NIK 196006231988011001

Daftar Isi

<i>Lembar Pengesahan</i>	2
<i>Daftar Isi</i>	3
<i>Daftar Gambar</i>	4
<i>Daftar Tabel</i>	4
<i>Ringkasan</i>	5
<i>Prakata</i>	6
Bab I PENDAHULUAN	7
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Permasalahan Penelitian	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	10
Bab II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Originalitas Penelitian (<i>state of the art</i>)	11
Bab III METODE PENELITIAN	17
3.1 Rancangan Penelitian	17
3.2 Cara Analisis Hasil Penelitian.....	19
Bab IV HASIL YANG DICAPAI	22
4.1 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Rasio Tancap Cerucuk.....	22
4.2 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Jumlah Cerucuk.....	26
4.3 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Pola Pemasangan Cerucuk.....	30
4.4 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Posisi Tancap Cerucuk.....	31

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
DAFTAR PUSTAKA	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Ilustrasi penggunaan cerucuk untuk <i>embankment</i> jalan.....	7
Gambar 1.2	Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng <i>embankment</i> jalan.....	7
Gambar 3.1	Diagram Fishbone penelitian	18
Gambar 3.2	Bagan Alir penelitian	19
Gambar 4.1	Kotak geser belahan miring	22
Gambar 4.2	Dokumentasi sampling lapangan.....	24
Gambar 4.3	Kurva hubungan variasi rasio tancap dan rasio Plab/Panalitis.....	27
Gambar 4.4	Kegiatan pengujian variasi rasio tancap.....	27
Gambar 4.5	Kurva hubungan variasi jumlah cerucuk dan rasio Plab/Panalitis	30
Gambar 4.6	Hubungan Tegangan-Regangan Variasi Jumlah Cerucuk.....	31
Gambar 4.7	Pengujian geser untuk variasi jumlah cerucuk.....	31
Gambar 4.8	Ilustrasi deformasi pola pemasangan cerucuk 2x3 dan 3x2.....	33
Gambar 4.9	Hubungan tegangan-regangan pola pemasangan cerucuk.....	33
Gambar 4.10	Pengujian variasi pola pemasangan.....	33
Gambar 4.11	Ilustrasi posisi tiang cerucuk pada garis kelongsoran dengan sudut α dilapangan.....	32
Gambar 4.12	Kurva hubungan variasi posisi dan rasio Plab/Panalitis	33
Gambar 4.13	Ilustrasi daerah kerja (luasan) variasi sudut garis kelongsoran.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Matrik Originalitas Penelitian Yang Akan Dilakukan.....	16
Tabel 4.1	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap (3D).....	25
Tabel 4.2	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap (5D).....	26
Tabel 4.3	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap (8D).....	26
Tabel 4.4	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Jumlah Cerucuk (Pola I).....	29
Tabel 4.5	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Jumlah Cerucuk (Pola II)	29
Tabel 4.6	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Variasi Pola Pemasangan	32
Tabel 4.7	Nilai rasio Plab/Panalitis dan Variasi Posisi Tancap	33

Ringkasan

Salah satu metode perkuatan tanah yang efektif untuk mengatasi kelongsoran jalan dan stabilitas lereng yang berada diatas lahan basah adalah dengan menggunakan sistem cerucuk. Sistem cerucuk adalah istilah yang dikenal di Indonesia, terutama di daerah lahan basah seperti di Kalimantan Selatan. Selama ini pemakaian cerucuk cukup efektif sebagai metode alternatif perkuatan stabilitas lereng maupun perkuatan *embankment* jalan yang berada diatas tanah lunak lahan basah. Pada *embankment* jalan, cerucuk digunakan sebagai bahan yang kaku berfungsi untuk menaikkan stabilitas tanah pada lahan basah. Adanya cerucuk dibawah *embankment* jalan dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar lahan basah dan mengurangi penurunan yang akan terjadi. Hal ini karena cerucuk dapat menghasilkan gaya hambatan terhadap keruntuhan geser tanah pada lahan basah tersebut. Sebagai perkuatan lereng, cerucuk sangat efektif berfungsi sebagai pasak/tulangan yang dapat memotong bidang kelongsoran lereng. Sehingga cerucuk dapat memberikan tambahan gaya geser pada lereng yang mampu melawan gaya geser longsor yang terjadi. Tambahan gaya geser yang dihasilkan oleh cerucuk tersebut dapat meningkatkan angka keamanan (*safety factor*) stabilitas lereng.

Untuk menunjang perhitungan konstruksi cerucuk yang mendekati kondisi yang ada di lapangan sangat dibutuhkan teori yang relevan mengenai cerucuk. Teori tentang cerucuk dalam perhitungan perkuatan tanah lunak untuk menambah kekuatan geser masih sangat sedikit dan belum memadai. Padahal pengetahuan mendalam mengenai interaksi tanah lunak pada lahan basah dengan cerucuk sangat diperlukan agar perancangan perkuatan tanah dengan cerucuk tersebut lebih akurat.

Penelitian ini diusulkan untuk menjawab bagaimana perilaku interaksi tanah dengan cerucuk dalam peningkatan tahanan geser tanah lunak lahan basah yang lebih mendekati kejadian sebenarnya di lapangan. Adapun tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengembangkan teori tahanan geser tanah lunak lahan basah akibat adanya cerucuk dan mendapatkan pengetahuan mengenai perilaku interaksi tanah dengan cerucuk dalam meningkatkan tahanan geser tanah lunak pada lahan basah yang lebih mendekati kejadian sebenarnya di lapangan.

Penelitian ini dilaksanakan melalui salah satu cara pendekatan model skala laboratorium, namun perilakunya dibuat mendekati perilaku sebenarnya di lapangan. Bidang kelongsoran lereng yang terjadi di lapangan didekati dengan bidang geser yang sengaja dibuat di laboratorium dengan menggeser contoh tanah yang terdapat dalam kotak geser hasil modifikasi yang berukuran relatif besar dengan alat uji geser langsung. Cerucuk yang akan digunakan berupa cerucuk mini dan ditanamkan pada contoh tanah tadi. Pengujian kuat geser tanah-cerucuk dengan variasi perlakuan benda uji. Pada tahap pengujiannya menggunakan alat uji geser langsung yang telah dimodifikasi. Variasi perlakuan benda uji yang akan dilaksanakan adalah variasi rasio tancap cerucuk, variasi jenis tanah lahan basah, variasi spasi kelompok cerucuk, variasi jumlah cerucuk dengan pemberian arah gaya geser sejajar dan tegaklurus, variasi diameter cerucuk, serta variasi posisi cerucuk. Untuk kegiatan penelitian tahun kedua (Tahun Ke-2) ini dilakukan semua variasi tersebut, kecuali variasi perlakuan diameter cerucuk dan variasi spasi cerucuk yang sudah dilakukan pada Tahun Ke-1.

Dari hasil yang dicapai dapat disimpulkan sementara variasi jumlah cerucuk, variasi rasio tancap, variasi pola pemasangan dan posisi tancap cerucuk mempengaruhi peningkatan kuat geser tanah.

PRAKATA

Segala Puji kami haturkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan Rahmat, Inayah, Taufik dan Inayahnya sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan laporan akhir penelitian yang berjudul : ***“Mekanisme Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Dengan Menggunakan Cerucuk Berdasarkan Pemodelan Skala Di Laboratorium”***

Laporan akhir ini merupakan laporan dari kegiatan penelitian tahun ke-2 dalam program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2015.

Harapan kami semoga laporan ini dapat memenuhi apa yang diinginkan dalam program Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2015. Dan semoga laporan ini dapat pula membantu menambah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca, sehingga kami dapat memperbaiki bentuk maupun isi laporan ini, sehingga kedepannya dapat lebih baik.

Banjarmasin, Oktober 2015

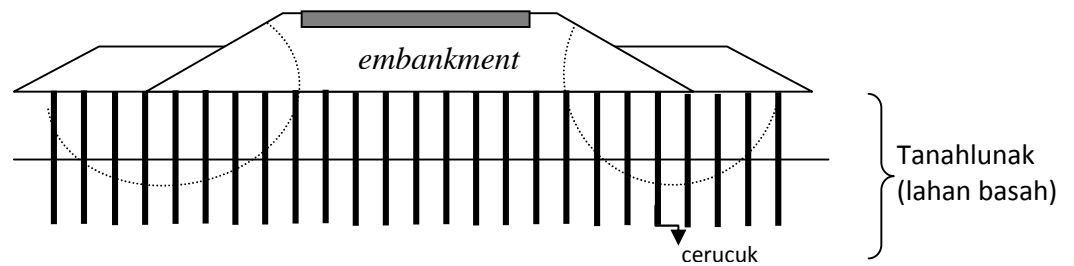
Penyusun

BAB I. PENDAHULUAN

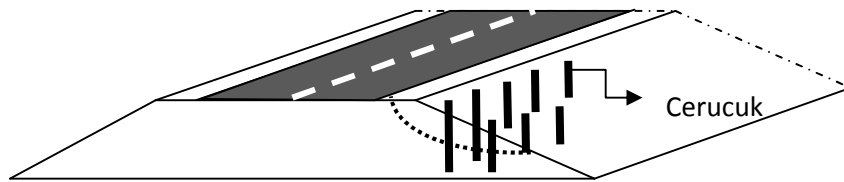
1.1 Latar Belakang

Salah satu metode perkuatan tanah yang efektif untuk mengatasi kelongsoran jalan dan stabilitas lereng yang berada pada lahan basah adalah dengan menggunakan sistem cerucuk. Sistem cerucuk adalah istilah yang dikenal di Indonesia, terutama di daerah lahan basah seperti di Kalimantan Selatan. Sistem cerucuk berupa tiang pancang kecil berdiameter 7,5cm–25cm dipasangkan sebagai group tiang atau tiang satu-satu secara vertikal atau miring. Penggunaan tiang (cerucuk) sebagai elemen penahan tanah sudah dilakukan dimasa lalu karena dapat memberikan solusi yang efisien, sejak tiang (cerucuk) dapat dilaksanakan dengan mudah tanpa mengganggu keseimbangan lereng (DeBeer dan Wallays, 1970; Ito dkk, 1981).

Selama ini pemakaian cerucuk cukup efektif sebagai metode alternatif perkuatan stabilitas lereng maupun perkuatan *embankment* jalan yang berada pada tanah lunak, dalam hal ini lahan basah. Pada *embankment* jalan, cerucuk digunakan sebagai bahan yang kaku berfungsi untuk menaikkan stabilitas tanah. Adanya cerucuk dibawah *embankment* jalan (ilustrasi seperti dalam Gambar 1.1) dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar lahan basah dan mengurangi penurunan yang akan terjadi. Hal ini karena cerucuk dapat menghasilkan gaya hambatan terhadap keruntuhan geser tanah. Sebagai perkuatan lereng, cerucuk sangat efektif berfungsi sebagai pasak/tulangan yang dapat memotong bidang kelongsoran lereng (ilustrasi seperti dalam Gambar 1.2). Sehingga cerucuk dapat memberikan tambahan gaya geser pada lereng yang mampu melawan gaya geser longsor yang terjadi. Tambahan gaya geser yang dihasilkan oleh cerucuk tersebut dapat meningkatkan angka keamanan (*safety factor*) stabilitas lereng.



Gambar 1.1 Ilustrasi penggunaan cerucuk untuk *embankment* jalan



Gambar 1.2 Ilustrasi penggunaan cerucuk sebagai perkuatan lereng *embankment* jalan

Untuk menunjang perhitungan konstruksi cerucuk yang mendekati kondisi yang ada di lapangan sangat dibutuhkan teori yang relevan mengenai cerucuk. Selama ini para praktisi maupun para ilmuwan di dunia dalam melakukan perancangan perkuatan tanah dengan cerucuk tidak memperhatikan teori tentang cerucuk, karena konstruksi tanah-cerucuk belum populer. Teori tentang cerucuk dalam perhitungan perkuatan tanah lunak untuk menambah kekuatan geser masih sangat sedikit dan belum memadai. Padahal pengetahuan mendalam mengenai mekanisme peningkatan tahanan geser tanah lunak pada lahan basah akibat adanya cerucuk sangat diperlukan agar perancangan perkuatan tanah dengan cerucuk lebih akurat.

Cukup banyak penelitian di laboratorium maupun di lapangan yang menunjukkan bahwa pengaruh gaya lateral tanah pada tiang adalah berbeda-beda pada beberapa kasus, dan belum ada teori secara menyeluruh yang dapat mengembangkan teori untuk penggunaan secara praktis (Chen, 1994). Teori-teori tentang cerucuk yang ada saat ini masih sangat sedikit dan masih belum relevan untuk diaplikasikan di lapangan. Teori penambahan tahanan geser dari tanah akibat adanya cerucuk oleh Mochtar (2000) masih didasarkan pada teori tiang pancang penahan gaya horizontal oleh NAVFAC DM-7 (1971). Kemudian juga hasil koreksi dan pengembangan teori Mochtar (2000) oleh Mochtar dan Arya (2002) juga masih belum memuaskan dan belum mendekati kejadian sebenarnya di lapangan. Dimana teori tersebut dihasilkan berdasarkan hanya pada pengaruh diameter cerucuk, pengaruh panjang tancapan, dan pengaruh kekuatan tanah. Diduga masih ada faktor lain yang berpengaruh di lapangan yang belum terwakili dalam asumsi persamaan menurut Mochtar (2000) maupun Mochtar dan Arya (2002).

Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk pemutakhiran teori perancangan konstruksi tanah-cerucuk. Teori cerucuk yang akan dihasilkan dapat mendekati kondisi sebenarnya yang ada di lapangan. Pengembangan kebutuhan teori cerucuk saat ini adalah sangat mendesak. Hal ini didasarkan adanya keterbatasan lahan dan perkembangan penduduk yang terus berkembang sangat pesat disuatu wilayah. Kondisi ini menyebabkan orang terpaksa membangun pada lahan basah yang kurang memenuhi syarat perhitungan teknis antara lain adanya tanah lunak pada lahan basah yang tebal dan kurang stabil dimana konstruksi tanah-cerucuk sangat diperlukan.

1.2 Permasalahan Utama Penelitian

Penelitian ini diusulkan untuk menjawab permasalahan utama, yaitu bagaimana perilaku interaksi tanah dengan cerucuk dalam peningkatan tahanan geser tanah lunak pada lahan basah yang lebih mendekati kejadian sebenarnya di lapangan. Sedangkan rincian permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan jumlah cerucuk terhadap peningkatan tahanan geser tanah lunak lahan basah.
2. Bagaimana pengaruh jarak (efisiensi) antar cerucuk terhadap peningkatan tahanan geser tanah.
3. Bagaimana pengaruh posisi cerucuk terhadap peningkatan tahanan geser tanah.
4. Seberapa besar pengaruh kekakuan cerucuk dalam peningkatan kuat geser tanah lunak pada lahan basah.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas maka tujuan umum penelitian ini dilakukan adalah untuk menjawab tantangan kebutuhan IPTEKS oleh pengguna sektor riil, sedangkan tujuan penelitian ini dilakukan secara khusus adalah untuk :

1. Mengembangkan teori tahanan geser tanah lunak akibat adanya cerucuk.
2. Mendapatkan pengetahuan mengenai perilaku interaksi tanah dengan cerucuk dalam meningkatkan tahanan geser tanah lunak pada lahan basah .

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan sumbangan pengetahuan berupa adanya teori cerucuk yang memadai dalam mengatasi keruntuhan geser yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.
2. Terciptanya alat geser langsung (*direct shear apparatus*) yang dimodifikasi di laboratorium yang relevan dalam pengujian perkuatan tanah dengan cerucuk yang mendekati kejadian sebenarnya di lapangan.

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Originalitas Penelitian (*State of the Art*)

Tahanan geser tanah lunak setelah diperkuat dengan cerucuk dapat ditentukan nilainya di laboratorium dengan melakukan pengujian geser (*Direct shear Test*) terhadap tanah-cerucuk model skala laboratorium. Untuk menunjang hasil pengujian tahanan geser tanah-cerucuk model skala laboratorium yang representatif dengan kondisi sebenarnya di lapangan, maka dalam pengujiannya dengan mendekati karakteristik dan perilaku tanah-cerucuk seperti kondisi di lapangan. Karakteristik dan perilaku tanah-cerucuk yang dimaksud tergantung dari : ukuran box geser yang mencukupi persyaratan sebaran gaya, tingkat konsistensi tanah, jumlah cerucuk, panjang dan diameter cerucuk, jarak antar cerucuk, posisi cerucuk, kedalaman pemancangan terhadap permukaan bidang geser (longsor), dan arah pemberian gaya geser terhadap konfigurasi cerucuk kelompok.

Studi laboratorium mengenai tahanan geser tanah lunak pada lahan basah setelah diperkuat dengan cerucuk seperti perlakuan kondisi di lapangan sampai saat ini belum dilakukan. Sebagian besar penelitian laboratorium mengenai tanah-cerucuk yang telah dilakukan terbatas hanya untuk mengetahui kemampuan 1(satu) cerucuk/tiang atau jumlah cerucuk tertentu dalam menahan gaya geser tanpa memperhatikan faktor-faktor pengaruh yang mendekati kondisi permasalahan di lapangan. Selain itu para peneliti sebelumnya kebanyakan menggunakan tanah pasir sebagai benda uji penelitian tanah-cerucuk.

Poulos dkk (1995) telah melakukan studi model tes laboratorium terhadap tiang tunggal yang menahan gaya lateral tanah. Dalam penelitian ini benda uji menggunakan tanah pasir kering yang ditancapi tiang tunggal. Penelitian ini menghasilkan besaran pengaruh deformasi tanah terhadap momen lentur tiang (cerucuk). Penelitian ini terbatas pada perilaku tiang lateral yang tidak berada dalam sistem lereng.

Mochtar dan Arya (2002) telah melakukan pengujian tahanan geser tanah lunak yang ditancapi cerucuk skala model laboratorium dengan menggunakan alat Direct Shear Test standar. Dalam pengujiannya menggunakan box geser berukuran relatif kecil, serta jumlah dan jarak cerucuk belum representatif untuk menjawab permasalahan kondisi di

lapangan. Hasil penelitian ini memberikan faktor koreksi terhadap teori Mochtar (2000). Namun faktor koreksi tersebut masih belum mewakili perilaku interaksi tanah-cerucuk pada stabilitas lereng seperti yang ada di lapangan. Masih ada faktor-faktor yang mempengaruhi kejadian sebenarnya di lapangan yang belum terwakili dalam pelaksanaan pengujiannya. Ditinjau dalam pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan oleh Mochtar dan Arya (2002) menunjukkan belum mendekati kondisi sebenarnya seperti yang ada di lapangan. Perlakuan benda uji pada model skala laboratorium (alat maupun bahan) tersebut belum representatif dapat mewakili seperti kondisi di lapangan. Ukuran kotak geser yang digunakan pada rangkaian alat geser langsung berukuran relatif kecil. Sehingga sebaran gaya yang bekerja pada interaksi tanah-cerucuk menjadi tidak optimal. Dalam penelitiannya juga menggunakan jumlah benda uji yang sangat sedikit. Selain itu benda uji yang ditancapi cerucuk kelompok tanpa mempertimbangkan jarak (spasi) antar cerucuk dan pengaruh posisi cerucuk dalam menerima gaya geser penyebab longoran. Jadi dapat dinyatakan sampai saat ini belum memberikan keyakinan kepada kita semua bahwa perhitungan cerucuk secara empiris yang ada telah mendekati kejadian sebenarnya di lapangan.

Muthukkumaran dkk (2004) telah melakukan studi laboratorium mengenai pengaruh permukaan tanah miring dan tanah datar yang diperkuat dengan 1(satu) batang cerucuk. Dalam penelitian tersebut menggunakan model pengujian sistem rangka beban dan tangki yang berisi benda uji dari tanah pasir kering yang ditancapi dengan cerucuk tunggal. Hasil penelitian ini belum mewakili semua permasalahan kondisi lereng-cerucuk di lapangan karena terbatasnya jenis tanah, kedalaman cerucuk, jumlah cerucuk, posisi cerucuk, diameter cerucuk, dan kekakuan cerucuk. Selain itu, Liliwarti (2007) juga telah melakukan studi laboratorium menentukan karakteristik mekanik gesekan antara tanah dan cerucuk dengan menggunakan alat Direct Shear test. Penelitian tersebut menggunakan benda uji tanah pasir kering dan tanah lempung jenis tertentu yang ditancapi dengan 1(satu) batang cerucuk. Dalam hasil penelitiannya hanya menunjukkan besaran parameter kuat geser tanah akibat adanya cerucuk tanpa memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tanah-cerucuk pada stabilitas lereng di lapangan. Pada pengujiannya menggunakan box geser berukuran relatif kecil (6 cm x 6 cm). Sedangkan Damoerin dkk (2012) juga telah melakukan studi laboratorium mengenai penggunaan cerucuk kayu dan bambu sebagai perkuatan tanah. Dalam penelitian tersebut

menggunakan benda uji tanah lanau berpasir berukuran kecil yang ditancapi 1(satu) batang cerucuk ($\varnothing 3$ mm, $L=5$ cm) kemudian diuji menggunakan alat triaxial terkonsolidasi. Penelitian ini hanya menjawab besaran parameter kuat geser tanah setelah adanya cerucuk. Penelitian ini belum mewakili seperti kondisi sebenarnya di lapangan karena menggunakan jenis tanah tertentu, ukuran benda uji yang relatif kecil, serta belum memperhatikan faktor-faktor pengaruh interaksi tanah-cerucuk pada stabilitas lereng di lapangan.

Selain menggunakan model skala laboratorium, perilaku interaksi tanah-cerucuk pada stabilitas lereng juga telah diteliti oleh para peneliti menggunakan skala penuh di lapangan. Lirer (2012) telah melakukan penelitian skala lapangan untuk stabilitas lereng yang diperkuat dengan barisan cerucuk (5 buah tiang berdiameter 0,4m dan panjang 10m). Penelitian ini hanya membahas mengenai hasil pengamatan gerakan longsor (deformasi) selama 3 tahun setelah diperkuat dengan cerucuk. Hasil penelitian ini belum dapat menjawab perilaku interaksi tanah (lereng)-cerucuk secara lengkap karena belum meninjau pengaruh variasi kedalaman tancap cerucuk, variasi jumlah dan spasi cerucuk, variasi diameter dan kekakuan cerucuk, serta variasi posisi cerucuk. Penelitian ini juga belum menghasilkan perumusan cerucuk untuk kebutuhan perancangan stabilitas lereng. Sedangkan Frank dan Pouget (2008) juga telah melakukan penelitian skala lapangan mengenai stabilitas lereng *embankment* jalan dengan perkuatan 1(satu) batang cerucuk. Penelitian ini hanya menganalisa deformasi dan momen lentur yang terjadi pada cerucuk selama 16 tahun. Penelitian ini belum memperhatikan faktor pengaruh variasi kedalaman tancap cerucuk, variasi jumlah dan spasi cerucuk, variasi diameter dan kekakuan cerucuk, serta variasi posisi cerucuk. Padahal faktor-faktor tersebut yang dapat menjawab secara lengkap perilaku interaksi tanah-cerucuk stabilitas lereng di lapangan. Penelitian ini juga belum menghasilkan perumusan empiris mengenai cerucuk yang memperkuat stabilitas lereng.

Belakangan ini analisis studi perkuatan stabilitas lereng menggunakan tiang (dalam hal ini dapat disebut dengan istilah cerucuk) dengan pemodelan matematis/metode numerik seperti *finite element* maupun *finite difference* telah cukup banyak dilakukan. Ashour dan Ardalan (2012) menganalisis pengaruh kedalaman tancap cerucuk, spasi cerucuk, diameter cerucuk, dan posisi cerucuk terhadap faktor keamanan (SF) stabilitas lereng. Analisis menggunakan model keseimbangan dan bantuan *software* PSSLOPE.

Penelitian ini belum menghasilkan perumusan cerucuk untuk perkuatan stabilitas lereng. Hasil analisisnya juga masih belum mewakili perilaku interaksi tanah-cerucuk stabilitas lereng seperti kondisi di lapangan. Masih ada faktor lain yang belum ditinjau dalam analisisnya seperti pengaruh jenis tanah, pengaruh jumlah cerucuk, dan pengaruh variasi arah gaya geser yang bekerja terhadap konfigurasi cerucuk kelompok.

Kourkolis dkk (2012) telah mengevaluasi tahanan geser tanah yang diperlukan untuk meningkatkan angka keamanan stabilitas lereng setelah adanya tiang (cerucuk) dengan menggunakan metode analisis *finite element*. Faktor pengaruh perilaku interaksi tanah-cerucuk yang ditinjau hanya kedalaman tancap dan spasi cerucuk. Sehingga hasil kajian ini juga belum menjawab semua permasalahan interaksi tanah-cerucuk pada stabilitas lereng di lapangan. Selain itu penelitian ini juga belum menghasilkan perumusan mengenai cerucuk. Sedangkan Lee dkk (1995) juga telah menggunakan metode *finite element* untuk menentukan pengaruh diameter cerucuk, spasi cerucuk, dan posisi cerucuk terhadap faktor keamanan (SF) stabilitas lereng. Namun untuk pengaruh kedalaman tancap cerucuk tidak ditinjau dalam analisisnya. Dalam analisisnya menggunakan data tanah asumsi jenis tanah lempung medium saja. Penelitian ini belum menghasilkan perumusan cerucuk yang memperkuat stabilitas lereng. Selain itu Yang dkk (2011) juga telah menunjukkan suatu analisis perilaku tiang (cerucuk) yang memperkuat lereng melalui pemodelan matematis. Parameter interaksi tanah-cerucuk yang ditinjau hanya kedalaman cerucuk, spasi cerucuk, dan jenis tanah. Sehingga permasalahan interaksi tanah-cerucuk dalam stabilitas lereng di lapangan belum terjawab secara lengkap. Penelitian ini juga belum menghasilkan perumusan cerucuk untuk stabilitas lereng.

Ito dan Matsui (1975) menggunakan pemodelan matematis untuk menganalisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan cerucuk. Pemodelan tersebut menghasilkan perumusan gaya lateral yang bekerja pada cerucuk. Perumusan yang dihasilkan berdasarkan pendekatan asumsi tanah berdeformasi plastis disekitar cerucuk. Hasil analisis tersebut belum mendekati secara menyeluruh seperti kondisi yang ada di lapangan, karena perumusan yang dihasilkan hanya berlaku untuk kondisi cerucuk *rigid* dan panjang cerucuk terbatas. Ito dkk (1981) telah melakukan analisis dengan metode keseimbangan batas dan pemodelan matematis mengenai perilaku interaksi tanah-cerucuk untuk stabilitas lereng. Parameter yang dikaji meliputi pengaruh kedalaman cerucuk, pengaruh diameter dan kekakuan cerucuk, dan pengaruh spasi cerucuk terhadap

faktor keamanan (SF) stabilitas lereng. Namun dalam analisisnya belum menghasilkan perumusan cerucuk untuk stabilitas lereng.

Jeong dkk (2003) dan Won dkk (2005) juga telah melakukan analisis untuk menentukan posisi cerucuk dalam stabilitas lereng yang dapat menghasilkan faktor keamanan (SF) yang maksimal. Analisisnya menggunakan metode *finite element* dan bantuan *software* komputer. Dalam analisisnya belum meninjau pengaruh variasi diameter dan kedalaman tancap cerucuk, serta pengaruh jenis tanah. Hal ini menunjukkan bahwa hasil analisisnya belum dapat menjawab semua permasalahan perilaku interaksi tanah-cerucuk dalam stabilitas lereng di lapangan. Hasil analisisnya juga belum menghasilkan perumusan mengenai cerucuk untuk stabilitas lereng. Wei dan Cheng (2009) juga telah menunjukkan hasil analisis mengenai pengaruh spasi cerucuk, diameter cerucuk, dan posisi cerucuk terhadap peningkatan faktor keamanan (SF) stabilitas lereng. Dalam analisisnya belum meninjau faktor pengaruh kedalaman tancap cerucuk dan variasi jumlah cerucuk. Selain itu juga hasil analisis belum menunjukkan perumusan cerucuk dalam memperkuat stabilitas lereng.

Jadi kegiatan penelitian parameter tanah yang telah dilakukan untuk semua pengujian model skala laboratorium, model skala lapangan, maupun hasil simulasi numerik yang telah dilakukan tersebut belum menghasilkan teori cerucuk yang dapat menjawab permasalahan peningkatan tahanan geser tanah lunak lahan basah setelah diperkuat cerucuk seperti kondisi di lapangan. Selain itu juga bahwa para peneliti sebelumnya dalam melakukan studi mengenai cerucuk kebanyakan menggunakan cerucuk tunggal atau cerucuk dengan jumlah tertentu (tidak bervariasi) dalam analisa pengujiannya. Sehingga penelitian interaksi tanah-cerucuk dalam peningkatan tahanan geser tanah lunak lahan basah akibat adanya cerucuk berdasarkan pemodelan empiris di laboratorium seperti yang diusulkan ini belum dilakukan oleh peneliti lain (lihat Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Matrik Originalitas Penelitian Yang Akan Dilakukan

No.	Referensi	Variasi Perlakuan (Interaksi Tanah-Cerucuk)							Output		Metode Output
		Panjang Tancap	Jenis Tanah	Diameter dst	Posisi	Jumlah	Spasi	Arah Gaya Geser	Analisis Pengaruh	Formula Empiris	
1	Poulus dkk (1995)										Model Laboratorium (Tiang Lateral)
2	Mochtar dan Arya (2002)										Model Laboratorium
3	Muthukkumaran dkk (2004)										Model Laboratorium
4	Liliwanti (2007)										Model Laboratorium
5	Damoerin dkk (2012)										Model Laboratorium
6	Lirer (2012)										Model Lapangan (Pengamatan 3 thn)
7	Frank dan Pouget (2008)										Model Lapangan (Pengamatan 16 thn)
8	Ashour dan Ardalan (2012)										Metode Keseimbangan Batas dan Software
9	Kourkoulis dkk (2011)										Simulasi Numerik
10	Lee dkk (1995)										Simulasi Numerik
11	Yang dkk (2011)										Simulasi Numerik
12	Ito dan Matsui (1975)										Pemodelan Matematis
13	Ito dkk (1981)										Metode Keseimbangan Batas dan Pemodelan Matematis
14	Jeong dkk (2003)										Simulasi Numerik
15	Won dkk (2005)										Simulasi Numerik
16	Wei dan Cheng (2009)										Simulasi Numerik
17	Mochtar (2000)										Analisis Matematis
18	"Penelitian Ini" (2014-2015)										Model Laboratorium Tanah Lunak Lahan Basah

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

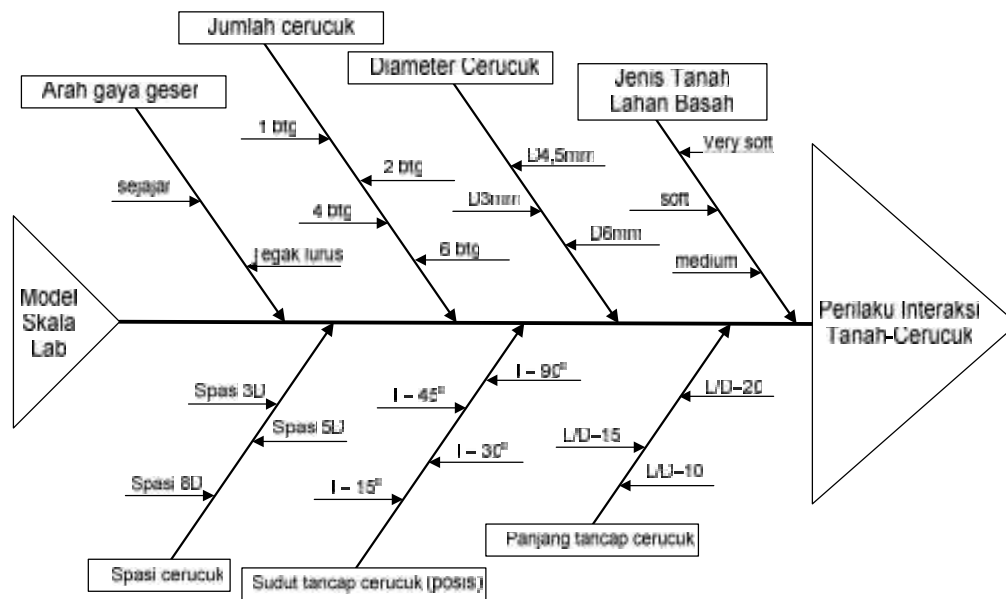
Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru. Kegiatan penelitian laboratorium yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian tahanan geser tanah lunak lahan basah yang diperkuat dengan cerucuk dengan mendekati karakteristik dan perilaku tanah-cerucuk seperti kondisi di lapangan. Karakteristik dan perilaku tanah-cerucuk akan memperhatikan ukuran box geser yang mencukupi persyaratan sebaran gaya, tingkat konsistensi tanah, jumlah cerucuk (tunggal dan kelompok), panjang dan diameter cerucuk, jarak antar cerucuk, kedalaman pemancangan terhadap permukaan bidang geser (longsor), posisi cerucuk, dan arah pemberian gaya geser terhadap konfigurasi cerucuk kelompok.

Penelitian yang akan dilaksanakan melalui salah satu cara pendekatan model skala laboratorium, namun perilakunya dibuat mendekati perilaku sebenarnya di lapangan. Bidang kelongsoran lereng yang terjadi di lapangan didekati dengan bidang geser yang sengaja dibuat di laboratorium dengan menggeser contoh tanah yang terdapat dalam kotak geser hasil modifikasi yang berukuran relatif besar dengan alat geser langsung. Cerucuk yang akan digunakan berupa cerucuk mini dan ditanamkan pada contoh tanah tadi. Ada beberapa variabel pengujian yang akan dilakukan (lihat diagram Fishbone, Gambar 3.1), yaitu variasi konsistensi tanah lahan basah sangat lunak sampai medium, variasi rasio tancap dan spasi cerucuk, variasi posisi cerucuk, serta variasi arah pemberian gaya geser. Diharapkan dari perilaku skala kecil tersebut dihasilkan teori mengenai cerucuk yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan.

Kegiatan penelitian tersebut melalui beberapa tahapan kegiatan, yaitu 1) tahap modifikasi alat uji geser langsung (*direct shear*), 2) tahap pembuatan model cerucuk, 3) tahap sampling tanah lunak lahan basah, 4) tahap pengujian karakteristik sampel tanah dan cerucuk, 5) tahap pengujian geser tanah-cerucuk dengan variasi perlakuan benda uji, 6) analisis hasil.

Kegiatan modifikasi alat uji geser langsung (*direct shear*) adalah melakukan modifikasi pada bagian-bagian tertentu dari alat uji geser langsung yang biasa digunakan di laboratorium sehingga alat tersebut dapat memodelkan kondisi yang mendekati kondisi sebenarnya yang terjadi di lapangan. Pada tahap pembuatan model cerucuk yaitu batang kayu dengan bahan penyusun yang bersifat homogen diraut dengan alat bantu peraut sehingga menghasilkan cerucuk kayu yang berdiameter 3mm, 4,5mm, dan 6mm. Kebutuhan panjang cerucuknya akan

disesuaikan dengan kebutuhan variasi perlakuan benda uji. Tahap sampling tanah di lahan basah dengan menggunakan metode pengambilan sampel tanah dengan cara tes pits.



Gambar 3.1 Diagram Fishbone penelitian

Sampel tanah atau benda uji tersebut berasal dari hasil sampling ketiga lokasi lahan basah di Kalimantan Selatan, yaitu kabupaten Batola, kabupaten Banjar, dan kabupaten Hulu Sungai. Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan handboring dan tes pit lapangan. Pada tahap awal terlebih dahulu dilakukan uji sondir untuk mengetahui ketebalan dan kekuatan geser tanah lunak lahan basah tersebut sebelum adanya perkuatan cerucuk.

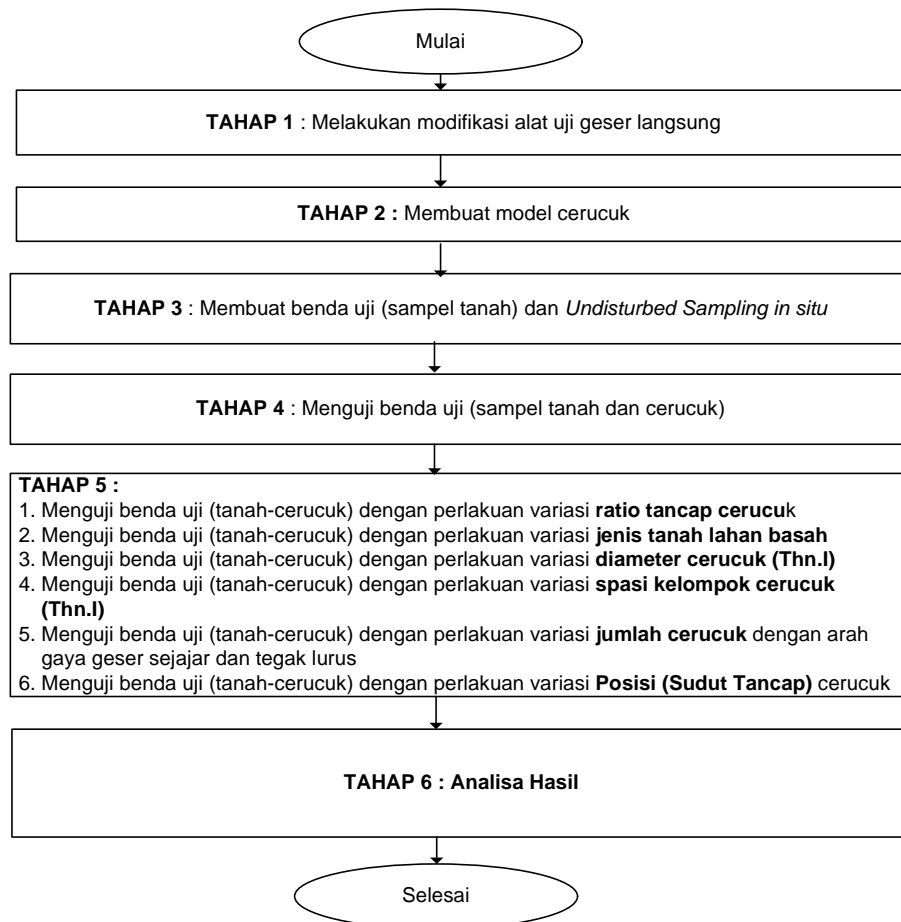
Tahap selanjutnya adalah pengujian karakteristik sampel tanah dan cerucuk yang telah dihasilkan dari tahap sebelumnya. Karakteristik fisik dan mekanis sampel tanah yang akan dihasilkan dari pengujian laboratorium harus berada dalam rentang nilai masing-masing tingkat konsistensi tanah yang diinginkan dari penelitian ini. Sedangkan pada pengujian karakteristik cerucuk akan ditentukan kuat lentur dan modulus elastisitas untuk masing-masing ukuran diameter dengan tetap menjamin sifat homogenitas bahan cerucuknya.

Pada tahap berikutnya dilakukan pengujian kuat geser tanah-cerucuk dengan variasi perlakuan benda uji. Pada tahap ini pengujiannya menggunakan alat uji geser langsung yang telah dimodifikasi. Variasi perlakuan benda uji yang akan dilaksanakan pada tahun kedua (**Tahun ke-2**) adalah variasi lanjutan tahun pertama, yaitu : variasi rasio tancap cerucuk, variasi jumlah cerucuk dengan pemberian arah gaya geser sejajar dan tegak lurus, dan variasi posisi cerucuk. Langkah terakhir adalah menganalisis kekuatan geser tanah sebelum dan sesudah adanya cerucuk dengan berbagai variasi perlakuannya. Pada langkah ini akan dihasilkan model

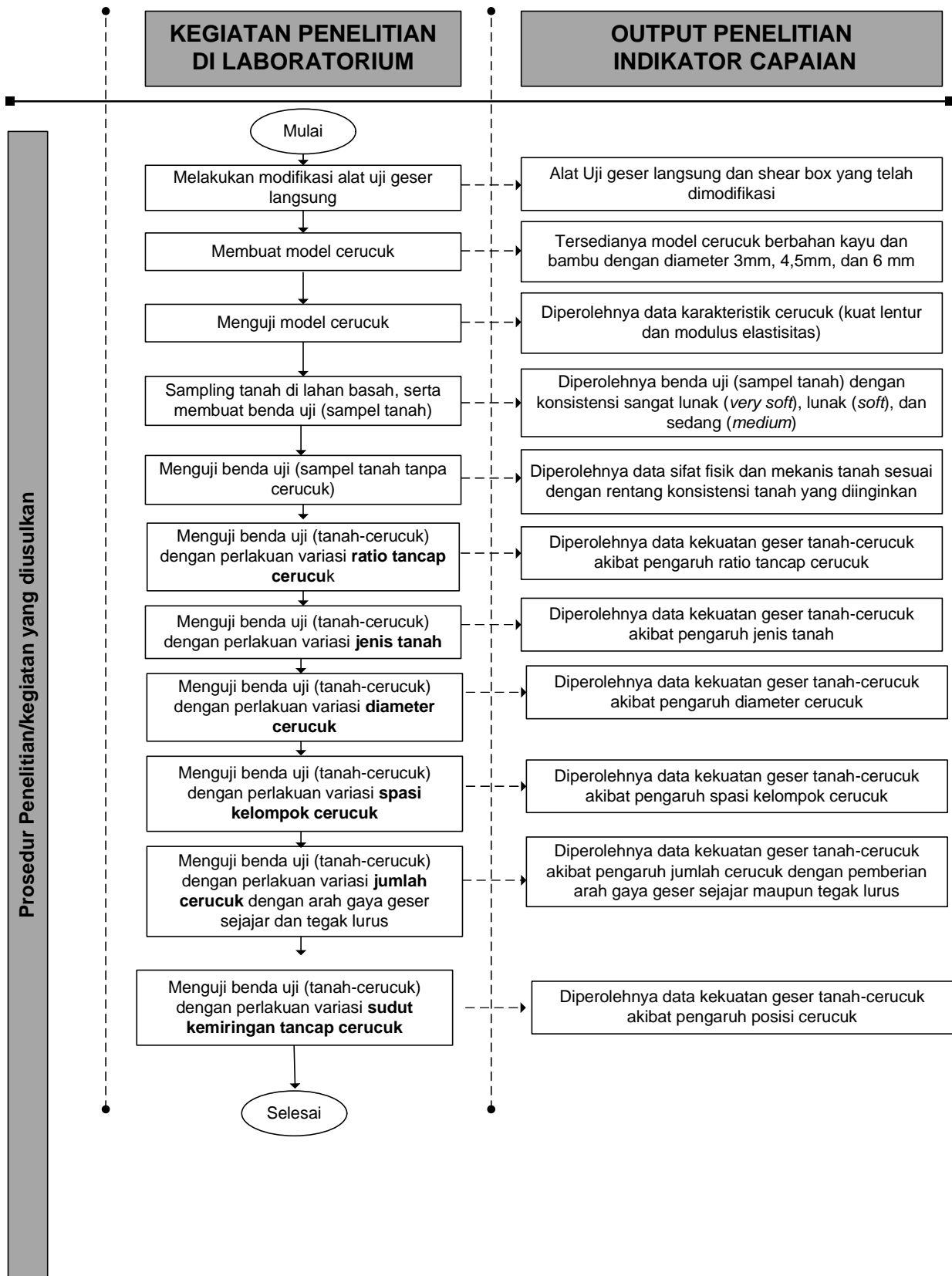
empiris cerucuk yang memperkuat stabilitas lereng. Dalam Gambar 3.2 dan 3.3 menjelaskan bagan alir rancangan penelitian ini.

3.2 Cara Analisis Hasil Penelitian

Semua pengujian terhadap benda uji dengan variasi perlakuan yang akan dilakukan menghasilkan besar gaya geser yang dapat ditahan oleh benda uji tersebut (Pgeser atau Plab). Plab untuk masing-masing variasi perlakuan dari hasil percobaan laboratorium akan dibandingkan dengan Pmax geser teoritis. Nilai parameter tersebut menjadi petunjuk dalam analisis pengaruh yang menjawab permasalahan dalam penelitian ini. Perbandingan Plab dan Pmax geser teoritis ini akan menghasilkan nilai koreksi. Selain itu hubungan Plab untuk masing-masing variasi perlakuan akan diplot kedalam bentuk korelasi grafis. Nilai tersebut akan diplot kedalam kurva hubungan regresi (korelasi parametrik dan semiparametrik).



Gambar 3.2 Bagan Alir Tahapan Rancangan Penelitian



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

Pada analisis akhirnya akan dapat ditentukan pemodelan empiris untuk kekuatan geser cerucuk dalam tanah dengan faktor-faktor koreksi. Faktor koreksi gabungan (Fk_g) tersebut merupakan unsur dari fungsi gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah cerucuk (P_{max})

Dengan menggunakan formula menurut Mochtar dan Arya (2002), dimana Fk_g ditentukan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya (hasil penelitian ini), maka perhitungan gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah cerucuk (P_{max}) dapat didekati dengan :

$$P_{\max (1 \text{ cerucuk})} = \frac{M p_{\max (1 \text{ cerucuk})}}{f m . T} \times F k_g$$

Keterangan :

P_{max} = gaya horizontal yang bekerja pada cerucuk (kg).

Fk_g = faktor koreksi gabungan dari berbagai variasi dalam penelitian ini

M_p = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat P (kg.cm).

F_m = koefisien momen akibat gaya lateral P.

D = diameter cerucuk.

T = Faktor kekakuan relatif (cm).

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

Harga f didapat dengan bantuan Gambar kurva dalam Design Manual, NAVFAC DM-7 1971) yang merupakan grafik hubungan antara f dengan *unconfined compression strength*, $q_u = 2 C_u$.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Rasio Tancap Cerucuk

Dalam kegiatan ini dilakukan pengujian geser dengan kondisi benda uji dari tanah lempung lunak yang ditancapi dengan cerucuk pada kedalaman tancap yang bervariasi rasio tancap (L/D : 5, 10, 15, dan 20). dimana spasi cerucuk yang digunakan saat pengujian adalah sebesar 3D, 5D, dan 8D.

Dalam Tabel 4.1 sampai 4.3 ditunjukkan hasil perhitungan berdasarkan pengumpulan data dari hasil pengujian laboratorium. Dalam Gambar 4.3 menjelaskan kurva hubungan yang dihasilkan. Sedangkan Gambar 4.4 merupakan sebagian dokumentasi pekerjaan di Laboratorium.

Tabel 4.1 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap Untuk Spasi 3D

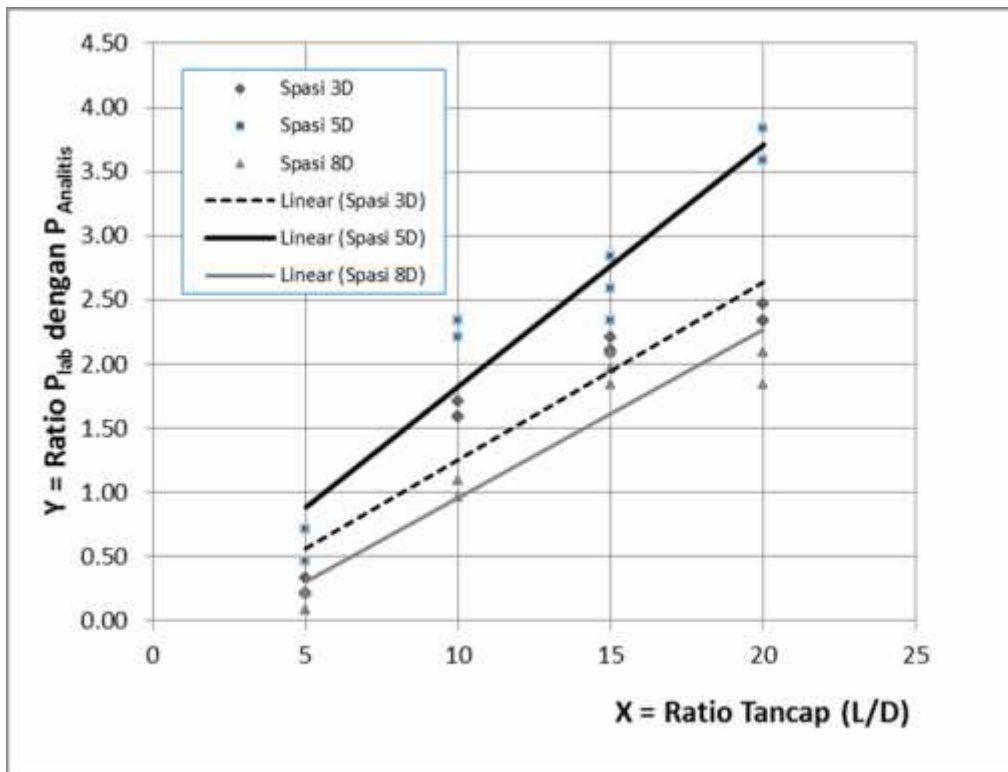
<i>Lempung Lunak, 2 btg cerucuk - D3mm</i>			VARIASI RASIO TANCAP (Spasi 3D)			
No.	Kode		Pmax* 1 cerucuk (kg)	ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	L/D	Ratio (Plab/Pmax)
1	Spasi 3D Ratio Tancap L/D 5	S(2.D3.3D). Sj.L0.I1	0.682	0.143	5	0.210
			0.682	0.228	5	0.334
			0.682	0.143	5	0.210
2	Spasi 3D Ratio Tancap L/D 10	S(2.D3.3D). Sj.L1.I1	0.682	1.082	10	1.587
			0.682	1.082	10	1.587
			0.682	1.167	10	1.711
3	Spasi 3D Ratio Tancap L/D 15	S(2.D3.3D). Sj.L2.I1	0.682	1.424	15	2.088
			0.682	1.509	15	2.213
			0.682	1.441	15	2.113
4	Spasi 3D Ratio Tancap L/D 20	S(2.D3.3D). Sj.L3.I1	0.682	1.594	20	2.337
			0.682	1.680	20	2.463
			0.682	1.594	20	2.337

Tabel 4.2 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap Untuk Spasi 5D

<i>Lempung Lunak, 2 btg cerucuk - D3mm</i>			VARIASI RASIO TANCAP (Spasi 5D)			
No.	Kode		Pmax* 1 cerucuk (kg)	ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	L/D	Ratio (Plab/Pmax)
1	Spasi 5D Ratio Tancap L/D 5	S(2.D3.5D). Sj.L0.I1	0.682	0.313	5	0.459
			0.682	0.484	5	0.710
			0.682	0.484	5	0.710
2	Spasi 5D Ratio Tancap L/D 10	S(2.D3.5D). Sj.L1.I1	0.682	1.594	10	2.337
			0.682	1.509	10	2.213
			0.682	1.594	10	2.337
3	Spasi 5D Ratio Tancap L/D 15	S(2.D3.5D). Sj.L2.I1	0.682	1.594	15	2.337
			0.682	1.936	15	2.839
			0.682	1.765	15	2.588
4	Spasi 5D Ratio Tancap L/D 20	S(2.D3.5D). Sj.L3.I1	0.682	2.448	20	3.589
			0.682	2.619	20	3.840
			0.682	2.448	20	3.589

Tabel 4.3 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Variasi Rasio Tancap Untuk Spasi 8D

<i>Lempung Lunak, 2 btg cerucuk - D3mm</i>			VARIASI RASIO TANCAP (Spasi 8D)			
No.	Kode		Pmax* 1 cerucuk (kg)	ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	L/D	Ratio (Plab/Pmax)
1	Spasi 8D Ratio Tancap L/D 5	S(2.D3.8D). Sj.L0.I1	0.682	0.057	5	0.084
			0.682	0.143	5	0.210
			0.682	0.057	5	0.084
2	Spasi 8D Ratio Tancap L/D 10	S(2.D3.8D). Sj.L1.I1	0.682	0.740	10	1.085
			0.682	0.740	10	1.085
			0.682	0.655	10	0.960
3	Spasi 8D Ratio Tancap L/D 15	S(2.D3.8D). Sj.L2.I1	0.682	1.253	15	1.837
			0.682	1.424	15	2.088
			0.682	1.338	15	1.962
4	Spasi 8D Ratio Tancap L/D 20	S(2.D3.8D). Sj.L3.I1	0.682	1.424	20	2.088
			0.682	1.253	20	1.837
			0.682	1.424	20	2.088



Gambar 4.3. Kurva hubungan variasi rasio tancap dan rasio $P_{lab}/P_{analitis}$



Gambar 4.4. Kegiatan pengujian variasi rasio tancap

Berdasarkan kurva hubungan yang dijelaskan dalam Gambar 4.3 menunjukkan bahwa tahanan geser tanah lunak (rasio $P_{lab}/P_{analitis}$) mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya nilai rasio tancap (L/D) yang digunakan. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besarnya nilai rasio tancap yang berarti bahwa semakin panjang tiang cerucuk yang menancap (tertanam) dibawah bidang geser (bidang longsor). Dengan semakin panjangnya tiang cerucuk yang tertanam maka semakin besar pula daerah kerja (daerah perlawanan) atau reaksi lateral yang terjadi pada cerucuk yang menghambat pergeseran tanah. Sehingga penambahan gaya geser yang dihasilkan oleh cerucuk menjadi semakin besar.

Pada nilai rasio tancap yang sama dalam kurva tersebut menunjukkan bahwa cerucuk-cerucuk yang menggunakan spasi 5D menghasilkan rasio $P_{lab}/P_{analitis}$ yang lebih besar dibandingkan dengan spasi cerucuk sebesar 3D dan 8D.

4.2 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi

Jumlah Cerucuk

Dalam rangka mengetahui pengaruh jumlah cerucuk dalam menerima gaya geser horisontal maka dilakukan pengujian geser dengan perlakuan variasi jumlah cerucuk. Jumlah cerucuk yang diterapkan yaitu 1 batang, 2 batang, 4 batang, dan 6 batang. Adapun macam arah pemberian gaya geser horisontal terbagi atas 2 (dua) macam, yaitu 1) arah gaya geser diberikan sejajar/paralel terhadap baris kelompok cerucuk (disebut Pola 1 dimana baris x kolom : 1x1, 1x2, 1x3, 1x4, 1x5, dan 1x6), dan 2) arah gaya geser diberikan tegak lurus terhadap baris kelompok cerucuk (disebut Pola 2 dimana baris x kolom : 1x1, 2x1, 3x1, 4x1, 5x1, dan 6x1). Untuk masing-masing benda uji dengan perlakuan yang diseragamkan yaitu : diameter cerucuk yang digunakan 3mm, spasi (jarak antar) cerucuk kelompok yang diterapkan 5D (5xdiameter), dan rasio tancap cerucuk (L/D)=15.

Dalam Tabel 4.4, Tabel 4.4, dan Gambar 4.5 menjelaskan pengaruh jumlah cerucuk terhadap gaya geser yang dapat ditahan oleh tanah lempung lunak (P_{lab} kelompok). Pada Gambar 4.5 menunjukkan hubungan rasio $P_{lab}/P_{analitis}$ dan jumlah cerucuk kelompok, baik untuk Pola 1 (pemberian arah gaya geser sejajar terhadap baris kelompok tiang cerucuk) maupun Pola 2 (pemberian arah gaya geser tegak lurus terhadap baris tiang cerucuk kelompok). Adanya penambahan jumlah cerucuk dapat meningkatkan tahanan geser tanah (dalam hal ini tahanan geser tanah diwakilkan oleh parameter rasio $P_{lab}/P_{analitis}$) terhadap gaya geser horisontal. Dimana semakin banyak jumlah cerucuk yang ditancapkan kedalam tanah lempung lunak maka semakin

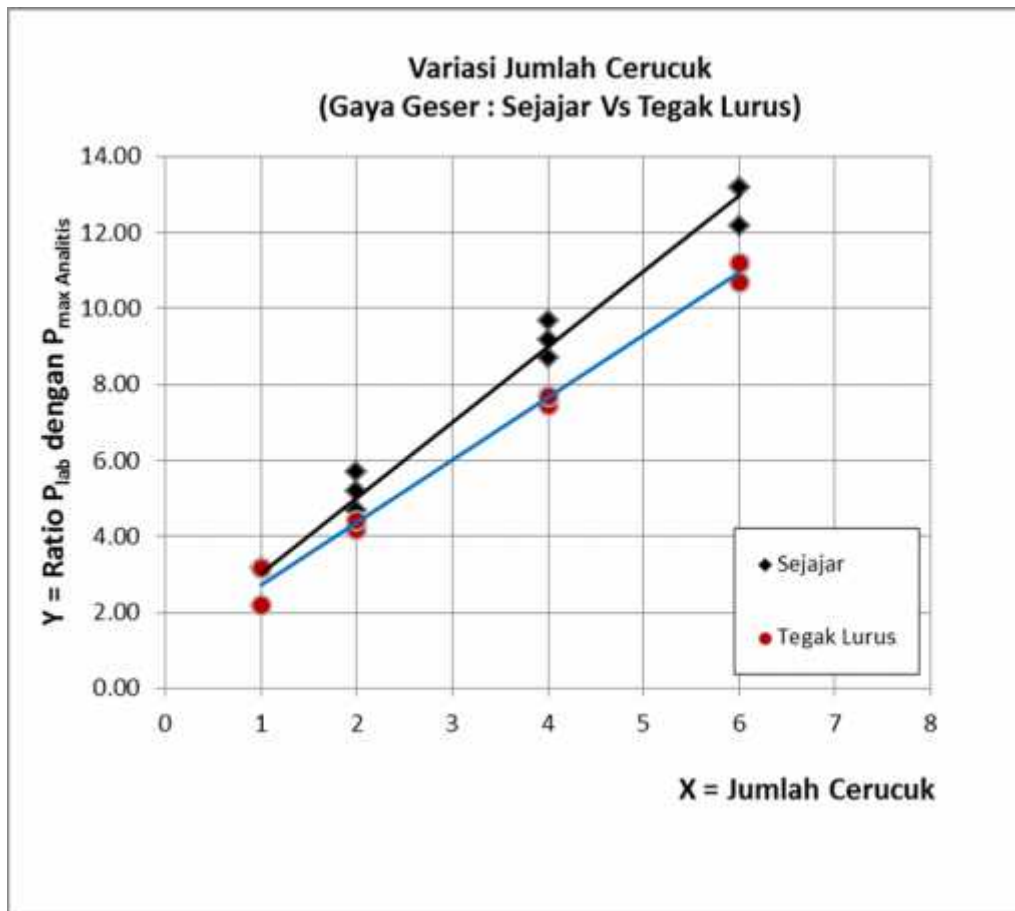
besar pula kontribusi cerucuk tersebut memberikan perlawanan terhadap adanya keruntuhan geser horisontal.

Tabel 4.4 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Jumlah Cerucuk (Pola 1)

<i>Lempung Lunak, cerucuk D3mm Ratio Tancap L/D 15 - Spasi 5D</i>			VARIASI JUMLAH CERUCUK (SEJAJAR)				
No.	Kode		ΔP lab Kelompok Cerucuk (Kg)	ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	Jumlah Cerucuk	Ratio (Plab/Pmax)	Ratio (PlabKEL/Pmax)
1	Cerucuk 1 btg	S(1.D3.). Sj.L2.II	1.480	1.480	1	2.170	2.170
			2.164	2.164	1	3.173	3.173
			2.164	2.164	1	3.173	3.173
2	Cerucuk 2 btg	S(2.D3.5D). Sj.L2.II	3.188	1.594	2	2.337	4.674
			3.872	1.936	2	2.839	5.677
			3.530	1.765	2	2.588	5.176
3	Cerucuk 4 btg	S(4.D3.5D). Sj.L2.II	5.920	1.480	4	2.170	8.680
			6.604	1.651	4	2.421	9.683
			6.264	1.566	4	2.296	9.185
4	Cerucuk 6 btg	S(6.D3.5D). Sj.L2.II	8.310	1.385	6	2.031	12.185
			8.994	1.499	6	2.198	13.188
			8.994	1.499	6	2.198	13.188

Tabel 4.5 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Jumlah Cerucuk (Pola 2)

<i>Lempung Lunak, cerucuk D3mm Ratio Tancap L/D 15 - Spasi 5D</i>			VARIASI JUMLAH CERUCUK (TEGAK LURUS)				
No.	Kode		ΔP lab Kelompok Cerucuk (Kg)	ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	Jumlah Cerucuk	Ratio (Plab/Pmax)	Ratio (PlabKEL/Pmax)
1	Cerucuk 1 btg	S(1.D3.). Tg.L2.II	1.480	1.822	1	2.672	2.170
			2.164	1.993	1	2.922	3.173
			2.164	1.822	1	2.672	3.173
2	Cerucuk 2 btg	S(2.D3.5D). Tg.L2.II	2.848	1.424	2	2.088	4.176
			2.848	1.424	2	2.088	4.176
			3.018	1.509	2	2.213	4.425
3	Cerucuk 4 btg	S(4.D3.5D). Tg.L2.II	5.068	1.267	4	1.858	7.431
			5.240	1.310	4	1.921	7.683
			5.240	1.310	4	1.921	7.683
4	Cerucuk 6 btg	S(6.D3.5D). Tg.L2.II	7.290	1.215	6	1.782	10.689
			7.632	1.272	6	1.865	11.191
			7.632	1.272	6	1.865	11.191

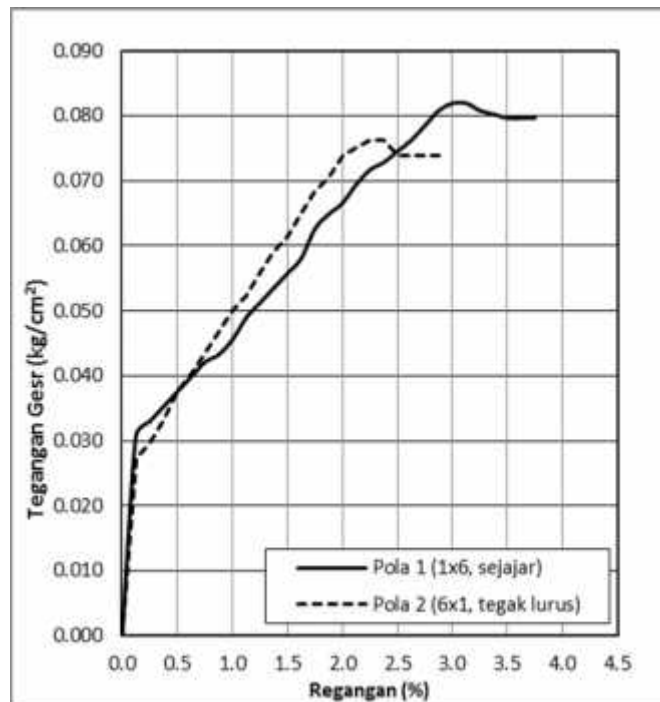


Gambar 4.5 Kurva hubungan variasi jumlah cerucuk dan rasio Plab/Panalitis

Berdasarkan Gambar 4.5 bahwa apabila ditinjau menurut pola baris-kolom yang menerima gaya geser maka kelompok cerucuk dengan Pola 1 (menerima gaya geser pada arah sejajar) menghasilkan tahanan geser yang lebih besar daripada kelompok cerucuk Pola 2. Salah satu penyebab terjadinya hal tersebut antara lain yaitu pada Pola 1 menghasilkan tegangan geser dan regangan yang lebih besar daripada kelompok cerucuk dengan Pola 2. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan kurva hubungan tegangan-regangan dalam Gambar 4.6 yang merupakan salah satu contoh hasil pengujian di laboratorium.

Semakin banyak jumlah cerucuk yang ditancapkan kedalam tanah maka semakin meningkat kekakuan dan diameter ekivalen antar tiang cerucuk didalam tanah. Hal ini menyebabkan perubahan kondisi tanah disekitar cerucuk menjadi relatif lebih padat dari kondisi sebelumnya. Adanya peningkatan kepadatan tanah tersebut memberikan kontribusi mobilisasi kekuatan sistem tanah-cerucuk untuk memberikan perlawanan terhadap keruntuhan geser horisontal yang terjadi. Peningkatan kekuatan tanah akibat adanya peningkatan jumlah cerucuk dapat dijelaskan melalui Gambar 4.6. Dengan memasang sejumlah cerucuk pada tanah maka kekuatan geser tanah meningkat dari semula. Hal ini juga karena cerucuk berfungsi sebagai

pasak/tulangan dalam tanah sehingga memberikan tambahan dukungan terhadap geseran horisontal.



Gambar 4.6 Hubungan Tegangan-Regangan Variasi Jumlah Cerucuk



Gambar 4.7 Pengujian geser untuk variasi jumlah cerucuk 2(dua) arah gaya geser

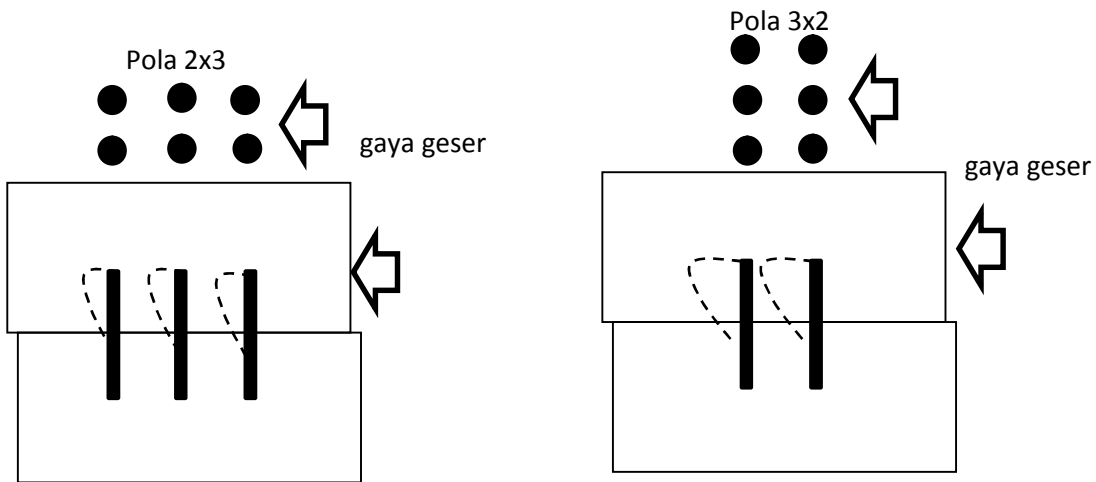
4.3 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Pola Pemasangan Cerucuk

Benda uji dengan perlakuan variasi pola pemasangan cerucuk dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan tahanan geser tanah. Adapun variasi pola pemasangan cerucuk yang diterapkan adalah pola persegi baris x kolom kelompok tiang cerucuk yaitu: 1) pola 2x3 (dimana arah gaya geser yang diberikan sejajar terhadap baris kelompok tiang cerucuk), dan 2) pola 3x2 (dimana arah gaya geser yang diberikan tegak lurus terhadap baris kelompok tiang cerucuk). Masing-masing benda uji dari pola pemasangan tersebut menggunakan parameter pengujian yang dibuat sama, yaitu: diameter tiang cerucuk yang digunakan sebesar 3mm, rasio tancap yang diterapkan $(L/D)=15$, spasi antar tiang cerucuk sebesar 5D, serta jumlah tiang cerucuk yang digunakan sebanyak 6 batang.

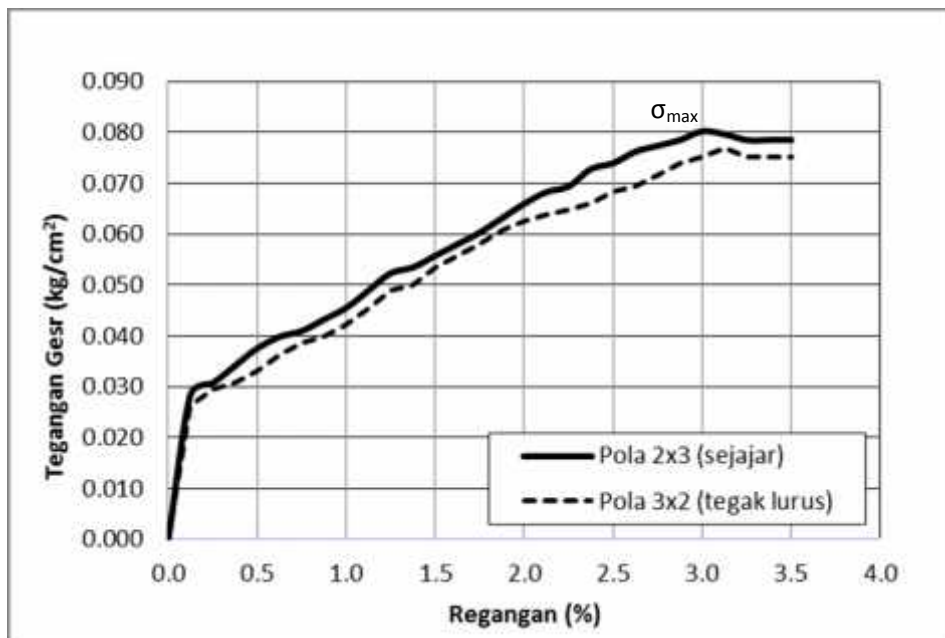
Dalam Tabel 4.6 menjelaskan pengaruh pola pemasangan terhadap tahanan geser tanah yang diwakili oleh parameter rasio $P_{lab}/P_{analitis}$. Berdasarkan gambar tersebut dapat dinyatakan bahwa pola pemasangan tiang cerucuk 2x3 menghasilkan tahanan geser tanah yang lebih besar dibandingkan dengan pola pemasangan tiang cerucuk 3x2. Jadi, pola pemasangan tiang cerucuk 2x3 dapat menghasilkan tahanan geser tanah yang lebih besar daripada pola pemasangan 3x2. Hal ini terjadi karena pada pola-pola pemasangan 2x3 kemampuan tiang-tiang cerucuk dalam menghasilkan mobilisasi perlawanan terhadap gaya geser horisontal (longsoran) menjadi lebih maksimal (lihat ilustrasi dalam Gambar 4.8). Adanya jumlah cerucuk yang lebih banyak dalam arah sejajar untuk melawan gaya longsoran pada pola pemasangan 2x3 mampu meningkatkan tahanan geser tanah. Oleh sebab itu pada pola pemasangan 2x3 saat mengalami deformasi akibat adanya gaya longsoran maka menghasilkan tegangan maksimum yang lebih besar dibandingkan pada pola pemasangan tiang cerucuk 3x2 (lihat Gambar 4.9).

Tabel 4.6 Nilai Rasio $P_{lab}/P_{analitis}$ dan Variasi Pola Pemasangan

<i>Lempung Lunak, 6 btg cerucuk-D3mm Ratio Tancap L/D 15 - Spasi 5D</i>			VARIASI POLA PEMASANGAN CERUCUK					
No.	Kode		Jumlah Cerucuk (bh)	Diameter Cerucuk (cm)	L (cm)	Panalitis 1 cerucuk (kg)	P lab 1 Cerucuk (Kg)	Ratio (Plab/Panalitis)
1	Pola 3 x 2	S(6.3x2D	6	0.300	4.500	0.682	1.101	1.614
		3.5D).	6	0.300	4.500	0.682	1.129	1.655
		L2.II	6	0.300	4.500	0.682	1.101	1.614
2	Pola 2 x 3	S(6.2x3D	6	0.300	4.500	0.682	1.272	1.865
		3.5D).	6	0.300	4.500	0.682	1.243	1.823
		L2.II	6	0.300	4.500	0.682	1.272	1.865



Gambar 4.8 Ilustrasi deformasi pola pemasangan cerucuk 2x3 dan 3x2



Gambar 4.9 Hubungan tegangan-regangan pola pemasangan 2x3 dan 3x2

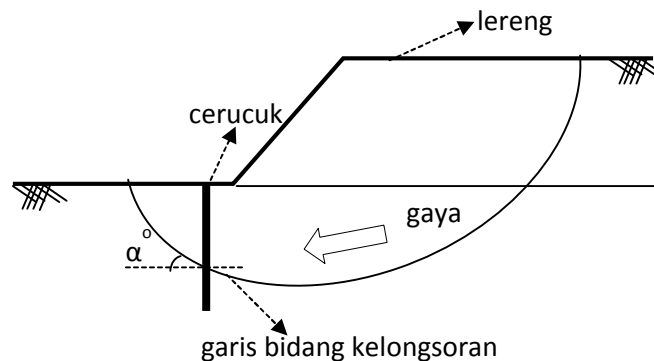


Gambar 4.10 Pengujian variasi pola pemasangan

4.4 Peningkatan Tahanan Geser Tanah Lunak Lahan Basah Akibat Pengaruh Variasi Posisi Tancap Cerucuk

Untuk mengetahui pengaruh posisi atau lokasi tancap cerucuk terhadap peningkatan tahanan geser tanah pada stabilitas lereng yang akan mengalami kelongsoran, maka tiang cerucuk ditancap memotong garis bidang longsor yang membentuk sudut (α) yang bervariasi. Variasi sudut garis bidang kelongsoran (α) yang diterapkan adalah 0^0 , 15^0 , 30^0 , dan 45^0 terhadap garis horisontal. Dalam Gambar 4.11 menunjukkan ilustrasi posisi tiang cerucuk memotong garis kelongsoran yang memiliki kemiringan sudut α di lapangan.

Dalam pengujian di laboratorium, masing-masing benda uji dengan perlakuan variasi sudut garis bidang kelongsoran (α) menggunakan parameter pengujian yang sama yaitu : batang cerucuk yang digunakan memiliki diameter 3mm, jumlah tiang cerucuk yang dipasang sebanyak 2 batang (pola pemasangan baris x kolom : 1x2), rasio tancap yang diterapkan (L/D)=15, spasi antar cerucuk yang digunakan sebesar 5D, dan arah gaya geser yang diberikan sejajar baris cerucuk.

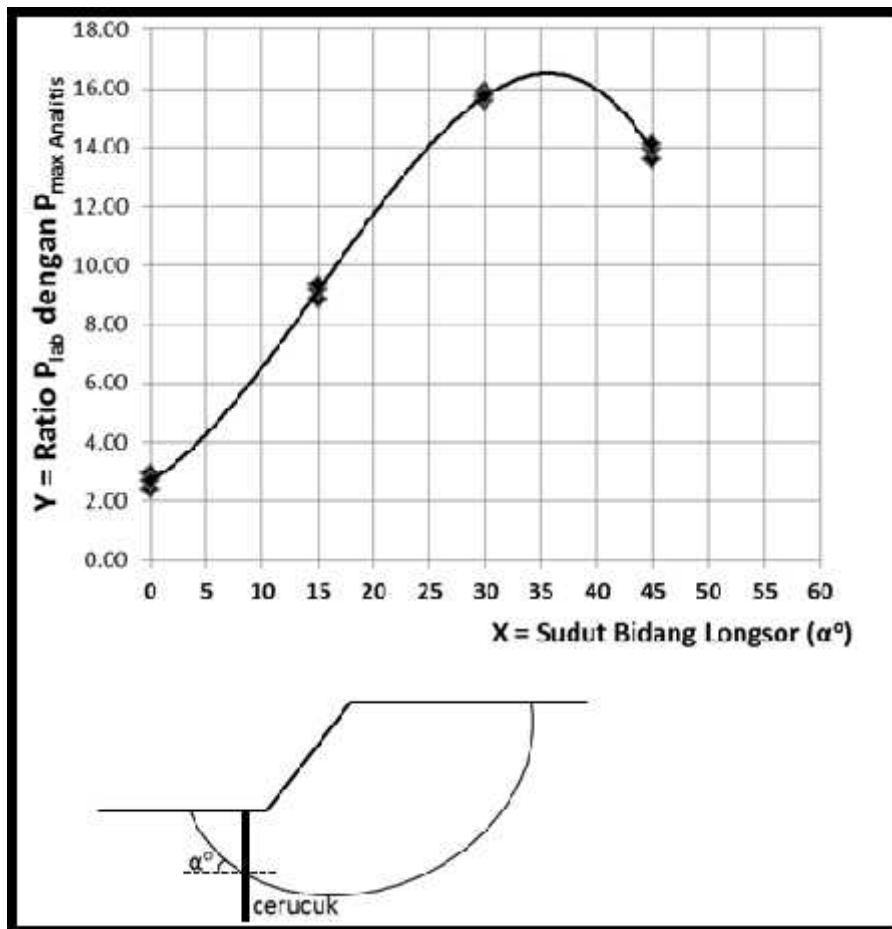


Gambar 4.11 Ilustrasi posisi tiang cerucuk pada garis kelongsoran dengan sudut α di lapangan

Berdasarkan data dalam Tabel 4.7 dan Gambar 4.12 maka dapat dinyatakan bahwa apabila tiang cerucuk dipancang pada lereng yang memotong garis bidang kelongsoran yang memiliki sudut 30^0 dan 45^0 terhadap garis horisontal maka rasio $Plab/Panalitis$ menjadi meningkat. Dalam hal ini parameter rasio $Plab/Panalitis$ merupakan interpretasi dari tahanan geser tanah dalam menahan kelongsoran. Selain itu juga dapat dinyatakan bahwa posisi cerucuk yang memotong garis bidang kelongsoran dengan sudut 0^0 adalah dalam kondisi kritis (minimum) dimana mobilisasi gaya geser lateral dalam kondisi maksimum dari massa tanah longsor.

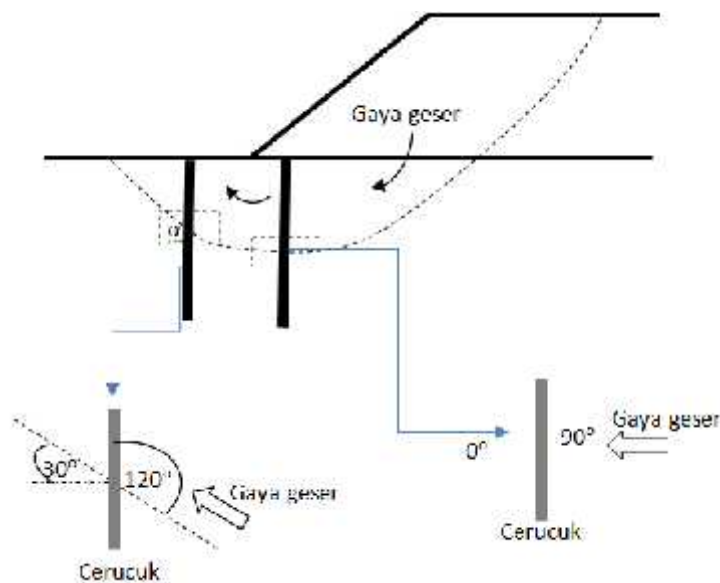
Tabel 4.7 Nilai Rasio Plab/Panalitis dan Variasi Posisi Tancap Cerucuk

Lempung Lunak, 2 btg cerucuk-D3mm Ratio Tancap L/D 15 - Spasi 5D			VARIASI POSISI CERUCUK		
No.	Kode		ΔP lab 1 Cerucuk (Kg)	Sudut Bidang Longsor (α°)	Ratio (Plab/Pmax)
1	Sudut Bidang Longso 90°	S(2.D3.5D). Sj.L2.11	1.594	0	2.419
			1.936	0	2.938
			1.765	0	2.678
2	Sudut Bidang Longso 45°	S(2.D3.5D). Sj.L2.12	8.300	45	13.607
			8.500	45	13.934
			8.600	45	14.098
3	Sudut Bidang Longso 30°	S(2.D3.5D). Sj.L2.13	9.500	30	15.574
			9.700	30	15.902
			9.600	30	15.738
4	Sudut Bidang Longso 15°	S(2.D3.5D). Sj.L2.14	5.400	15	8.852
			5.600	15	9.180
			5.700	15	9.344



Gambar 4.12 Kurva hubungan variasi posisi tancap cerucuk dan rasio Plab/Panalitis

Peningkatan tahanan geser tanah akibat adanya cerucuk yang dipancang tepat memotong garis bidang longsor yang memiliki sudut 30° dan 45° adalah sangat signifikan. Kondisi ini terjadi karena pada saat massa tanah mengalami pergeseran garis lingkaran kelongsoran, posisi cerucuk yang berada pada garis bidang longsornya yang memiliki sudut 30° dan 45° telah membentuk daerah kerja (luasan) massa tanah bersudut tumpul yang relatif lebih besar dibandingkan daerah kerja (luasan) massa tanah yang dihasilkan oleh sudut 0° (lihat ilustrasi dalam Gambar 4.13). Hal ini mengakibatkan posisi cerucuk yang memotong garis kelongsoran bersudut 30° dan 45° dapat menghasilkan posisi yang lebih stabil serta dapat meningkatkan tahanan geser tanah menjadi lebih besar.



Gambar 4.13 Ilustrasi daerah kerja (luasan) variasi sudut garis kelongsoran

Apabila posisi cerucuk diletakkan tepat memotong garis bidang longsor yang memiliki sudut 45° maka tahanan geser tanah yang dihasilkan lebih kecil daripada yang dihasilkan oleh sudut 30° . Kondisi ini terjadi antara lain karena sudut yang dibentuk terhadap horisontal oleh kedua besaran sudut tersebut merupakan fungsi matematis trigonometri yaitu fungsi Cosinus (Cos). Dimana nilai $\text{Cos } 45^{\circ}$ (0.707) adalah lebih kecil daripada nilai $\text{Cos } 30^{\circ}$ (0.866).

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tahanan geser tanah mengalami peningkatan seiring dengan semakin panjangnya tiang cerucuk dibawah bidang longsor. Hal ini karena luasan daerah kerja pada batang cerucuk yang panjang menjadi lebih besar.
2. Spasi cerucuk sebesar 5D dapat menghasilkan tahanan geser tanah yang optimum.
3. Semakin banyak jumlah cerucuk yang digunakan maka semakin besar pula tahanan geser tanah yang dihasilkan.
4. Arah gaya geser terhadap baris kelompok cerucuk dapat mempengaruhi tahanan geser tanah. Tahanan geser tanah yang dihasilkan oleh kelompok cerucuk yang menerima gaya horisontal (gaya geser) dalam arah sejajar dengan baris kelompok cerucuk adalah lebih besar daripada dalam arah tegak lurus.
5. Pola pemasangan cerucuk mempengaruhi tahanan geser tanah. Dimana semakin banyak jumlah cerucuk dalam satu susunan baris yang sejajar menerima arah gaya geser maka semakin meningkat pula tahanan geser tanah yang dihasilkan.
6. Lokasi posisi tancap tiang cerucuk pada garis lengkung bidang kelongsoran lereng dapat menghasilkan pengaruh yang signifikan. Posisi tiang cerucuk yang tepat memotong garis lengkung bidang longsor yang membentuk sudut 30° dan 45° menghasilkan tahanan geser yang lebih besar dibandingkan pada sudut 0° .

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil kajian menunjukkan bahwa :

1. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan menambahkan alat ukur tegangan-regangan digital (seperti strain indicator) yang dapat dipasang pada dinding box geser agar besaran tegangan-regangan yang terjadi dapat diketahui dengan baik.
2. Perlu dilakukan variasi lainnya seperti dengan adanya kombinasi penggunaan bahan sintetis (contoh : geotextile) dan hujan buatan dengan variasi frekwensi intensitas hujan pada permukaan tanah didalam box geser.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashour M dan Ardalan H, 2012, Analysis of pile stabilized slopes based on soil-pile interaction, *Computers and Geotechnics-ELSEVIER*, 39:85-97.
- Chen, L., dan Poulos, H. G., 1994, A method of pile-soil interaction analysis for piles subjected to lateral soil movement, *Proc. • 8th Int. Conf. on Compo Methods and Adv. in Geomech.*, 2311-2316.
- DeBeer, E. E., dan Wallays, M., 1970, Stabilization of a slope in schist by means of bored piles reinforced with steel beams, *Proceeding 2nd International Congress Rock Mechanics*, Vol. 3, 361-369.
- Frank, R., dan Pouget, P., 2008, Experimental pile subjected to long duration thrusts owing to a moving slope, *Geotechnique*, Vol.8 : 645-658.
- Ito, T. dan Matsui, T. 1975, Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles, *Soils and Foundations*, Vol. 15, No.4, pp43-59.
- Ito, T., Matsui, T., dan Hong, W. P., 1979, Design method for the stability analysis of the scope with landing pier, *Soils and Foundations*, Vol.19, No.4, pp.43-57.
- Ito, T., Matsui, T., dan Hong, W. P., 1981, Design method for stabilizing piles against landslide - one row of piles, *Soils and Foundations*, Vol.21, No.1, pp.21-37.
- Jeoung S, Kim B, Won J, dan Lee J, 2003, Uncoupled analysis of stabilizing piles in weathered scopes, *Computers and Geotechnics-ELSEVIER*, 30(8), 671-682
- Kourkoulis, R., Gelagoti, F., Anastasopoulos, I., dan Gazetas, G., 2012, Hybrid method for analysis and design of slope stabilizing piles, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE.
- Lee, C. Y., Hull, T. S., dan Poulos, H. G., 1995, Simplified pile-slope stability analysis, *Computers and Geotechnics-ELSIVIER*, Vol. 17, pp. 1-16.
- Liliwarti, 2007, Pengukuran geser pada interface kayu-tanah dengan pengujian geser langsung (Direct Shear), *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol III, No.1, hal.8-16
- Lirer S., 2012, Landslide stabilizing piles : Experimental evidences and numerical interpretation, *Engineering Geology-ELSEVIER*, 149-150: 70-77
- Mochtar, I. B., 2000, Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils), *Penerbit Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS*, Surabaya.
- Mochtar, I. B. dan Arya I.W., 2002, Pengaruh penambahan cerucuk terhadap peningkatan kuat geser tanah lunak pada pemodelan di laboratorium, *Tesis Bidang Geoteknik*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana ITS Surabaya.
- Muthukkumar, K, Sundaravadelu, R, dan Gandhi, S.R., 2004, Effect of sloping ground on single pile load deflection behaviour under lateral soil movement, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, Paper no.2147.
- NAVFAC DM-7, 1971, Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structures, *Depth. Of the Naval Facilities Engineering Command*, Virginia, USA.
- Poulos, H.G., L.T. Chen, dan Hull T.S, 1995. Model tests on single piles subjected to lateral soil movement. *Soil and foundations*, Vol.35, No.4, pp.85-92.
- Won J, You K, Jeong S, dan Kim S., 2005, Coupled effects in stability analysis of pile-slope systems. *Computers and Geotechnics-ELSEVIER*, 32 (4): 304–315.
- Wei W.B. dan Cheng Y.M., 2009, Strength reduction analysis for slope reinforced with one row of piles, *Computers and Geotechnics-ELSEVIER*, Vol.36 : 1176-1185.
- Yang S., Ren X., dan Zhang J., 2011, Study on embedded length of piles for slope reinforced with one row of piles, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 3(2):167-178