

UJI MODEL PERKUATAN LERENG DENGAN CERUCUK KAYU PADA TANAH LUNAK

Ahmad Gasruddin

(Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unidayan Baubau)

Email : agash778@gmail.com

ABSTRAK

Metode perbaikan pada tanah telah banyak dikembangkan, utamanya perbaikan pada tanah lunak yang mempunyai daya dukung rendah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan pemanfaatan kayu dolken sebagai bahan perkuatan tanah yang dimodelkan sebagai cerucuk untuk digunakan sebagai perkuatan pada tanah yang memiliki kapasitas dukung yang rendah serta mengevaluasi bagaimana perilaku deformasi tanah yang telah diperkuat oleh kayu dolken sebagai cerucuk. Penelitian ini menggunakan beberapa tahap, yaitu pengujian karakteristik fisis dan mekanis tanah seperti kadar air, berat jenis, Atterberg, analisa saringan, kompaksi, kuat tekan bebas dan geser langsung, pengujian tersebut menggunakan referensi dari SNI dan ASTM. Pada tahap selanjutnya dilakukan uji model laboratorium dengan penggunaan kayu dolken sebagai cerucuk. Di sini dilakukan pengukuran deformasi dan penurunannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan dan deformasi yang terjadi dengan adanya perkuatan cerucuk dapat mereduksi penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan. Adapun presentase reduksi penurunan dengan perkuatan cerucuk diperoleh sebesar 23,16 % dibawah embankment. Hasil analisis numerik diperoleh safety factor penggunaan cerucuk miring sebesar 1,3. Hasil ini menunjukkan kestabilan lereng diatas tanah lunak dengan menggunakan cerucuk lebih baik dibanding tanpa perkuatan cerucuk.

Kata kunci: Kayu dolken, cerucuk, deformasi, perkuatan, *safety factor*

A. PENDAHULUAN

Micropile telah dikenal di negara Italia sejak awal tahun 1950, dimana saat itu digunakan untuk memperbaiki struktur pondasi bangunan monumen bersejarah yang mengalami kerusakan akibat perang dunia kedua. Di Indonesia penggunaan *micropile* sebagai perkuatan pada tanah atau pada stuktur bangunan telah diterapkan.

Metode dengan memberikan perkuatan pada tanah (*soil reinforcement*) telah banyak dikembangkan saat ini, beberapa diantara

perkuatan pada tanah yaitu menggunakan balok kayu dengan metode cerucuk, membuat anyaman kayu atau rakit bambu. Penggunaan model pondasi raft dan pile untuk mereduksi penurunan khususnya pada jalan raya yang dibangun di atas tanah lunak (Harianto dkk., 2010).

B. KAJIAN PUSTAKA

1. Isu Permasalahan Tanah Lunak

Struktur bangunan sipil sebagian besar didukung oleh tanah. Umumnya bangunan sipil terdiri atas dua bagian yaitu bangunan atas (*upper-structure*) dan bangunan bawah (*sub-structure*). Bangunan yang berada dibawah tanah adalah merupakan bagian yang pada prinsipnya meneruskan beban-beban yang ada pada struktur atas dengan tanah pendukung. Permasalahan utama bila suatu bangunan dibangun diatas tanah lunak adalah daya dukung dan penurunan (Bowles, 1993).

2. Kapasitas Dukung Tanah

Kapasitas dukung ultimit (*ultimate bearing capacity*)(q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan, seperti ditunjukkan oleh persamaan

$$q_u = \frac{P_u}{A} \quad (1)$$

Dimana :

q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m²)
 P_u = beban ultimit (kN)
 A = luas beban (m²)

3. Stabilitas Lereng

Banyaknya metode untuk menganalisis stabilitas lereng diharapkan dapat digunakan untuk menganalisis dan memeriksa sejauh mana keamanan suatu lokasi atau suatu konstruksi berada pada kemiringan tertentu dengan beban yang dialaminya. Adapun metode-metode yang digunakan diantaranya:

- a. Metode Irisan
- b. Metode Fellenius

- c. Metode Bishop
- d. Metode Elemen Hingga

Dalam menganalisis stabilitas suatu lereng yang diharapkan adalah bagaimana menentukan faktor keamanan, dimana faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau dapat ditunjukkan dengan persamaan

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (2)$$

Dimana :

F_s = Angka keamanan
 τ_f = Kuat geser rata-rata (kN/m²)
 τ_d = Tegangan geser rata-rata (kN/m²)

4. Karakteristik Kayu

Sifat fisis dan mekanis yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi antara lain:

- 1) Kadar air, yaitu kayu merupakan bahan yang memiliki sifat higroskopis dimana dapat menyerap dan melepaskan air, sehingga kadar air dapat berubah ubah sesuai dengan suhu dan kelembabannya.
- 2) Kuat tekan, yaitu kemampuan kayu menahan tekanan yang bekerja searah serat kayu atau melintang serat kayu.
- 3) Kuat belah, yaitu kemampuan kayu menahan gaya-gaya yang berusaha membelah kayu.
- 4) Kuat tarik, yaitu kemampuan kayu menahan gaya tarik yang terjadi pada kayu dengan dua arah berlawanan.
- 5) Kuat lentur, yaitu kemampuan kayu untuk menahan gaya yang berusaha

melengkungkan kayu dengan satu kali tekanan secara terus menerus.

5. Karakteristik Tanah Lempung

Lempung dapat didefinisikan sebagai susunan partikel yang ukurannya kurang dari 0,002 mm (Das, 1995). Menurut Hardiyatmo (2010), sifat-sifat yang ada pada tanah lempung adalah ukuran butiran-butiran halusness <0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler yang tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

Partikel lempung berasal dari pelapukan tanah yang berupa susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Terdapat banyak mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Terdapat juga kelompok yang lain, misalnya: *chlorite*, *vermiculite*, dan *halloysite* (Hardiyatmo, 2010). Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung.

6. Teknologi Perkuatan dan Pemodelan Numerik

Dalam usaha untuk memberikan perkuatan terhadap tanah, terdapat beberapa macam cara yang dapat dilakukan seperti *stone column*, *root pile* atau *micropile*, *soil*

nailing dan *reinforced earth* (tanah yang diperkuat dengan bahan pengikat buatan).

a. *Root Pile*

Root pile atau *micropile* merupakan penggunaan tiang pancang kecil berdiameter 7,5 – 25 cm, yang umumnya digunakan berbahan beton dengan penulangan ditengah. Tiang-tiang mikro ini dipasang sebagai grup tiang atau tiang satu-satu secara vertical ataupun secara miring. Fungsi tiang mikro ini disamping memberikan tambahan kekuatan pada tanah, juga sebagai pasak terhadap geser pada bidang longsor geser sirkular.

b. *Soil Nailing*

Cara ini terdiri dari sekelompok batang-batang dalam tanah serupa paku-paku dalam tanah. Batang-batang tersebut umumnya digrouting ke dalam tanah. Fungsi utamanya ialah memperkuat tanah dengan menyuntikkan massa tanah disuatu bidang yang kurang stabil (misalnya pada talud dan lereng-lereng).

c. *Reinforced Earth*

Reinforced earth disini termasuk semua perkuatan-perkuatan tanah yang menggunakan bahan *geosynthetic*, bahan-bahan khusus dari metal, *ground anchor* dan perkuatan sistem *tieback*. Beberapa diantara material perkuatan berbahan *geosynthetic* yang biasa dipergunakan untuk perkuatan tanah (*soil reinforcement*) meliputi *geotextile*, *geogrid*, dan *geolinear element*.

d. Program *PLAXIS*

PLAXIS adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan

metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas dalam bidang rekayasa geoteknik. Prosedur pembuatan model secara grafis yang mudah memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang rumit dapat dilakukan dengan cepat, sedangkan berbagai fasilitas yang tersedia dapat digunakan untuk menampilkan hasil komputasi secara mendetail.

Aplikasi geoteknik umumnya membutuhkan model konstitutif tingkat lanjut untuk memodelkan perilaku tanah maupun batuan yang non-linear, bergantung pada waktu serta anisotropis. Program *PLAXIS* dilengkapi oleh beberapa fitur untuk menghadapi berbagai aspek struktur dan geoteknik yang kompleks.

C. METODE PENELITIAN

1. Tinjauan Umum Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan melakukan pengujian kayu dolken sebagai cerucuk dalam sampel model tanah pada uji permodelan skala laboratorium. Analisis numerik akan dilakukan dengan menggunakan program berbasis metode elemen hingga *PLAXIS*.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Waktu pelaksanaan pengujian direncanakan dilakukan selama kurang lebih tiga bulan.

3. Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data untuk sampel tanah lunak dan kayu sebagai cerucuk dilakukan di laboratorium dengan melakukan pengujian sifat-sifat fisis dan mekanis tanah lempung serta pemeriksaan karakteristik kayu dolken (mangrove).

4. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan penelitian antara lain :

- a. Tanah lunak (Lempung)
- b. Kayu dolken (mangrove)

Alat penelitian :

- Bak Uji Model

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Tanah Asli (Lempung)

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium mekanika tanah diperoleh data-data karakteristik fisik dan mekanis tanah seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Tanah Asli

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
Pengujian Karakteristik tanah asli Kadar air (w) Berat Jenis (Gs)	35.06 % 2.72
Pemeriksaan Analisa Saringan a. Berbutir Halus b. Berbutir Kasar	50.80 % 49.20 %
Atterberg Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Indeks Plasiris (PI) Batas Susut (SL)	44.15 % 32.61 % 11.54 % 18.47 %
Pengujian Sifat Mekanis Tanah Dasar Berat Isi Tanah Dasar	1.42 gr/cm ³
Kuat Tekan Bebas a. qu b. Modulus elastisitas	0.44 kg/cm ² 2500 kN/m ²
Pengujian Geser Langsung a. Kohesi (c) b. Sudut Geser Dalam (ϕ)	0.18 kg/cm ² 11.98°
Pengujian Sifat Mekanis Tanah Embankment Berat Isi Tanah Embankment	1.6 gr/cm ³
Kuat Tekan Bebas a. qu b. Modulus elastisitas	0.6 kg/cm ² 6000 kN/m ²
Pengujian Geser Langsung a. Kohesi (c) b. Sudut Geser Dalam (ϕ)	0.22 kg/cm ² 14.96°

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Menurut AASHTO bahwa persentase bagian tanah yang lolos saringan no. 200 diperoleh hasil tanah tersebut lebih dari 50 % (> 35 %) sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok tanah berlanau atau berlempung (A-4, A-5, A-6, A-7).

Menurut USCS bahwa analisa saringan didapatkan tanah lolos saringan No. 200 lebih dari 50 % sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus. Dengan batas cair (LL) = 44,15 % dan Indeks Plastisitas (PI) = 11,54 %, maka tanah tergolong dalam klasifikasi ML dan OL

(Lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah dan lanau tak organik).

2. Karakteristik Kayu (Dolken)

Hasil pengujian laboratorium diperoleh data-data fisik dan mekanis dari kayu dolken.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Kadar Air

No.	Kode	Jenis Kayu	Berat Sebelum Di Oven (gr)	Berat Sesudah Di Oven (gr)	Kadar Air (%)
1.	A4	Dolken	43,00	36,00	19,44
2.	B4	Dolken	45,00	37,00	21,62
3.	C4	Dolken	47,00	38,00	23,68
Kadar air rata - rata					21,58

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tarik

No.	Kode	Jenis Kayu	Ukuran		Beban Tarik (N)	Kuat Tarik (f _t) (Mpa)	Elastisitas (ε)
			B (mm)	H (mm)			
1.	K1	Dolken	100,00	5,00	9512	19,025	704,626
2.	K2	Dolken	100,00	5,00	9610	19,221	725,322
3.	K3	Dolken	100,00	5,00	10591	21,182	847,925
4.	K4	Dolken	100,00	5,00	8727	17,456	623,423
5.	K5	Dolken	100,00	5,00	7845	15,691	550,549
Rata - rata					9257	18,515	690,243

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Sejajar Serat

No.	Kode	Jenis Kayu	Ukuran		Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (f _c) (Mpa)	Elastisitas (ε)
			B (mm)	H (mm)			
1.	K1	Dolken	20,00	40,00	20201	25,252	1262,606
2.	K2	Dolken	20,00	40,00	18142	22,678	788,896
3.	K3	Dolken	20,00	40,00	19809	24,762	1100,524
4.	K4	Dolken	20,00	40,00	17259	21,575	690,388
5.	K5	Dolken	20,00	40,00	19613	24,517	980,665
Rata - rata					19005	23,757	964,596

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Tegak Lurus Serat

No.	Kode	Jenis Kayu	Ukuran		Beban Tekan (N)	Kuat Tekan (f_c) (Mpa)	Elastisitas (c) (Mpa)
			B (mm)	H (mm)			
1.	K1	Dolken	60,00	20,00	16671	13,893	476,323
2.	K2	Dolken	60,00	20,00	18926	15,772	788,618
3.	K3	Dolken	60,00	20,00	17848	14,873	575,745
4.	K4	Dolken	60,00	20,00	18632	15,527	690,098
5.	K5	Dolken	60,00	20,00	16180	13,484	425,815
Rata-rata					17651	14,710	591,320

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lentur

No.	Kode	Jenis Kayu	Jarak Tumpuan (L) (mm)	Ukuran		Beban Lentur (N)	Kuat Lentur (f_b) (Mpa)
				B (mm)	H (mm)		
1.	K1	Dolken	265,00	20,00	20,00	2059	102,326
2.	K2	Dolken	265,00	20,00	20,00	2108	104,763
3.	K3	Dolken	265,00	20,00	20,00	2255	112,072
4.	K4	Dolken	265,00	20,00	20,00	2108	104,763
5.	K5	Dolken	265,00	20,00	20,00	2157	107,199
Rata-rata						2137	106,224

Sumber: Hasil Uji laboratorium

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Belah

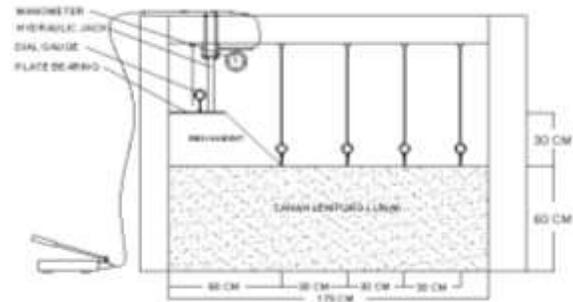
No.	Kode	Jenis Kayu	Lebar Benda Uji (mm)	Beban Belah (N)	Kuat Belah (f_{cb}) (Mpa)
1.	K1	Dolken	40,00	1176,80	29,42
2.	K2	Dolken	40,00	1225,83	30,65
3.	K3	Dolken	40,00	1196,41	29,91
4.	K4	Dolken	40,00	1176,80	29,42
5.	K5	Dolken	40,00	1206,22	30,16
Rata-rata				1196,41	29,91

Sumber: Hasil Uji laboratorium

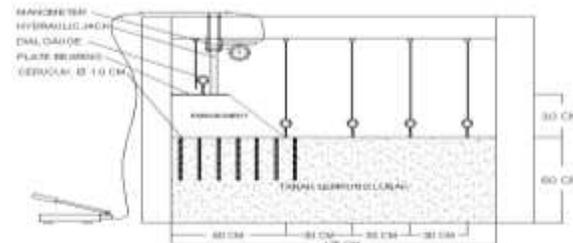
3. Uji Model Perkuatan

Pengujian model dilakukan dalam 2 formasi yang berbeda, yang pertama adalah model uji tanpa perkuatan. Model ini untuk menganalisa kondisi tanah dan timbunan yang menerima beban sebagai parameter analisa bagi model perkuatan tanah dengan mikro *root pile* yang dibuat. Model

perkuatan dengan cerucuk tegak menggunakan kayu dolken dengan jarak antar tiang 10 cm.



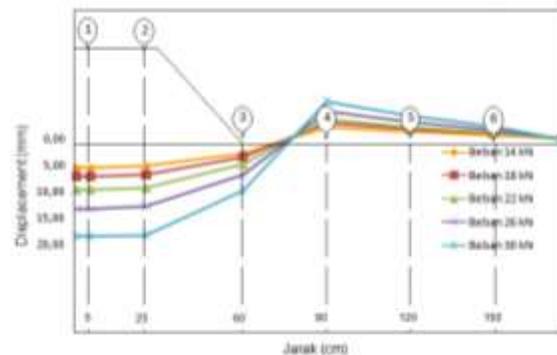
Gambar 1. Uji Model Tanpa Perkuatan



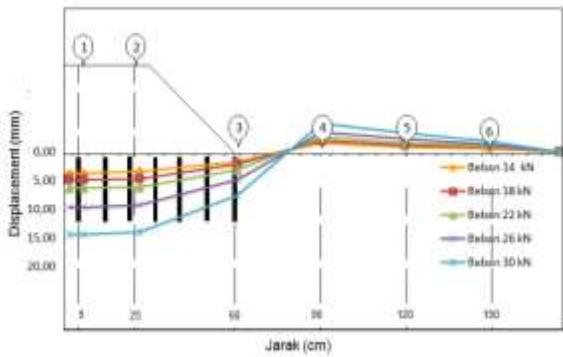
Gambar 2. Uji Model Cerucuk Tegak

4. Hasil Uji Model

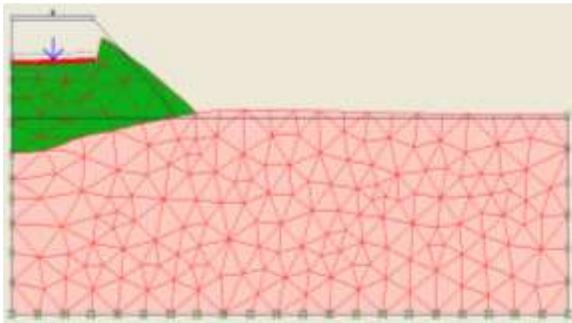
Hasil pola deformasi dan pembebanan pada pengujian model dapat dilihat pada tabel dan gambar.



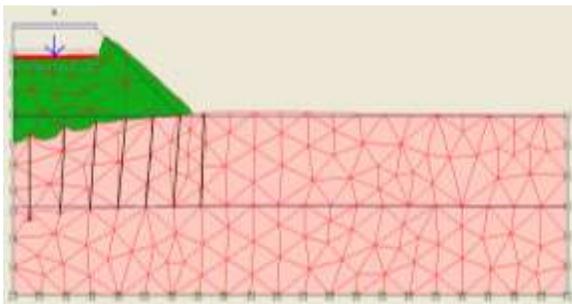
Gambar 3. Grafik Hasil Uji Model Tanpa Perkuatan



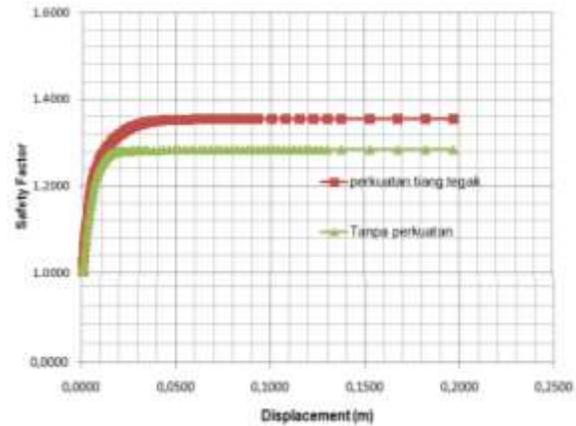
Gambar 4. Grafik Hasil Uji Model Perkuatan Cerucuk



Gambar 5. Deformasi Total Tanah Tanpa Perkuatan (Model Numerik)



Gambar 6. Deformasi Total Tanah Perkuatan Cerucuk (Model Numerik)



Gambar 7. Faktor Keamanan Hasil Analisis Numerik (PLAXIS)

Tabel 8. Perbandingan Hasil Uji Model

Model	Beban (kN)	Displacement (mm)						Nilai reduksi (%) (Dial 2)
		Dial 1	Dial 2	Dial 3	Dial 4	Dial 5	Dial 6	
Tanpa perkuatan	30	18.45	18.22	9.80	-7.10	-4.50	-2.50	0.00
Perkuatan cerucuk tegak	30	14.35	14.00	7.50	-4.90	-3.20	-1.87	23.16

E. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa kami dapat disimpulkan bahwa pola penurunan embankment yang terjadi dengan adanya perkuatan cerucuk dapat mereduksi penurunan yang terjadi sebesar 23,16 %. Pengaruh cerucuk mendukung embankment pada tanah lunak cukup besar dibanding tanpa menggunakan cerucuk sebagai perkuatan tanah. Analisis numerik penggunaan cerucuk sebagai perkuatan diperoleh peningkatan *safety factor* sebesar 3,5 %. Beberapa saran untuk dilakukan penyempurnaan dari penelitian ini antara lain perlu dilakukan penelitian lebih lanjut perkuatan kayu dolken terhadap jenis material tanah lainnya dan dirasa perlu dilakukan dalam skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi A.D., Mase L.Z., Pranata T., Kuncara S.L. & Sulistyowati D. (2014). *Stabilitas Lereng Menggunakan Cerucuk Kayu*, Seminar Nasional Geoteknik 2014, Yogyakarta.
- Affandi D. (2009). *Pengkajian Kapasitas Daya Dukung Tanah Gambut Didaerah Pengembangan Irigasi Di Kalimantan Tengah*. Seminar Pile, JAI, Vol 5 No. 2 – 2009.
- Brinkgreve R.B.J. (2007). *Dasar Teori Plaxis*, Delft University of Technology & PLAXIS b.v., Belanda.
- Darjanto H., Soepriyono D. & Widodo A.B. (2005). *Studi Penggunaan Fabrikasi Fondasi Tiang Dari Bambu Sebagai Soil Reinforcement Pada Konstruksi Timbunan di Atas Tanah Lunak*. Seminar Pile, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, April.
- Hariato T., Samang L. & Zubair A. (2010). *Efektifitas Pondasi Raft dan Pile Dalam Mereduksi Penurunan Tanah Dengan Metode Numerik*. Konfrensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTeks), Sanur-Bali, 2-3 Juni.
- Indrawahyuni H., Suroso., Suyadi W. & Zaika Y. (2012). *Pengaruh Perkuatan Pile Terhadap Daya Dukung Pada Pemodelan Fisik Lereng Tanah Pasir*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 6, No. 3 –2012 ISSN 1978 – 5658.
- Irsyam M. (2008). *Pengujian Skala Penuh dan Analisis Perkuatan Cerucuk Matras Bambu Untuk Timbunan Badan Jalan di Atas Tanah Lunak di Lokasi Tambak Oso Surabaya*. Jurnal Forum Teknik Sipil No. XVIII/1- Januari.
- Suroso., Munawir A. & Indrawahyuni H. (2010). *Pengaruh Penggunaan Cerucuk dan Anyaman Bambu Pada Daya Dukung Tanah Lempung Lunak*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 4, No. 3 –2010 ISSN 1978 – 5658.
- Suroso., Harimurti. & Harsono M. (2008). *Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay), Menggunakan Cerucuk Dengan Variasi Panjang dan Diameter Cerucuk*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 2, No. 1 –2008 ISSN 1978 – 5658.
- Supriyati W.(2009). *Keawetan dan Kekuatan Kayu Galam Sebagai Cerucuk Penyangga Bangunan Di Tanah Rawa*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.