# STUDI DAYA DUKUNG PONDASI KOLOM-SEMEN PADA TANAH LUNAK DI KOTA PONTIANAK

**Gusti Aisamuddin[1)]., Abubakar Alwi [2)]., Eka Priadi [2)]**
Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura
Email: Goestyarch@rocketmail.com

## Abstrak

Penelitian ini melakukan perbaikan tanah gambut dengan cara stabilisasi tanah menggunakan bahan kimia dengan komposisi Kapur15%, Semen PC:Bentonite = 85% : 15% = 300Kg/$M^3$, dan Pasir 10% dan kemudian diinjeksikan ke dalam tanah dengan alat khusus guna membentuk kolom-semen yang akan mendukung beban konstruksi jalan dan lalu lintas diatasnya. Pengujian dilakukan di lapangan dengan uji pembebanan (*loading test*) terhadap tanah gambut asli dan tanah gambut yang telah di stabilisasi, dimana kolom-semen yang akan diuji berdiamter 30cm, dengan kedalaman 1m, 1,5m,dan 2m, dan dilakukan pengadukan/pencampuran sebanyak 3*stroke* serta diberi masa *curring time* lebih dari 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan ternyata instalasi kolom-semen tidak terjadi *homogenitas* dan daya dukung tanah asli lebih besar dari daya dukung tanah yang telah distabilisasi dengan kolom-semen, karena pada ujung kolom-semen belum menyentuh tanah yang relatif padat sehingga terjadi fenomena *negative skin friction*, semakin panjang kolom-semen maka akan semakin rendah daya dukungnya. Daya dukung untuk tanah asli, kolom-semen 1 m, 1,5m, dan 2m yaitu 270kg, 138kg, 125kg, dan 115kg.

Kata kunci : Stabilisasi Tanah Gambut, Kolom-Semen, *Loading Test*, *Homogenitas*

## Abstract

This study conduct peat soil improvement by means of soil stabilization using with the chemical composition of 15% Lime, Cement PC: Bentonite = 85%: 15% = 300Kg/$M^3$, and 10% sand and then injected into the ground with a special tool to form *columns -cement* that will support the load of road construction and traffic on it. Tests carried out in the field by the *loading test* of the original peat and peat soil in stabilization, which *columns-cement* to be tested 30cm in diameter, with the depth of 1m , 1.5 m, and 2m, and stirring / mixing as much as 3*stroke* and given a periode of *curring time* more than 28 days. The results showed, *columns-cement* installation does not occur the *homogeneity* and the original soil bearing capacity is greater than the bearing capacity of the soil that has been stabilized with *columns-cement*, because the end of columns-cement have not touched the ground relatively dense so that the phenomenon of *negative skin friction* occurs, the longer *columns-cement* will lower the bearing capacity. The bearing capacity of the original soil, cement column 1 m, 1.5 m, and 2m is 270kg, 138kg, 125kg, and 115kg.

Keywords : stabilization of peat, Columns-Cement, *Loading Test*, *Homogeneity*

1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT Untan
2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT Untan

## PENDAHULUAN

Tanah selalu mempunyai peran penting pada suatu lokasi konstruksi. Agar konstruksi dapat berdiri dengan kokoh, aman dan sesuai dengan umur rencana, maka tanah harus mempunyai nilai geoteknis yang diizinkan.

Menurut Biro pusat statistik dalam Dian Alqadrie, R (1999), luas lahan gambut di Kalimantan diperkirakan 59.805 $km^2$ dan sepertiganya yaitu sebesar 19.935 $km^2$ berada di Kalimantan Barat. Biasanya tanah gambut terbentuk di cekungan/rawa atau lembah. Di kawasan pedesaan tanah gambut tidak terlalu bermasalah karena biasa dimanfaatkan untuk keperluan pertanian meskipun produktifitasnya rendah. Tetapi di perkotaan tanah gambut menjadi masalah bagi keperluan industri kostruksi yang kebutuhannya meningkat terus, hal itu disebabkan karena daya dukung tanah gambut sangat rendah dan sifat kompresibilitasnya tinggi maka dapat merusak konstruksi bangunan di atasnya dan meningkatkan biaya pemeliharaan.

Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari proses dekomposisi berbagai jenis tumbuhan seperti rumput, mangrove, paku pakuan, dan lain sebagainya (Van De Meene, 1984). Tanah lunak dari gambut atau organik pada umumnya berbentuk sebagai material yang sangat lunak, karena terdapat muka air tanah yang sangat tinggi di kawasan rawa dan memiliki drainase yang buruk sehingga memperlambat proses oksidasi. Tanah gambut terbentuk dari bahan yang mengadung “karbon” yang disebut sebagai bahan organik dimana unsur utamanya merupakan sisa pelapukan tumbuh-tumbuhan. Sehingga tanah gambut memiliki kekuatan geser dan daya dukung yang rendah serta kompressibilitas yang tinggi.

Rendahnya kekuatan mekanis tanah gambut baik kuat tekan maupun kuat gesernya merupakan penyebab rendahnya daya dukung tanah yang sangat berpotensi terjadi penurunan konstruksi di atas lahan gambut. Tanah gambut Kalimantan Barat sebagian besar merupakan tanah gambut jenis *fibrous* dikarenakan kadar seratnya > 66% *(USDA classification)* dengan kuat tekan bebas dari hasil uji *Unconfined Compressive Strength Test* (UCS) hanya berkisar 7 kPa, ditambah lagi dengan sifat kembang susutnya yang tinggi menyebabkan terjadinya *Creep* yang berpengaruh pada kostruksi jalan dan berpotensi menimbulkan keretakan dan mempercepat kerusakan lapisan pengeras jalan. Sangat jelas terlihat bahwa biaya pemeliharaan dan peninggian permukaan jalan selalu dilakukan oleh pemerintah dikarenakan penurunan terus menerus terjadi di seluruh ruas jalan di kota Pontianak. (Alwi, 2008)

Akibat rendahnya daya dukung tanah asli telah mendorong pembangunan jalan di kawasan lahan gambut di Kalimantan Barat menggunakan desain *rigid pavement* atau menggunakan desain *flexible pavement* tetapi dengan menambahkan ketinggian material timbunan, dimana kedua metode ini menjadikan konstruksi tersebut mempunyai biaya yang mahal. Usia efektif konstruksi jalan di lahan gambut juga sangat singkat umumnya kurang dari 3 tahun, dari sisi ekonomis jelas sangat memberatkan anggaran pembangunan. Sehingga perlu dilakukan inovasi baru dibidang keteknikan untuk menjawab persoalan yang timbul bagi efisiensi konstruksi jalan di lahan gambut.

Penelitian ini menyajikan perbaikan tanah gambut dengan cara stabilisasi guna meningkatkan daya dukung tanah gambut tersebut menggunakan injeksi bahan kimia berupa kapur, semen, bentonite, dan pasir ke dalam tanah dengan alat khusus untuk membentuk kolom-semen yang akan mendukung konstruksi di atasnya.

Perhitungan kapasitas daya dukung kolom-semen menggunakan rumus:

Mayerhof, $Qu = A_p ( c . N_c + \eta . q . N_q )$

Terzaghi, $Qu = A_p (1{,}3 . c . N_c + q . N_q + \gamma . B . N_\gamma . S_\gamma)$

Dimana: $A_p$ = Luas penampang tiang

$c$ = Kohesi tanah

$q$ = Tekanan vertikal efektif

$\gamma$ = Berat Volume tanah

$B$ = Lebar pondasi

$N_c, N_q, N_\gamma$ = Faktor daya dukung Terzaghi berdasarkan nilai φ (tabel 2.2)

$S_\gamma$ = Faktor bentuk, untuk tiang bulat $S_\gamma = 0{,}6$

Dan Broms, $Qu = ( \pi.B.L_{col} + 2{,}25.\pi. B^2 ) \times c_u$

Dimana: $B$ = Diameter kolom semen

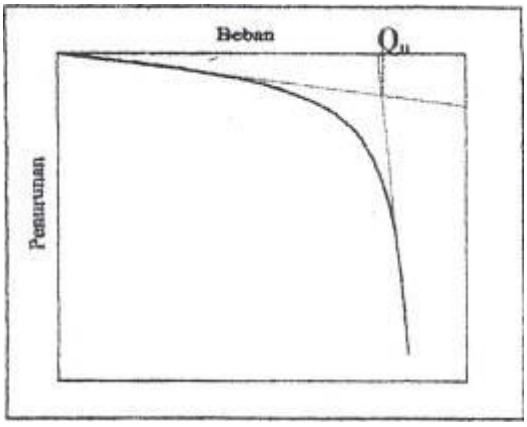
$L_{col}$ = Panjang kolom semen

$C_u$ = Kuat geser *undrained* tanah lunak

Interprestasi daya dukung hasil uji pembebanan (*Loading Test*) dapat menggunakan metode elastis-plastis dan metode chin.

- Metode Elastis-Plastis

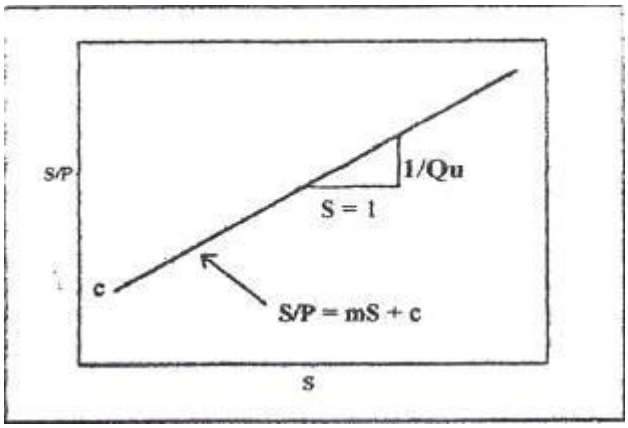
Metode ini merupakan hubungan kurva beban versus penurunan. Beban batas atau ultimit ditentukan berdasarkan titik potong antara garis singgung pada bagian elastis dengan garis singgung pada bagian plastis dari kurva beban versus penurunan tersebut, seperti pada gambar 1.




**Gambar 1.** Interprestasi Beban Ultimit Dengan Metode Elastis Plastis

- Metode Chin

Perhitungan beban ultimit dari pondasi tiang dengan menggunakan




**Gambar 2.** Interpretasi Beban Ultimit Dengan Metode Chin

Metode Chin adalah sebagai berikut :

Harga ( S/P ) vs S siplot pada suatu grafik, dimana S adalah penurunan tiang dan P adalah beban yang menyebabkan penurunan tiang sebesar S. Selanjutnya hasil hubungan ( S/P ) vs P merupakan suatu garis lurus. Koefisien arah dari garis lurus ini adalah m = tg XX. Kemudian harga 1/m merupakan harga beban batas ( Qu ), yang kemudian dikoreksi dengan dibagi 1,2, seperti pada gambar 2.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari solusi dalam mengatasi permasalahan tanah gambut dalam bidang konstruksi. Sedangkan tujuan dari

penelitian ini adalah melakukan perbaikan daya dukung tanah gambut dengan cara stabilisasi menggunakan pondasi kolom-semen.

Dengan harapan bahwa Stabilisasi menggunakan bahan campuran kimia dapat meningkatkan kandungan mineral pada tanah asli dengan melakukan penambahan pasir/kwarsa, semen, bentonite, dan kapur akan dapat meningkatkan kemampuan hydrasi bahan campuran kimia tersebut terhadap tanah, yang akhirnya meningkatkan kekuatan tanah yang telah distabilisasi

## METODOLOGI

Ada beberapa tahapan yang dilakukan selama penelitian ini berlangsung, diantaranya :

1. Pengumpulan data sekunder dari sample tanah asli untuk keperluan penyelidikan lebih lanjut sebagai parameter untuk menghitungan daya dukung teoritis yang dijadikan kapasitas daya dukung uji pembebanan (*loading test*).

2. Pengujian awal terhadap alat injeksi dan jenis mata bor (*blade*) yang digunakan untuk mencampur adukan konfigurasi bahan serta metode pelaksanaan dalam penginstalasian kolom-semen sebelum melakukan instalasi di lapangan.

3. Instalasi kolom-semen di lapangan dengan menggunakan campuran bahan kimia dengan komposisi yang didapat dari penelitian Trisna (2010), yaitu kapur 15%; pasir 10%; semen:Na-bentonite = 85%:15% = 300kg/$m^3$ dan diberikan *curring time* minimal 28 hari.

4. Pengujian *loading test* untuk mengetahui daya dukung dari tanah yang distabilisasi menggunakan kolom-semen dan tanah gambut di lapangan.

## PENGUJIAN LAPANGAN

- **Instalasi *Bore pile***

Pada prinsipnya pemboran mesin adalah sebagai berikut :

1. Lubang bor dengan cara melakukan gerakan putar sambil mengaduk tanah oleh suatu rangkaian batang bor yang terdiri dari *kelly* dan mata bor (*blade*).
2. Rangkaian pipa bor disambungkan pada mesin sumber penggerak dengan menggunakan *kelly* sebagai alat transmisi.
3. Sumber penggerak menggunakan mesin diesel.
4. Pelumas/pendingin menggunakan air. Cairan pelumas dipompakan lewat pipa, keluar lewat mata bor kembali lewat lubang bor di luar pipa (*casing*) atau sebaliknya. Tapi pada penelitian ini tidak digunakan air karena blade hanya digunakan untuk mengaduk tanah dengan konfigurasi bahan kimia untuk stabilisasi tanah.
5. Pompa sebagai penggerak/penekan cairan pelumas dihubungkan dengan pipa oli yang dirangkai dari komponen mesin penggerak.
6. Pipa/batang di atas tanah ditahan/diatur dengan menggantungkannya pada suatu menara/*derrick* dengan sistem katrol atau dipandu lewat suatu rak (*rack*) untuk keperluan penyambungan, mencabut serta melepaskannya dari rangkaiannya. Untuk membuat lubang bor, rangkaian pipa bor ditekan secara mekanik.
7. Komponen yang digunakan untuk menghubungkan mesin dan *gear box* adalah *Vee Belt* yang terbuat dari bahan karet. *Vee Belt* menyambungkan antara *pulley primary* dengan *pulley secondary*. *Blade* (mata bor) berdiameter 30 cm diangkat ke permukaan dengan mengangkat seluruh rangkaian batang bor (*kelly*), begitu pula

sebaliknya, saat diturunkan ke dalam tanah untuk mencapai kedalaman tertentu.



**Gambar 3.** *Bore Pile*

Gambar 3. menunjukkan alat *bore pile* yang digunakan pada penelitian ini. Seluruh komponen di atas dirakit secara manual di lokasi penelitian yaitu Fakultas Ekonomi Universitas Tanjungpura. Perakitan rangkaian alat *bore pile* bukanlah hal yang mudah untuk dilakukan, mengingat alat yang dirakit mempunyai ukuran yang besar dan berat sehingga membutuhkan waktu $\pm$ 2 hari untuk menyelesaikannya. Perakitan tersebut dilakukan oleh tiga orang yang terdiri dari satu orang teknisi alat *bore pile* dan dua orang pekerja yang membantu selama proses pekerjaan berlangsung. Tali serta *Chain hook* menjadi komponen yang sangat penting untuk menggeser alat dari satu titik ke titik yang lain.

- **Uji coba Instalasi**

Sebelum melakukan instalasi di lapangan, terlebih dahulu dilakukan pengujian awal terhadap jenis mata bor (*blade*) yang digunakan untuk mencampur adukan dalam membuat kolom-semen.

Hal pertama yang dilakukan adalah merakit dan menguji alat, ini dilakukan agar alat *bore pile* dalam kondisi baik saat digunakan di lapangan, terbukti pada saat pengujian awal, terdapat beberapa komponen *bore pile* yang harus diperbaiki dan diganti. Langkah selanjutnya adalah mendiskusikan metode pelaksanaan dan uji coba yang telah dilakukan untuk menentukan mata bor yang akan digunakan.

Setelah melakukan uji coba terhadap *blade* yang dimodifikasi agar bisa mencampur bahan kima dan tanah gambut dengan baik, digunakan *blade* yang terdiri dari 2 kipas berbentuk trapesium yang terbuat dari besi Ø 8mm dengan diameter blade 30cm, serta ditambah kipas spiral di bagian ujung, sperti pada gambar 4.



**Gambar 4.** *Blade*

Uji coba alat injeksi bahan kimia kedalam tanah, didapat hasil yaitu menggunakan pipa *galvanish* diamater 7,62cm, Konus yang terbuat dari kayu berfungsi untuk membuat lubang ketika pipa dimasukkan kedalam tanah, serta Piston dengan tangkai panjang berfungsi menekan masuk bubur semen yang ada didalam pipa. Alat injeksi bisa dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Alat Injeksi

- **Instalasi Kolom-semen di lapangan**

Pelaksanaan instalasi kolom-semen di lapangan adalah sebagai berikut:

- Bersihkan lokasi dari pepohonan atau semak belukar yang akan digunakan sebagai tempat penelitian, dimana lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** pembersihan lokasi penelitian

- Tandai titik-titik injeksi kolom-semen serta rencanakan metode pelaksanaan di lapangan yang berhubungan dengan perpindahan dan pergeseran alat dari satu titik ke titik lainnya di lokasi penelitian, sehingga alat dapat bekerja lebih cepat dan efisien serta tidak merusak kolom-semen yang telah diinjeksi. Gambar 7 menunjukkan perpindahan alat di lokasi penelitian.



**Gambar 7.** perpindahan alat

- Siapkan konfigurasi injeksi bahan kimia berdasarkan panjang instalasi yang diinginkan pada tabel1.

| Mix Design | | | Jumlah sampel pondasi kolom-semen | Desain Campuran | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Semen PC + Na-Bentonite | Pasir | Kapur | | semen PC | Bentonite | Pasir | Kapur | Air |
| (95%w+5%) 1000 kg/m3 | 10% | 15% | | (gr) | (gr) | (gr) | (gr) | (ml) |
| Ø5cm panjang 1 m dengan curing time 28 hari | | | | | | | | |
| Tunggal | 1 | 12.512,80 | 1.208,14 | 5.250,32 | 7.875,48 | 7.512,08 | | |
| | 1 | 12.512,80 | 1.208,14 | 5.250,32 | 7.875,48 | 7.512,08 | | |
| Ø5cm panjang 1,5 m dengan curing time 28 hari | | | | | | | | |
| Tunggal | 1 | 18.769,20 | 3.812,21 | 7.875,48 | 11.813,29 | 11.268,12 | | |
| | 1 | 18.769,20 | 3.812,21 | 7.875,48 | 11.813,29 | 11.268,12 | | |
| Ø5cm panjang 2 m dengan curing time 28 hari | | | | | | | | |
| Tunggal | 1 | 25.025,60 | 4.416,28 | 10.500,65 | 15.750,97 | 15.024,16 | | |
| | 1 | 25.025,60 | 4.416,28 | 10.500,65 | 15.750,97 | 15.024,16 | | |

**Tabel 1**. kebutuhan Bahan Campuran kolom-semen

- Injeksikan kapur yang berbentuk pasta ke dalam lubang bor dimana pasta kapur merupakan campuran antara kapur dengan air yang dituang hingga menutupi seluruh permukaan kapur dalam wadah, kemudian diamkan selama 48 jam. Alat injeksi menggunakan pipa *galvanish*, piston, dan konus.

Dari dua orang pekerja, salah satunya menarik pipa galvanish yang ditancapkan di tanah pada kedalaman yang ditentukan, satunya lagi, memegang dan memasukkan piston secara perlahan di atas pasta bahan kimia dalam pipa *galvanish* tersebut untuk menekannya agar tidak terbawa kembali ke atas, lakukan

hal yang sama, baik pada titik injeksi kapur maupun injeksi bahan kimia. Penarikan pipa galvanish untuk kedalaman 200 cm dilakukan dengan bantuan alat *bor pile* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.

- Tanah yang telah diinjeksi dengan kapur didiamkan selama 48 jam, lakukan hal yang sama untuk memasukkan injeksi bubur semen ke dalam tanah, titik injeksi dari tengah kemudian ke samping. Setelah itu gunakan alat *bore pile* yang dilengkapi dengan *blade* untuk mencampur/mengaduk dengan tanah gambut tersebut.
- Setelah Kolom-Semen terbentuk, selanjutnya didiamkan (*curing time*) selama minimal 28 hari dan maksimum 5 bulan, kemudian baru dilakukan pengujian terhadap daya dukung kolom-semen tersebut menggunakan *Loading Test*.

- **Uji Pembebanan langsung *(Loading Test)***

Tes pembebanan langsung (*loading test*) di lapangan dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi.

- Karena kondisi tanah yang lunak maka terlebih dahulu harus membuat jalur dari balok dan papan kayu untuk meletakkan mobil yang digunakan sebagai beban kontra agar bisa diletakkan di posisi yang dinginkan, supaya mobil tidak amblas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 8.** Jalur mobil

- Alat yang digunakan pada pengujian ini menggunakan alat CBR lapangan yang dihubungkan dengan *propping ring* sebagai pengatur beban.

- Setelah mobil berada di posisi yang diinginkan, dongkrak mobil dengan ketingian tertentu agar alat bisa dipasang di bawahnya yaitu tepat dibawah gardan mobil.

- Susun balok-balok beton di dalam bak pickup sebagai penambah beban kontra, selain berat dari mobil pickup itu sendiri, dapat dilihat pada gambar di bawah ini

- Letakkan pelat *bearing* di atas kolom-semen, kemudian pasang alat CBR lapangan yang dilengkapi dengan *propping ring* di atasnya yang terhubung di bawah gardan mobil, Serta memasang *dial gauage* di atas pelat *bearing* untuk membaca penurunan dari kolom-semen tersebut. Rangkaian alat *loading test* bisa dilihat pada gambar 9.



**Gambar 9.** Rangkaian alat *loading test*

- Atur pembebanannya dengan memutar alat cbr lapangan dan melihat dial yang ada di *propping ring*, dimana *propping ring* yang dipakai untuk 1 divisinya yaitu

sebesar 31,30601 kg.. Penambahan bebannya setiap 10% hingga sampai 200% dari beban rencana.

- Pembacaan penurunan pada *dial gauge* setiap 5 menit hingga pembacaan maksimal sampai 20 menit, begitu seterusnya setiap penambahan beban sampai mencapai 200% dari beban rencana.

## HASIL DAN ANALISA DATA PENELITIAN

Penelitian di lapangan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung kolom-semen yang dibuat in-situ di lapangan, dengan konfigurasi campuran, semen 85% + Bentonite 15% dengan komposisi 300 kg/$m^3$ serta ditambah 15% kapur, 10% pasir yang mengacu pada penelitian terdahulu Trisna (2010), dimana *mix design* ini memberikan kuat tekan sekitar 9,063 kg/$cm^2$. Kolom-semen diinstalasi dengan Ø = 30 cm, yang ditanam sedalam 100 cm, 150 cm dan 200 cm dari permukaan tanah, dengan 3 *stroke*. Diharapkan pada kedalaman tersebut telah berada di bawah permukaan air tanah serta daya dukung pondasi pada kedalaman tersebut bisa menjadi stabil. Data yang digunakan serta dianalisa pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder.

- **Keterbatasan Penelitian**

  ❖ Keterbatasan Instalasi Kolom-Semen

  Pengujian di lapangan Beda halnya dengan perencanaan serta pelaksanaan penelitian dalam skala kecil seperti permodel di laboratorium, penelitian ini dilaksanakan in-situ sehingga menanggung resiko yang cukup besar, oleh sebab itu diperlukan perencanaan matang sebelum turun ke lapangan.

Adapun kendala maupun hambatan yang peneliti alami sepanjang proses pelaksanaan baik dari manusia, alat yang digunakan maupun alam, diantaranya:

- Sebelum melaksanakan penelitian ke lapangan, peneliti harus melakukan persiapan alat serta merencanakan metodelogi yang akan digunakan serta bisa di kerjakan dilapangan dengan sebaik-baiknya. Dimana pada proses ini penelitian melakukan berbagai uji coba, dan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing, dosen serta laboran yang berkompeten dan berpengalaman terhadap penelitian ini.

- Cuaca yang tidak menentu merupakan kendala utama selama proses pekerjaan di lapangan berlangsung. Pengaruh cuaca yang sering tiba-tiba hujan lebat membuat proses pelaksanan tidak berjalan sesuai penjadwalan

- Mesin *bor pile* yang digunakan tidak dalam kondisi prima dan sering mengalami masalah seperti *vee belt* yang sering diganti, kebocoran pipa oli, hingga *pulley* yang rusak dan harus diganti.

- Kurangnya jumlah Pekerja

- Banyaknya akar pohon pada lapisan tanah menyebabkan beberapa kali perpindahan titik injeksi kolom-semen, hal ini juga diasumsikan sebagai penyebab kurang homogennya konfigurasi campuran yang ada.

- Kondisi muka air tanah yang cukup tinggi $\pm$ 30 cm dari permukaan tanah di tambah curah hujan yang tinggi, sehingga pada saat dimasukkan pasta semen maupun kapur sedikit meluber.

❖ Keterbatasan *Loading Test* Kolom-Semen

Ketika dilakukan *loading test* terhadap kolom-semen pertama, terdapat beberapa kendala sepererti mobil amblas karena kesalahan pembuatan jalur mobil menuju titik yang akan di uji. Juga masalah pada alat yang digunakan yaitu CBR lapangan, dimana batas pipa pendorongnya tidak sesuai dengan penurunan kolom semen, sehingga setelah pipanya terturun maksimal, alatnya ditambah pelat untuk menjaga agar alat CBR lapangan tetap terhubung dengan gardan mobil. Dan yang paling mempengaruhi dan menjadi kendala terbesar dalam loading test adalah cuaca yang ekstrim, yaitu hujan yang terus menerus serta menyebabkan lokasi terendam banjir, sehingga pekerjaan *loading test* terhambat dan menjadi tertunda untuk di laksanakan.

- **Pemeriksaan Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah**

Adapun nilai dari hasil dari pengujian sifat phisik dan mekanik tanah gambut asli adalah:

a. Hasil pengujian sifat fisik

Hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium terhadap sifat fisik tanah gambut asli adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil pengujian sifat fisik tanah gambut asli

| Parameter Fisik Tanah | Satuan | Nilai |
|---|---|---|
| Kadar air, $\theta$ | (%) | 800 |
| Berat Volume, $\gamma$ *wet* | (g/cm$^3$) | 1,043 |
| Spesific gravity, *Gs* | | 1,310 |
| Liquid limit | | 149 |
| Plastic limit | | 112 |
| Plasticity Index | | 37 |
| Shrinkage limit (batas susut) | (%) | 40 |
| Kadar serat | (%) | 85 |
| Loi | (%) | - |
| pH | | 4,65 |
| Von Post classification | | H4 – H5 |

*Sumber : Hasil Analisa Data (contoh diambil dari kedalaman 2 – 6 m)*
**Kelana,C., Trisna,F., Benyamin,B., 2010*

b. Hasil pengujian sifat Mekanik

Hasil yang diperoleh dari pengujian di laboratorium terhadap sifat mekanik tanah gambut asli adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Hasil pengujian sifat mekanik tanah gambut asli

| Parameter Mekanik Tanah | Satuan | Nilai |
|---|---|---|
| $q_u$ *(unconfined)* | kg/cm$^2$ | 0,11 |
| Kohesi, C | kg/cm$^2$ | 0,047 |
| Sudut geser tanah, Φ | ° | 18 |
| Cc | | 8,56 |
| Cv | m$^2$/year | 45,30 |
| Cs | | 0,35 |
| Permeability *(k)* | m$^2$/det | 3,08E-07 |

Sumber: ( Alwi, 2008 ; Kelana, C., Trisna, F., Benyamin, B., 2010)

Serta hasil yang diperoleh dari pengujian di lapangan terhadap sifat mekanik tanah gambut asli, dengan melakukan *vane shear test* yang dilakukan Kurnia (2014) didapat nilai kuat geser (Cu) yaitu sebesar 0,0148 kg/cm$^2$.

- **Perhitungan Kapasitas Daya Dukung**

Perhitungan kapasitas daya dukung kolom-semen menggunakan Metode Mayerhof, Metode Terzaghi, dan Metode Broms dengan asumsi keruntuhan terjadi pada tanah lunak.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Kolom-Semen

| No | Diameter (Ø) | Kedalaman (Df) | Daya dukung (Qp) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mayerhof | Terzaghi | Broms |
| | (cm) | (cm) | (Kg) | (Kg) | (Kg) |
| 1 | 30 | 100 | 776,998 | 1099,370 | 233,522 |
| 2 | | 150 | 957,625 | 1305,801 | 303,230 |
| 3 | | 200 | 1138,253 | 1512,232 | 372,938 |

Dalam penelitian ini digunakan daya dukung terkecil yaitu menggunakan hasil metode *Broms* sebagai beban rencana untuk *Loading Test*, karena metode ini lebih khusus untuk pondasi pada tanah lunak yang daya dukungnya rendah.

- **Perhitungan Daya Dukung Kolom-Semen Di Lapangan**

Hasil dari uji pembeban langsung (*Loading Test*) dilakukan interprestasi daya dukung menggunakan metode Elastis-plastis dan Chin.

**Tabel 5.** Daya Dukung Hasil *Loading Test* Metode Elastis Plastis & Chin

| No | jenis pondasi | diameter | Qu (Kg) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Elastis Plastis | Chin |
| 1 | tanah asli | 30 cm | 270 | 1000 |
| 2 | kolom-semen 1 m (A) | 30 cm | 245 | 500 |
| 3 | kolom-semen 1 m (B) | 30 cm | 138 | 500 |
| 4 | kolom-semen 1,5 m (A) | 30 cm | 135 | 250 |
| 5 | kolom-semen 1,5 m (B) | 30 cm | 125 | 333,3 |
| 6 | kolom-semen 2 m (A) | 30 cm | 115 | 250 |
| 7 | kolom-semen 2 m (B) | 30 cm | 150 | 500 |

- **Analisa Hasil Penelitian**

❖ Analisa Instalasi Kolom-Semen

Pada instalasi kolom-semen hasilnya kolom-semen tidak terbentuk dengan sempurna karena tidak terjadi *homogenitas* antara campuran bahan kimia dengan tanah gambut. Hal ini disebabkan beberapa hal, yaitu :

1) Kurangnya persentase pasir yang digunakan pada *mix design* yang hanya sebesar 10% sehingga tidak dapat membentuk kolom-semen yang *monolit*.

2) Banyaknya kadar air yang ada dalam tanah gambut asli, kemudian campuran bahan kimia yang dimasukkan juga sudah dalam kondisi tercampur air, sehingga ketika campuran diinjeksikan jumlah volume air sudah tidak sesuai yang kita rencanakan.

❖ Analisa Daya Dukung Kolom-Semen

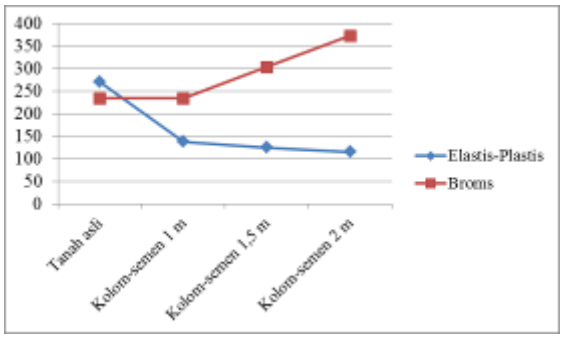
Perbandingan hasil *loading test* antara tanah asli dan kolom-semen pada tanah lunak di kota Pontianak dapat dilihat pada tabel daya dukung hasil *loading test* seperti yang ditunjukkan pada tabel 6. Dimana daya dukung hasilnya menggunakan hasil dari metode Elastis Plastis serta diambil nilai daya dukung yang minimum karena hasilnya yang lebih sesuai dengan kondisi di lapangan.

**Tabel 6.** Daya Dukung Hasil Interprestasi dan Teoritis

| No | Jenis Pondasi | Diameter | Qu (Kg) | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Interprestasi (Elastis-Plastis) | Teoritis (Broms) |
| 1 | Tanah Asli | 30 cm | 270 | - |
| 2 | Kolom-Semen 1 m | 30 cm | 138 | 233,522 |
| 3 | Kolom-Semen 1,5 m | 30 cm | 125 | 303,230 |
| 4 | Kolom-Semen 2 m | 30 cm | 115 | 372,938 |

Pada loading test pertama yaitu untuk kolom-semen 1 m (A) didapat hasil yang maksimal, namun untuk pengujian kolom-semen berikutnya tidak bisa maksimal karena ketika dilakukan test lokasi penelitian telah terendam banjir, sehingga ketika *loading test* pada kedalaman tertentu pada plat *bearing* keluar air dan beban tidak bisa ditambah lagi.

Perbandingan hasil daya dukung interprestasi dan teoritis berdasarkan panjang kolom-semen dapat dilihat pada gambar 10.




**Gambar 10.** Grafik Daya Dukung Hasil Interprestasi dan Teoritis

Dari interprestasi hasil *loading test* didapat daya dukung tanah asli ternyata lebih besar dari daya dukung kolom-semen serta hasil interprestasinya menunjukkan semakin panjang Kolom-semen semakin

rendah daya dukungnya, hal ini berbanding terbalik dengan hasil daya dukung secara teoritis, penyebab terjadinya hal tersebut antara lain :

1) Proses pembuatan kolom-semen diaduk menggunakan *blade* yang terangkai dengan *bore pile*, ketika kolom-semennya tidak terbentuk dengan sempurna maka yang terjadi adalah tanahnya menjadi lunak.
2) Perhitungan teoritis (Metode *Broms*) memperhitungkan kekuatan daya dukung berdasarkan kekuatan ujung tiang dengan tanah dasar, dimana data yang dipakai untuk masing-masing kolom menggunakan data tanah asli yang sama dikalikan faktor kedalaman sehingga semakin dalam kolom-semen semakin besar daya dukungnya. Sedangkan pada daya dukung interprestasi (Metode Elastis-Plastis) hasil *Loading Test* pada kolom dengan kedalaman 1m, 1,5m, 2m, ujung kolom-semen belum menyentuh tanah yang relatif padat, sehingga tanah yang berada di bawah kolom tersebut adalah tanah yang mempunyai berat volume yang lebih kecil dari pada kolom-semen tersebut. Ketika dilakukan pembebanan terjadi fenomena *negative skin friction*, dimana kolom-semen akan turun kebawah melebihi kecepatan penurunan dari tanah asli.

## KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan mengenai daya dukung pondasi kolom-semen pada tanah lunak di kota Pontianak berdasarkan hasil *loading test*, didapat hasil penelitian dan analisa dari beberapa metode yang digunakan berdasarkan data uji di lapangan dan data uji di laboratorium dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan atau instalasi pondasi kolom-semen di lapangan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
2. Komposisi bahan kolom-semen, dengan semen PC 85% + bentonite 15%, dan pasir 10%, serta penambahan kapur 15%, dengan pengadukan sebanyak 3 (tiga) *stroke* tidak terjadi *homogenitas* terhadap tanah gambut yang ada di kolom-semen, setelah dilakukan pengamatan langsung di lapangan.
3. Berdasarkan pengujian *loading test* didapat daya dukung tanah asli lebih besar dari kolom-semen, yaitu sebesar 270 Kg, sedangkan untuk kolom-semen yang 1 m,1,5 m, dan 2 m, masing-masing adalah 138 Kg, 125 Kg, dan 115 Kg, dan semakin panjang Kolom-semen semakin rendah daya dukungnya.

## SARAN

Adapun saran untuk pembahasan lebih lanjut mengenai studi daya dukung pondasi kolom-semen pada tanah lunak di kota Pontianak antara lain:

1. Melakukan pengembangan terhadap penelitian ini, dengan memberikan variasi pada bahan kimia dan komposisi campuran dalam membuat kolom-semen, serta merencanakan peralatan yang digunakan seperti alat injeksi, *bore pile* dan *blade* yang tepat dengan metode yang sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga mendapat hasil yang lebih baik lagi ketika diaplikasikan di lapangan.
2. Merencanakan penjadwalan penelitiannya dengan sebaik-baiknya, karena kondisi lokasi penelitiannya pada tanah lunak, perkiraan untuk melakukan penelitian di lapangan pada saat musim panas.
3. Kesiapan dari mulai kelengkapan, peralatan yang lebih baik lagi, dan penguasaan operasional alat untuk pengujian sangat diperlukan agar hasil uji yang didapat lebih baik dan akurat.
4. Penelitian ini memang belum dapat dikatakan sempurna, namun kiranya dapat dijadikan sebagai data pembanding dengan penelitian yang

menggunakan bahan stabilisasi yang sama atau lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA


1) Alwi, A., 2001, ”Karekteristik Tanah Lempung Di Kota Madya Pontianak”, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2) Alwi, A., 1996, ”Studi Daya Dukung Pondasi Pelat Lingkaran Pada Tanah Lunak Dengan Stabilisasi Semen Pada Tanah Di Bawah Pondasi” Tesis , Fakultas Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.
3) ASTM D 1143-81., 1981, “Standard method or testing piles under static axial compressive load”.
4) ASTM D 2607-69., 1989, “Classification of peats, mosses, humus, and related products”.
5) Azis, A & Miki H., 2006, ”Perencanaan Pondasi Tiang”, Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
6) Benyamin, B., 2011, “Kajian Sifat Kimiawi pada Tanah Gambut Tropis Pontianak” Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura
7) Bowles, J.E., 1984, ”Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah”, Edisi kedua, Jakarta: Erlangga.
8) Bowles, J.E., 1997, ”Analisa Dan Desain Pondasi”, jilid 1, Edisi keempat, Jakarta: Erlangga.
9) Broms. B., 1984, “Stabilization of soil with lime columns”, Design Handbook Third Edition.
10) Das, Braja. M., Endah Noor., dan Mochtar, Indra Surya. B., 1995, “Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)”, Jilid 1 dan 2. Jakarta: Erlangga.
11) Dian Alqadrie, R., 1999, “Pengaruh Pembebanan Terhadap Kuat Geser Pada Tanah Gambut Pontianak” Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
12) Eko Afrianto, B., 2011, “Daya Dukung Pondasi Tiang Tongkat Di Tanah Gambut Kota Pontianak Berdasarkan Hasil Loading Test” Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
13) Estu, F.Y & Fuad H., 2012, “Pengaruh Masa Peram Pada Tanah Gambut Berserat Yang Distabilisasi Dengan Limbah Industri”, Fakultas Teknik UNIRA, Pemekasan. (Online). (http://ft.unira.ac.id/wp-content/uploads/2012/07/gambut-berserat.pdf)
14) Hardjowigeno, S., 1986, “Sumber daya fisik wilayah dan tata guna lahan: Histosol” Skripsi, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Hal. 86-94. (Online). (http://www.scribd.com/doc/225910230/19/DAFTAR- PUSTAKA)
15) Imam Subarkah, Ir., 1986, “Teknik Pondasi Suatu Ikhtisar Praktis” Cetakan kedua, Idea Dharma, Bandung
16) Ir. Sardjono H.S., 1991 “ pondasi Tiang Pancang ” jilid 1-2, cetakan ke-2 Sinar Wijaya, Surabaya, hal.8.1
17) Kelana, C., 2011, “Perubahan Karakteristik Tanah Gambut Kalimantan Barat Akibat Penambahan Kapur dan Pasir”, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura
18) Rusmita, M., 2006, “Pengaruh Jarak Tiang Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah (Tanah Sangat Lunak Pontianak)” Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
19) Trisna, F., 2011, “Perbaikan Subgrade Pada Konstruksi Jalan Menggunakan Bahan Campuran Kimiawi” Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak.
20) Van De Meene., 1984, ”Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin Lowlands”, Bulletin Geological Research and Development centre, 9, 20-31.
21) http://www.scribd.com/doc/6870684/Panduan-Geoteknik-1
22) http://kampuzsipil.blogspot.com/2012/01/pile-loading-test.html