

ANALISA PERKUATAN TANAH DENGAN BAMBU SEBAGAI *MICRO PILE* PADA TANAH LIQUEFACTION (Proyek PLTU Manokwari)

Richard Salauwe

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado
Email: frank_salauwe@yahoo.com

Fabian J. Manoppo

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Pasca Sarjana UNSRAT Manado

Saartje Monintja

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Pasca Sarjana UNSRAT Manado

ABSTRAK

Likifaksi adalah salah satu fenomena dari *Permanent Ground Deformation (PGD)* yang terjadi pada kondisi gempa dengan skala besar, dimana tanah pasir jenuh kehilangan kekuatannya akibat meningkatnya tekanan air pori secara berlebihan dan menurunnya tegangan efektif tanah karena proses pemadatan yang terjadi akibat adanya getaran gempa. Tanah pasir ini kemudian memiliki perilaku lebih mirip cairan dari pada tanah itu sendiri.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Perkuatan tanah dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile* untuk daya dukung aksial, perkuatan tanah dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile* untuk daya dukung lateral, serta defleksi yang terjadi dengan bantuan *plaxis 3D*, serta aman terhadap penurunan yang terjadi, baik sebelum terlikifaksi, sesudah terlikifaksi, dan setelah perkuatan dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile*.

Hasil dari penelitian ini juga menyatakan bahwa daya dukung tanah terlikifaksi adalah 1992,145 KN/m², setelah diberikan perkuatan dengan bambu pemodelan *micropile*, hasil daya dukung meningkat menjadi 2219,355 dari metode Meyerhof, dan 3609,723 dari metode Luciano Decourt. Sedangkan menggunakan bantuan program *Plaxis 3D*, daya dukung menjadi lebih kecil yaitu 7,36 KN. Sedangkan untuk penurunan tanah setelah terlikifaksi sebesar 2,987127 mm, dan setelah perkuatan, penurunan menjadi 0,82717 mm dari Q_p dan Q_s Meyerhof, dan untuk Q_p dan Q_s Luciano Decourt 1,990 mm. Jika di bandingkan dengan program *plaxis 3D*, penurunan yang terjadi akan lebih kecil = 0,0022940 mm, dari pada cara analitisnya.

Kata Kunci: Tanah Liquefaction, Perkuatan DDT, *Plaxis 3D*

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus ditinjau daya dukungnya terlebih dahulu. Istilah ini biasanya digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu struktur tanah yang berfungsi sebagai salah satu tumpuan bangunan yang menerima beban bangunan di atasnya dan mampu menahan beban tersebut yang cukup daya dukungnya.

Berdasarkan konstruksi bangunan sipil, gempa juga adalah bagian hal yang perlu diperhatikan, sebab gempa merupakan suatu variabel penting. Gempa biasanya diperhitungkan hanya pada

struktur bagian atas saja. Namun pada kenyataannya gempa juga dapat menyebabkan suatu kegagalan akibat hilangnya kestabilan tanah (Struktur Tanah Bagin Bawa). Peristiwa ini biasanya dikenal dengan kegagalan akibat tanah pasir yang mencair saat terjadi gempa atau disebut kegagalan struktur akibat *liquefaction*.

Liquefaction adalah suatu kejadian dimana tanah pasir mengalami beban siklik akibat gempa yang terjadi secara berulang-ulang dalam waktu yang singkat di tinjau dari data-data studi kasus PT. PLTU Manokoari.

Tanah pasir memiliki kecenderungan untuk memadat saat terjadi gempa dan karena hal tersebut terjadi dalam waktu singkat, maka air pori dalam tanah

tidak memiliki cukup waktu untuk keluar, sehingga terjadi peningkatan tegangan air pori yang mengakibatkan berkurangnya tegangan efektif tanah dan berkurangnya tegangan kontak antar partikel pasir.

Potensi tanah *liquefaction* dianalisis dari data hasil uji lab maupun data hasil uji lapangan, Hasil uji lapangan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah *liquefaction* ialah dengan hasil uji *Standad Penetration Test* (SPT) dan hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) sedangkan hasil uji lab adalah triaksial, uji geser langsung, konsolidasi dll.

Tiang bambu sebagai pemodelan *micro pile* merupakan salah satu jenis tiang pancang yang merupakan bagian dari konstruksi yang dapat memperkuat struktur tanah seperti tanah *liquefaction*. Fungsi bambu sebagai tiang pancang ini untuk mentransfer beban-beban dari atas kelapisan tanah. Bentuk distribusi beban dapat berbentuk beban vertikal melalui dinding tiang.

Beberapa kelebihan bambu jika dipergunakan untuk komponen bangunan:

1. Merupakan bahan yang dapat diperbarui (3-5 tahun sudah dapat ditebang),
2. Murah harganya serta mudah pengerjaannya karena tidak memerlukan tenaga terdidik, cukup dengan peralatan sederhana pada kegiatan pembangunan.
3. Mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (beberapa jenis bambu melampaui kuat tarik baja mutu sedang), ringan, berbentuk pipa beruas sehingga cukup lentur untuk dimanfaatkan sebagai komponen bangunan rangka,
4. Rumah dari bambu cukup nyaman ditempati,
5. Masa konstruksi cukup singkat sehingga biaya konstruksi menjadi murah.

Di era teknologi ini perkembangan perangkat keras computer mengalami perkembangan yang sangat berarti beberapa tahun ini. Perangkat lunak ini semakin lama menjadi suatu keharusan akan tuntutan kecepatan dan ketepatan suatu perhitungan.

Dalam dunia teknik sipil sendiri khususnya geoteknik, dikenal program perhitungan *Soil and Rock Mechanics* yaitu *Plaxis 3D*. *Plaxis* adalah program elemen hingga untuk aplikasi geoteknik dimana digunakan model-model tanah untuk melakukan simulasi terhadap perilaku dari tanah.

Selain itu, dengan program ini kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*. *Plaxis* ini juga menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis.

Berdasarkan simulasi curah hujan ini kita akan mengkombinasikan periode ulang tertentu tiap-tiap stasiun. Penentuan periode ulang itu sendiri harus berdasarkan kecenderungan-kecenderungan curah hujan yang pernah terjadi. Kemudian, akan dibuat sebanyak mungkin kombinasi yang memungkinkan berdasarkan kecenderungan yang ada.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang timbul adalah :

1. Berapa besar daya dukung tanah yang terjadi pada struktur bangunan sipil yang ada..?
2. Berapa besar defleksi dan daya dukung lateral yang terjadi, pada struktur bangunan sipil yang ada ?
3. Berapa besar penurunan yang terjadi dan pengaruhnya terhadap struktur bangunan ?

I.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan-permasalahan yang telah diuraikan di atas supaya tidak menyimpang maka dibuat batasan-batasan masalah yaitu :

1. Program yang digunakan adalah *Plaxis 3D*.
2. Data sekunder seperti Parameter tanah, Parameter tiang bambu sebagai pemodelan *micro pile*, parameter gempa dan Beban-beban pada struktur bangunan sipil untuk menganalisa kekuatan tanah *liquefaction*.

I.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkuatan tanah *liquefaction* dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile* yang paling baik menahan beban aksial, serta aman terhadap penurunan yang terjadi.

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah *liquefaction* serta perkuatannya dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile* pada struktur bangunan sipil untuk menahan beban aksial, keruntuhan struktur, penurunan, perilaku gempa, dan *displacement* yang terjadi.

I.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan-tahapan yaitu:

1. Melakukan *study pustaka* (*pengumpulan referensi*) mengenai tanah *liquefaction*, perkuatannya dengan bambu sebagai pemodelan *micro pile*, baik pada perkuatan tanah, daya

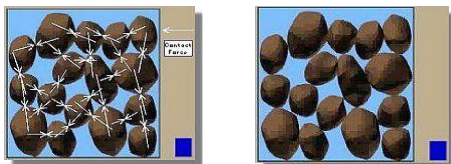
dukung aksial, lateral, maupun penurunan yang terjadi.

2. Pengumpulan data-data tanah yang terdiri dari Data hasil uji SPT, CPT, dan Data hasil uji laboratorium.
3. Data-data sekunder yang diambil berdasarkan studi kasus proyek PLTU Manokwari.
4. Melakukan analisis dan perhitungan data dengan menggunakan beberapa metode analitis dan dengan bantuan program *Plaxis 3D*.
5. Melakukan analisis terhadap hasil perhitungan dan membuat kesimpulan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengertian Tanah Liquefaction

Liquifaksi (*liquefaction*) tanah adalah suatu penurunan kekuatan mendadak akibat lepasnya butiran tanah berisi butir kecil pasir sehubungan dengan pengguncang lapisan dasar yang diikuti oleh naiknya tekanan secara mendadak pori-pori tanah.



kolom biru pada sudut kanan bawah gambar menunjukkan tingkat tekanan air pori dalam tanah

Gambar 1. Skematis partikel tanah liquefaction

Pada skripsi ini dilakukan analisis potensi likufaksi di lokasi tapak PLTU Manokwari berdasarkan data uji SPT. Skenario yang dipakai adalah gempa bumi dengan kekuatan M_w 7.2 dan percepatan maksimum sebesar 0.3g, dengan mempertimbangkan beberapa skenario persentase kandungan partikel halus.

II.2 Metode Analisis Potensi Liquefaction

Analisis potensi likuifaksi dapat dilakukan dengan menggunakan data uji N-SPT. Prosedur perhitungan potensial likuifaksi dibagi menjadi 4 (empat) tahap:

- Perhitungan rasio tegangan siklik (CSR, beban gempa bumi) yang dihasilkan oleh gempa bumi.
- Perhitungan rasio hambatan siklik (CRR, kekuatan tanah) berdasarkan hasil uji n-situ N-SPT.
- Evaluasi potensi likuifaksi dengan menghitung factor keamanan lapisan tanah

granular terhadap likuifaksi (FS, ratio of CRR/CSR).

II.2.1 Faktor Pengaruh Liquefaction

Ada beberapa jenis pengaruh terjadinya perubahan tanah pasir yang berakibat potensi liquifaction diantaranya sebagai berikut :

1. Relative density dari Cohesionless ground
Dari semua tanah yang likifaksi memiliki harga relative density lebih kecil dari 75%, terutama untuk harga relative density antara 45-50%. Disamping itu pengaruh cohesi tanah juga sangat penting.
2. Grain-size distribution
Biasanya pasir yang mudah likifaksi itu mempunyai harga $D_{10} = 0,01-0,25$ mm dan Uniformity coefficient = 2-10. Standart Japan Road Association : $D_{50} = 0,04-0,50$ mm atau 0,004-1,2 mm dengan Uniformity coefficient = 6
3. Kedalaman Interest

Dimana liquifaction sering terjadi adalah antara -10,0 – 20,0 m dibawah permukaan tanah.

4. Intensity dari gempa bumi
Bila $D_r = 40$ %, maka likifaksi akan terjadi bila nilai percepatannya = 44 – 94 gal, $D_r = 75$ % pun akan terjadi likifaksi bila intensity itu sebesar antara 202 – 432 gal.
5. The Drainage Condition dari Soil Ground
Apabila keadaan darinasenya baik, maka tekanan air pori yang ditimbulkan pada waktu gempa terjadi akan bisa didesipasikan dengan baik, sehingga bahaya likifaksi dapat dihindarkan, demikian sebaliknya.

II.2.2 Kriteria Penilaian dan Faktor yang Berpengaruh dalam Likuifaksi

1. Casagrande (1936, 1976) mengusulkan parameter angka pori kritis (*critical void ratio*) digunakan sebagai kriteria yang mungkin dilakukan untuk memastikan tanah atau pasir akan berperilaku menjadi likuid atau sebaliknya
2. Maslov (1957) mengajukan konsep akselerasi kritis (*critical acceleration*) untuk menentukan potensi likuifaksi pada pasir.
3. Kriteria likuifaksi yang lebih lengkap dengan melibatkan banyak faktor (dijelaskan dalam paragraf berikut) dikemukakan oleh Seed dan Idriss (1967, 1971), Prakash dan Gupta (1970), Finn et al. (1976)

4. Kriteria nilai N-SPT (*standard penetration test*) oleh Christian dan Swiger (1975) dan korelasi empiriknya banyak digunakan untuk menganalisis likuifaksi secara lebih praktis.
5. Kriteria penilaian likuifaksi menggunakan metode SCPT (*seismic cone penetration test*) dengan menghasilkan parameter kecepatan gelombang permukaan (V_s) diusulkan oleh Stokoe et al. (1988), Tokimatsu et al. (1991), Robertson et al. (1992) dan Andrus (1994).
6. Vesic menyatakan bahwa proses tanah berpasir mengalami perubahan liquifaction diakibatkan oleh getaran gempa, maka sudut geser dalam tanah mengalami perubahan yaitu pengurangan sudut geser dalam sebesar 2° , yang sesuai dengan persamaan di bawah ini :

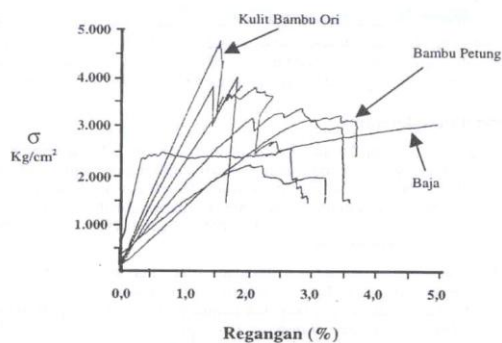
$$\varphi_{lq} = \varphi_{send} - 2^\circ$$

(Dynamics Foundation of Soil)

II.3 Pengertian Tiang Bambu Sebagai Micro Pile

Micropile, juga dikenal sebagai minipiles yaitu elemen tiang yang berkekuatan tinggi digunakan dalam bangunan-bangunan yang ada. Micro pile biasanya berdiameter kecil, sehingga kapasitas daya dukung bervariasi tergantung pada ukuran micropile dan profil permukaan tanah. Kapasitas micropile yang diijinkan lebih dari 1.000 ton.

bambu mempunyai kekuatan tarik dua kali lebih besar dibandingkan dengan kayu, sedangkan kuat tekannya 10 % lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan kayu. Apabila dibandingkan dengan baja yang mempunyai berat jenis antara 6.0 – 8.0 (sementara BJ bambu = 0.6 – 0.8), kuat tarik (*tensile strength*) baja hanya sebesar 2.3 - 3.0 lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tarik bambu, karena tiang bambu mempunyai kekuatan tarik per unit berat jenisnya sebesar 3 – 4 kali lebih besar dibandingkan dengan baja



Gambar 4 Perbandingan kuat tarik bambu dan baja

II.4 Analisa Data Tanah Dan Perhitungan Daya Dukung Serta Perkuatan Tanah

II.4.1 Tinjauan Tegangan Tanah Liquefaction

Untuk dapat mengetahui kekuatan tanah serta daya dukung tanah, harus menghitung tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah sebagai tumpuan bangunan, terutama perkuatan tanah dengan bambu pemodelan *micropile* pada tanah liquefaction adalah merupakan suatu perkuatan kapasitas dukung akhir tanah atau perlawanan terhadap beban bangunan

$$\tan \theta = \frac{F}{N} \quad (1)$$

$$\tau = (\sigma - u) \tan \theta \quad (2)$$

II.4.2 Tahanan Tanah liquefaction Berdasarkan data CPT

Untuk menghitung tahanan tanah liquefaction berdasarkan data CPT dapat digunakan Metode Evaluasi Potensi Liquefaction yaitu :

- **Cyclic Stress Ratio (CSR)**

Metode ini digunakan untuk mencari tahanan tanah liquefaction terhadap tekana siklik sebagai berikut :

$$CSR = \left(\frac{t_{av}}{\sigma'_{vo}} \right) = 0,65 \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) r_d \quad (3)$$

- **Cyclic Resistance Ratio (CRR)**

Untuk mencari tahanan tanah liquefaction dengan metode diatas adalah sebagai berikut :

$$q_{cN} = C_Q \left(\frac{q_c}{P_a} \right) \quad (4)$$

Dengan :

$$C_Q = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5)$$

II.3 Kapasitas Daya Dukung Tanah Dengan bambu Sebagai Micro Pile

II.3.1 Daya Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang merupakan jumlah dari kapasitas akhir atau perlawanan ujung dengan perlawanan selimut tiang.

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (6)$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (7)$$

Dimana

Q_u = Kapasitas daya dukung tiang (kN)

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kN)

Q_s = Kapasitas daya dukung karena tahanan Kulit (kN)

II.3.2 Kapasitas daya dukung axial tiang pancang berdasarkan data SPT

Untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data SPT dapat digunakan Metode Mayerhof, adapun rumus yang digunakan antara lain :

- **Metode Mayerhoff**

Untuk mencari daya dukung ultimit tunggal sebagai berikut :

Daya dukung ujung pondasi tiang :

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times A_p \quad (8)$$

Tahanan geser selimut tiang :

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times P \times Li \quad (9)$$

Dimana :

N_{SPT} = Nilai SPT

d = Diameter tiang (m)

A_p = Luas tiang (m^2)

Li = Tebal lapisan tanah (m)

P = Keliling tiang (m)

- **Metode Luciano Decourt (1982)**

Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan

$$q_t = \bar{N} K \text{ dalam } (ton/m^2)$$

Unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan

$$f_s = \frac{N_s}{3} + 1 \text{ dalam } (ton/m^2)$$

Dimana :

$$q_t = \text{Unit tahanan ujung } (ton/m^2)$$

f_s = Unit tahanan selimut (ton/m^2)

\bar{N} = Nilai rata – rata 4D di atas dan 4D

K = Koefisien karakteristik tanah (ton/m^2)

$N_s = 3 \leq N \leq 50$

A_p = Luas ujung tiang (m^2)

A_s = Luas selimut tiang (m^2)

Untuk mencari daya dukung ultimit tunggal sebagai berikut :

$$Q_{ult} = A_p q_t + f_s A_s \quad (10)$$

II.4 Analisa Perhitungan Penurunan

II.4.1 Perhitungan Penurunan Tanah

Jika tanah Elastis (Bowles, 1978) besar penurunan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$I_s = F1 + \frac{1-2\mu_s}{1-\mu_s} \times F2 \quad (11)$$

Dimana :

Q_u = Daya dukung ultimit

μ_s = Poisson's ratio tanah

E_s = Modulus elastisitas tanah

B' = $B/2$ dipusat pondasi

B' = B untuk ditepi pondasi

I_s = faltar bentuk

I_f = faktor kedalaman.

$F1$ dan $F2$ Dari Stainbrenner, 1934

II.4.2 Penurunan Tanah Serta Tiang Bambu Sebagai Pemodelan Micropile

Penurunan ini biasanya terjadi akibat beban bangunan yang didistribusikan terhadap tiang dan sampai ke dalam lapisan tanah, sehingga dapat dihitung penurunan tiang (micropile) berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$S = S_1 + S_2 + S_3 \quad (12)$$

Dimana:

S = Penurunan total

S_1 = Penurunan batang tiang

S_2 = Penurunan tiang akibat beban diujung tiang

S_3 = Penurunan tiang akibat beban tersalurkan sepanjang tiang

$$S_1 = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p E_p} \quad (13)$$

Q_p = Beban yang dipikul ujung tiang akibat bebanbeban bekerja

Q_s = Beban yang dipikul selimut tiang akibat Beban kerja

L = Panjang tiang

$A_p =$ Luas penampang tiang
 $E_p =$ Modulus elastisitas tiang

$$S_2 = \frac{q_{wp}D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (10)$$

Keterangan :

Q_{wp} = Beban titik per satuan luas ujung tiang
 Q_p = beban yang dipikul tiang akibat beban bekerja
 D = Lebar atau diameter tiang
 I_{wp} = Faktor pengaruh
 E_s = Modulus elastisitas tanah
 C_p = Koefisien empiris

$$S_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (15)$$

Keterangan :

p = Keliling tiang (m)
 L = Panjang tiang yang tertanam (m)
 I_{ws} = Faktor pengaruh
 $\frac{Q_{ws}}{pL}$ = nilai rata-rata friksi sepanjang tiang
 D = Lebar atau diameter tiang (m)

II.5 Plaxis 3D Foundation

PLAXIS (*Finite Element Code for Soil and Rock Analysis*) merupakan suatu rangkuman program elemen hingga yang telah dikembangkan lebih mendalam lagi untuk menganalisa deformasi dan stabilitas geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. PLAXIS 3D adalah program elemen hingga ditujukan untuk analisis tiga dimensi yaitu deformasi dan stabilitas dalam rekayasa geoteknik.

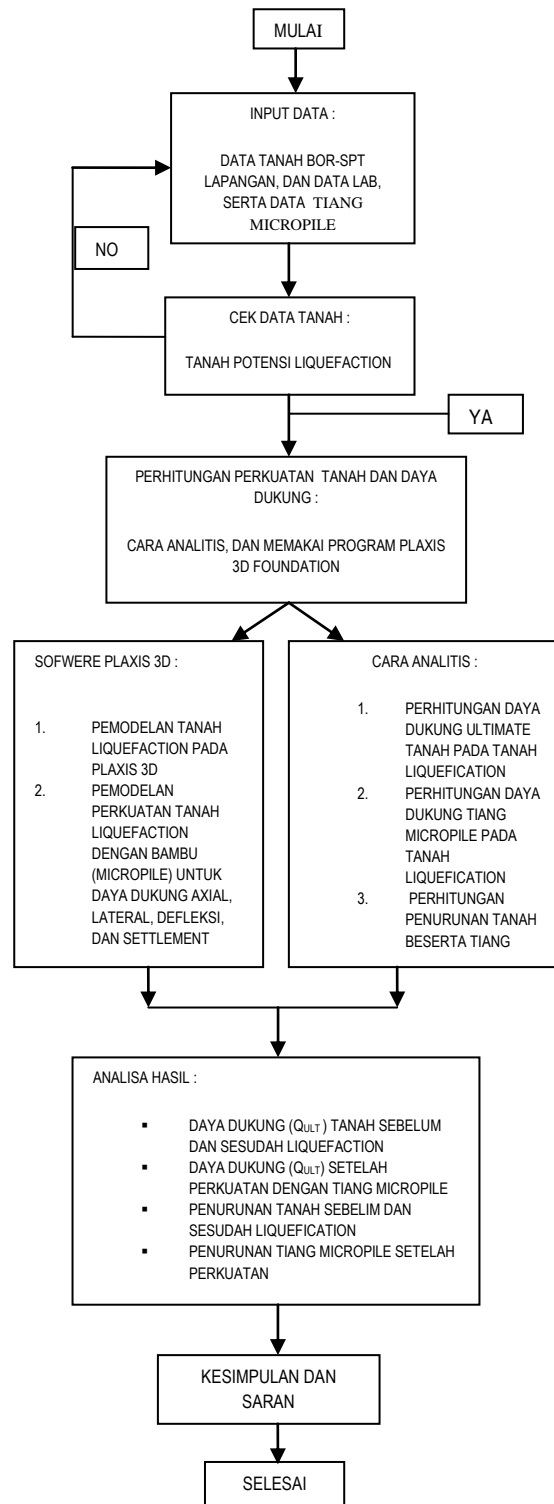
Adapun prosedur dari program plaxis antara lain sebagai berikut :

- 1) Memilih apakah proyek baru (*new project*) atau melanjutkan proyek yang sudah ada (*existing project*) seperti terlihat pada gambar
- 2) Penyetelan umum (*general setting*).
- 3) Menggambarkan geometri (*geometry*) lapisan dan struktur (*layer and structures*)
- 4) Memasukkan kelompok general untuk struktur yaitu kelompok material (*material data set*) mencakup *identification*, *material model*, *general properties*, dan *permeability*.
- 5) Memasukkan kelompok general untuk tanah yaitu kelompok material (*material data set*) mencakup *identification*, *material model*, *general properties*, dan *permeability*.
- 6) Membangkitkan mesh (*generate 2D mesh dan generate 3D mesh*)
- 7) Melakukan perhitungan (*performing calculations*)
- 8) Melihat hasil perhitungan (*viewing Output Result*), *displacement*, *gaya aksial*, *gaya geser*, *momen lentur*, *effective stress*, *total stress*, dan lain-lain.

- 9) Mencetak (*printing*) hasil, mencakup tabel, gambar dan grafik hubungan sesuai dengan kebutuhan

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah Sebelum Terjadi Liquefaction

Perhitungan ini menggunakan metode dan persamaan dari Vesic

Metode Vesic

$$q_u = P_o \times N_q \times S_q \times d_q \times i_q \times g_q \times b_q$$

$$q_u = 17 \times 5 \times 93,9632 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$q_u = 7986,872 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_{all} = \frac{7986,872 \frac{KN}{m^2}}{3} = 2662,290 \frac{KN}{m^2}$$

IV.2 Perhitungan Daya Dukung Tanah setelah terjadi liquefaction

Perhitungan dari daya dukung ini menggunakan persamaan Vesic yang menyatakan bahwa tanah pasir lepas akan terjadi liquifaction apabila tanah itu mengalami getaran, maka sudut geser dalam (φ) = -2° dari sudut geser dalam sebelum terjadi liquefaction.

Metode Vesic

$$q_u = P_o \times N_q \times S_q \times d_q \times i_q \times g_q \times b_q$$

$$q_u = 17 \times 5 \times 70,311 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$q_u = 5976,435 \frac{KN}{m^2}$$

$$q_{all} = \frac{5976,435 \frac{KN}{m^2}}{3} = 1992,145 \frac{KN}{m^2}$$

IV.3 Hasil Daya Dukung Tanah Dengan Perlakuan Bambu Sebagai Micro Pile

IV.3.1 Daya Dukung Tiang Metode Meyerhof

Daya Dukung Tiang Tunggal Dengan Perlakuan Bambu (Micropile) Persamaan Meyerhof :
Daya Dukung Tiang Ujung :

$$\begin{aligned} Q_p &= 40 \times N_{SPT} \times A_p \\ &= 40 \times 70 \times 0.01767 \\ &= 49,476 \text{ ton} \\ &= 494,76 \text{ KN} \end{aligned}$$

Daya Dukung Selimut Tiang :

$$Q_s = 0,2 \times N_{SPT} \times P \times Li$$

$$\begin{aligned} &= 0,2 \times 52 \times 0.4712 \times 5 \\ &= 24,5024 \text{ ton} \\ &= 245,024 \text{ KN} \end{aligned}$$

Sehingga Daya Dukung Tiang Menjadi :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 494,760 \text{ KN} + 245,024 \text{ KN} \\ &= 739,784 \text{ KN} \\ &= \frac{739,784 \text{ KN}}{3} \\ &= 246,595 \text{ KN} \end{aligned}$$

IV.3.2 Daya Dukung Tiang Metode Luciano Decourt (1982)

Daya Dukung Tiang Tunggal Dengan Perlakuan Bambu (Micropile) Persamaan Luciano Decourt (1982) :

Daya Dukung Tiang Ujung

Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} q_t &= \bar{N} K \text{ dalam } (ton/m^2) \\ &= 56,5 \times 45 \text{ ton}/m^2 \\ &= 2542,5 \text{ ton}/m^2 \end{aligned}$$

Daya Dukung Selimut Tiang

Unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{N_s}{3} + 1 \text{ dalam } \left(\frac{ton}{m^2}\right) \\ &= \frac{45}{3} + 1 \text{ ton}/m^2 \\ &= 16 \text{ ton}/m^2 \end{aligned}$$

Untuk mencari daya dukung ultimit tunggal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= A_p q_t + f_s A_s \\ &= 0.01767 \text{ m}^2 \times 2542,5 \frac{ton}{m^2} + 16 \text{ ton}/m^2 \times \\ &4,7124 \text{ m}^2 \\ &= 44,9259 \text{ ton} + 75,3982 \text{ ton} \\ &= 120,3241 \text{ ton} \\ &= 1203,241 \text{ KN} \end{aligned}$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{1203,241 \text{ KN}}{3} \\ &= 401,08033 \text{ KN} \end{aligned}$$

Hasil Perhitungan Penurunan

IV.4.1 Penurunan Tanah Sebelum Terliquifaction

Persamaan penurunan (Bowles, 1978) menyatakan besar penurunan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 Se &= qu \times (\alpha B') \times \frac{1-\mu_s^2}{Es} Is \times If \\
 &= 2662,290 \frac{KN}{m^2} \times (0,65 \times 0,5 m) \times \frac{1-0,3^2}{100000 \frac{KN}{m^2}} \times 0,507 \times 1 \\
 &= 0,003991977 m \\
 &= 0,3991977 cm \\
 &= 3,991977 mm
 \end{aligned}$$

IV.4.2 Penurunan Tanah Setelah Terliquifaction

$$\begin{aligned}
 Se &= qu \times (\alpha B') \times \frac{1-\mu_s^2}{Es} Is \times If \\
 &= 1992,145 \frac{KN}{m^2} \times (0,65 \times 0,5 m) \times \frac{1-0,3^2}{100000 \frac{KN}{m^2}} \times 0,507 \times 1 \\
 &= 0,002987127 m \\
 &= 0,2987127 cm \\
 &= 2,987127 mm
 \end{aligned}$$

IV.4.3 Penurunan setelah perkuatan

Perhitungan penurunan ini dihitung berdasarkan Qp dan Qs yang diperoleh dari metode-metode yang digunakan diantaranya :

a. Meyerhof

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{(494,76 KN + 0,65 \times 245,042 KN) 5 m}{2,356194 m^2 \times 313381000 \frac{KN}{m^2}} \\
 &= 0,000004428 m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
 &= \frac{209,9826657 KN/m^2 \times 0,15 m}{100000 KN/m^2} (1 - 0,3^2) \times 0,88 \\
 &= 0,000252 m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
 &= \left(\frac{245,024 KN}{2,356194 m^2} \right) \frac{0,15 m}{100000} (1 - 0,3^2) \times 4,0207 \\
 &= 0,00057074 m
 \end{aligned}$$

Total Penurunan

$$\begin{aligned}
 S &= S_1 + S_2 + S_3 \\
 S &= 0,000004428 m + \\
 &0,000252 m + 0,00057074 m \\
 &= 0,00082717 m \\
 S &= 0,82717 mm
 \end{aligned}$$

a. Luciano Decourt

$$S_1 = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p \cdot E_p}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(449,259 KN + 0,65 \times 753,982 KN) 5 m}{2,356194 m^2 \times 313381000 \frac{KN}{m^2}} \\
 &= 0,00000636 m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_2 &= \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \\
 &= \frac{190,6714415 KN/m^2 \times 0,15 m}{100000 KN/m^2} (1 - 0,3^2) \times 0,88 \\
 &= 0,000229 m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
 &= \left(\frac{753,982 KN}{2,356194 m^2} \right) \frac{0,15 m}{100000} (1 - 0,3^2) \times 4,0207 \\
 &= 0,00175625 m
 \end{aligned}$$

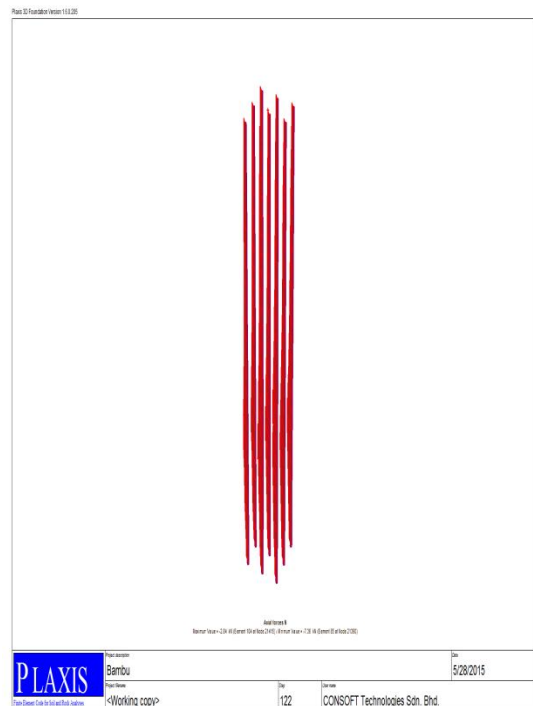
Total Penurunan

$$\begin{aligned}
 S &= S_1 + S_2 + S_3 \\
 S &= 0,00000636 m + 0,000229 m + \\
 &0,00175625 m \\
 &= 0,001990 m \\
 S &= 1,990 mm
 \end{aligned}$$

IV.5 Hasil Plaxis 3D

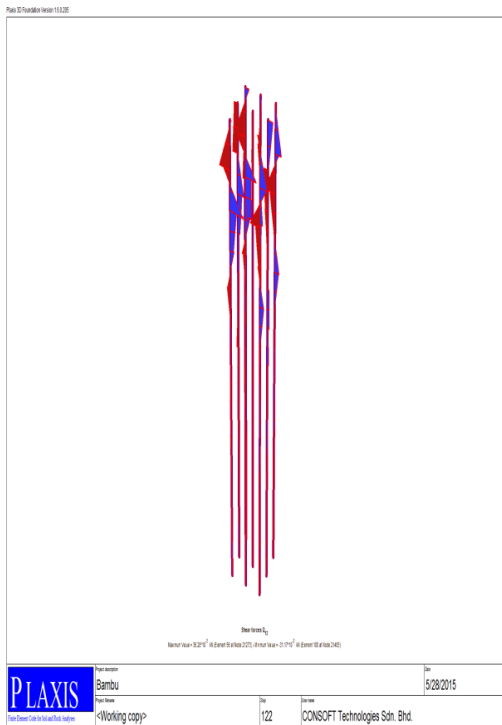
IV.5.1 DAYA DUKUNG AXIAL

Hasil = 7.36 KN



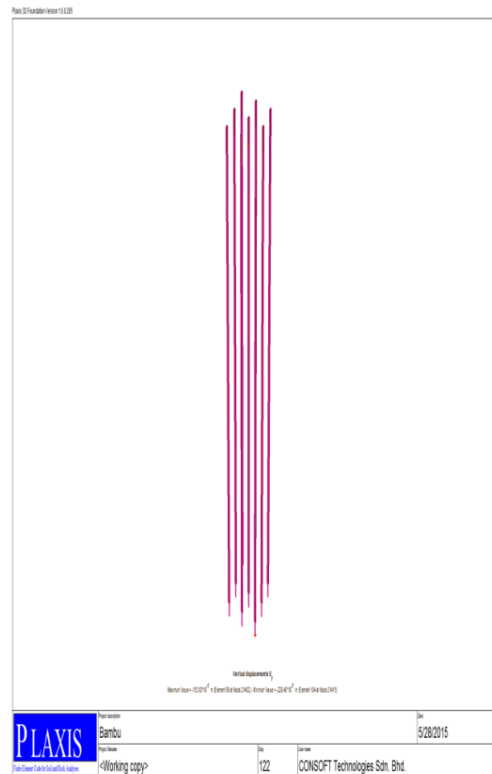
IV.5.2 DAYA DUKUNG LATERAL

Hasil = $31,17 \times 10^{-3} \text{ KN} = 0,003117 \text{ KN}$



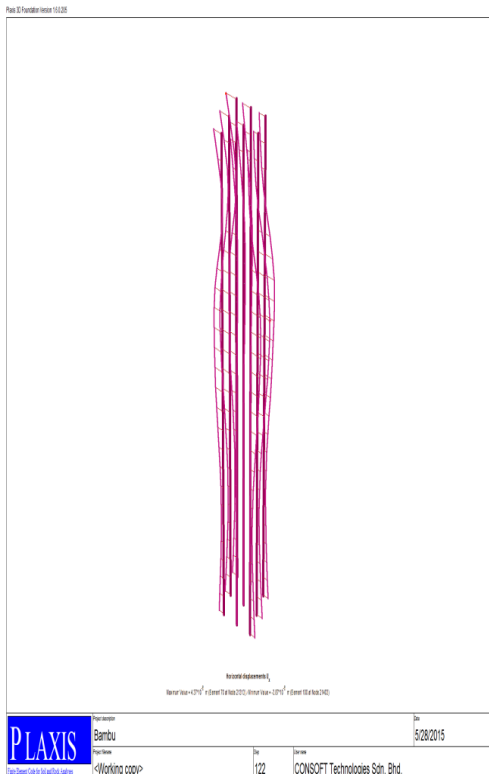
IV.5.4 SETTLEMENT

Hasil = $229,40 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,0000022940 \text{ m}$



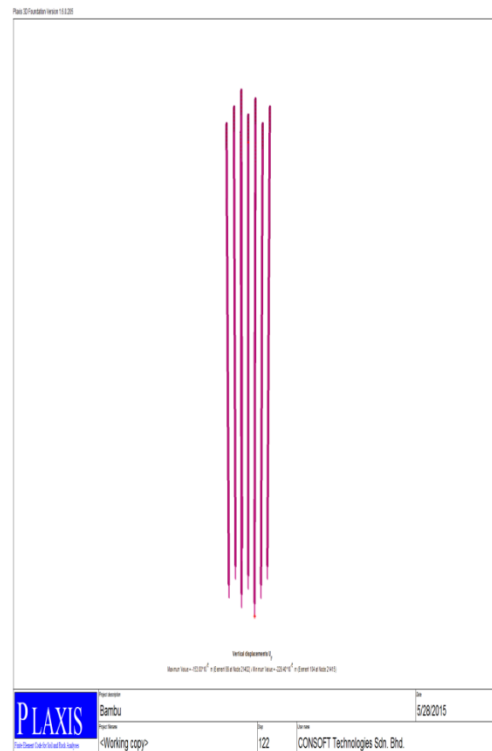
IV.5.3 DEFLEKSI

Hasil = $3,87 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,00000387 \text{ m}$



IV.5.4 SETTLEMENT

Hasil = $229,40 \times 10^{-6} \text{ m} = 0,0000022940 \text{ m}$



IV.6.1 Daya Dukung tanah dan Daya Dukung Tiang

Tabel 10 Daya Dukung Qult

No	Daya dukung Tanah (qu)	Hasil Daya Dukung (qu)
1	Sebelum terjadi liquefaction (Metode Vesic)	2662,290 KN/m ²
	Sesudah terjadi liquefaction (Metode Vesic)	1992,145 KN/m ²
2	Setelah perkuatan : Metode Meyerhof	2219,355 KN
	Metode Luciano Decourt 1982	3609,723 KN
3	Dengan Program Plaxis : Daya dukung axial Daya dukung lateral Defleksi	7.36 KN 0,003117 KN 0,00000387 m

IV.6.2 Penurunan Tanah Dan Penurunan Tiang

Tabel 11 Penurunan

No	Penurunan (Settlement)	Hasil Penurunan (Se)
1	Sebelum terjadi liquefaction	3,991977 mm
	Setelah terjadi liquefaction	2,987127 mm
2	Setelah Perkuatan: Qp dan Qs Meyerhof	0,82717 mm
	Qp dan Qs Luciano Decourt	1,990 mm
3	Penurunan Dengan Program Plaxis	0,0022940

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

- 1) Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pada tanah Liquefaction dengan Daya Dukung Tanah sebelumnya sebesar $1992,145 \frac{KN}{m^2}$, setelah dilakukan perkuatan dengan

bambu sebagai pemodelan micro pile, maka terjadi peningkatan Daya Dukung menjadi 2219,355 KN dari metode Meyerhof dan 3609,723 KN dari metode Luciano Decourt (1982), dengan masing-masing daya dukung satu tiang sebesar 246,595 KN dan 401,08033 KN dari metode yang digunakan diatas.

- 2) Setelah menggunakan program plaxis 3D, maka hasil Daya Dukung Tanah menjadi lebih kecil 7,36 KN dibandingkan dengan hasil Daya Dukung Tanah dengan cara analitis dari metode yang digunakan (Meyerhof dan Luciano Decourt 1982)
- 3) Untuk penurunan tanah sebelum terliquefaction 3,991977 mm, sesudah terjadi liquefaction penurunan menjadi 2,987127 mm, setelah diberikan perkuatan dengan bambu yang menggunakan nilai Qp dan Qs Meyerhof menjadi kecil 0,82717 mm, dan menggunakan Qp dan Qs Luciano Decourt 1982, menjadi 1,990 mm, setelah dibandingkan dengan program plaxis, maka penurunan menjadi kecil 0,002940 mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk daya dukung yang dihasilkan baik secara analitis maupun dengan bantuan program plaxis 3D diatas, aman terhadap penurunan yang terjadi.

V.2 Saran

- 1) Perlu adanya penambahan data-data tanah dan bambu yang memadai, agar supaya hasil perhitungan perkuatan daya dukung yang dihitung baik dengan cara analitis, maupun dengan bantuan program Plaxis 3D yang digunakan bisa lebih baik hasilnya.
- 2) Untuk menggunakan program plaxis 3D, perlu mempelajari hal-hal yang menyangkut dengan program plaxis tersebut, hal tersebut adalah data-data tanah dan bambu sebagai komposisi material, sebab program tersebut menghitung dengan cara finite element, maka hasilnya berbeda dengan cara analitis, sehingga perlu kedepannya lebih lagi mempelajari program plaxis tersebut, baik 2D maupun 3D dan program geoteknik lainnya, agar penggunaan program tersebut dapat dibandingkan dengan program lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles. Joseph. E. 1983. *Analisa dan Disain Pondasi Jilid 1 Edisi ke 3*. Jakarta : Erlangga
 Bowles. Joseph. E. 1991. *Analisa dan Disain Pondasi Jilid 2 Edisi keempat*. Jakarta : Erlangga
 Braja M Das ; 1983, *Fundamentals Of Soil Dynamics* New York

- Eva Harianto, 02.12.0019, (2007). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Menggunakan Software Shaft1 dan Uji Beban Statis
- Hary Cristady Hardiatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi I dan Teknik Pondasi II
- Peck Ralph. B, Thornburn Thomas H, Hansen Walter E. *Teknik Pondasi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Wildan Firdaus, 3107 100 107. Studi Perilaku Tiang Pancang Kelompok Menggunakan Plaxis 2D Pada Tanah Lunak (*Very Soft Soil – Soft Soil*)