

# Analisis Kinerja Fondasi Kelompok Tiang Bor Gedung Museum Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia

ADRIANTO KRESNOHADI<sup>1</sup>, INDRA NOER HAMDHAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan  
Perencanaan Institut Teknologi Nasional

<sup>2</sup>Dosen, Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional

e-mail: kresnohadiadrianto@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Kinerja suatu fondasi tiang bergantung pada nilai daya dukungnya baik daya dukung tanah maupun daya dukung tiang itu sendiri. Suatu bangunan sipil tidak terlepas dari peran fondasi dalam mendukung kekakuan struktur untuk menghasilkan sebuah nilai kenyamanan dan keamanan. Proyek gedung museum pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia menggunakan jenis fondasi tiang bor dalam pelaksanaannya. Untuk itu, analisis kinerja dari fondasi tiang bor diperlukan dalam proyek tersebut. Metode konvensional diantaranya adalah Reese & Wright (1977) dan O'Neill & Reese (1999) untuk daya dukung ujung, Kulhawy (1999) dan Reese & Wright (1977) untuk daya dukung selimut, Vesic (1977) dan metode elemen hingga. Hasil yang diperoleh dari beberapa metode tersebut akan dibandingkan perbedaan nilainya dan diambil sebuah kesimpulan tentang kinerja fondasi tiang bor.

Kata kunci : metode konvensional, metode elemen hingga, daya dukung fondasi tiang

## ABSTRACT

Performances of foundation are depended on bearing capacity value. Civil engineering project need the foundation to support rigidity and safety. Museum project at Indonesia University of Education uses bored pile foundation. Therefore, it needs to do analysis of bored pile foundation performance. Reese & Wright (1977), O'Neill & Reese (1999), Kulhawy (1999), Meyerhof (1956), finite element method and Vesic (1977) has been choosen as methods to do the analysis. The results of analysis are bearing capacity and the settlements of foundation. The results will be compared among them to make the conclusion of performance analysis of bored pile foundation.

Key words: analysis method, bearing capacity, finite element method

## 1. PENDAHULUAN

Fondasi kelompok tiang bor dianggap mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan fondasi tiang bor tunggal. Salah satu pemilihan fondasi kelompok didasarkan kepada struktur yang akan dipikul oleh fondasi, efisiensi dalam pemilihan jenis fondasi dan sebuah simplifikasi desain. Oleh sebab itu, kinerja fondasi kelompok tiang bor akan ditinjau pada proyek gedung museum pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia dengan metode analisis dan metode FEM (Finite Element Method) yang berdasarkan kepada data standard penetration test. Pada proyek pembangunan Gedung Museum Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia, jenis fondasi yang digunakan adalah fondasi kelompok tiang bor. Pemilihan jenis fondasi kelompok tiang bor pada proyek pembangunan gedung museum ini tentunya telah direncanakan secara matang dan ditargetkan untuk mencapai simplifikasi desain dalam mendukung kekakuan struktur di atasnya. Oleh karena itu, analisis kinerja fondasi kelompok tiang bor perlu dilakukan yang meliputi daya dukung fondasi dan penurunan fondasi kelompok tiang pada proyek Museum Nasional Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia. Hasil yang ingin dicapai adalah nilai daya dukung ujung, daya dukung selimut, daya dukung ultimit dan penurunan fondasi akibat beban yang dipikul fondasi tiang bor dan perbandingan hasil tersebut yang telah dianalisis dengan beberapa metode. Dalam metode FEM (Finite Element Method) software yang digunakan adalah PLAXIS 2D dan 3D 2013.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Fondasi tiang bor merupakan jenis fondasi beton bertulang dimana pelaksanaannya dengan cara melubangi atau membor tanah sesuai diameter dan kedalaman yang telah didesain sebelumnya. Pemakaian fondasi tiang bor sangat sering digunakan dalam proyek bangunan sipil, hal ini dikarenakan fondasi tiang bor tidak menimbulkan polusi suara atau kebisingan dalam pelaksanaannya bila dibandingkan dengan fondasi tiang pancang dan tidak bergantung terhadap proses produksinya dimana dapat menghambat proses pelaksanaannya. Fondasi tiang bor termasuk jenis fondasi yang daya dukung selimutnya lebih diandalkan daripada daya dukung ujungnya walaupun dalam beberapa kasus tertentu fondasi tiang bor juga mengandalkan daya dukung ujung. Fondasi tiang bor adalah fondasi dengan jenis low displacement pile atau fondasi yang tidak menimbulkan desakan pada tanah dalam skala yang besar. Jenis fondasi harus didasarkan pada penyelidikan geoteknik yang akurat atau tepat sehingga jenis fondasi yang dipilih sesuai dengan fungsi bangunan yang akan dibuat.

Pada Tugas Akhir ini, analisis kinerja fondasi tiang bor menggunakan dua metode yaitu metode analisis dan FEM (finite element method) atau metode elemen hingga.

Metode analisis adalah metode konvensional yang sering digunakan dalam perhitungan atau desain fondasi yang diantaranya adalah Reese & Wright (1977), O'neill & Reese (1999), Kulhawy (1999), Meyerhof (1956) dan Vesic (1977). Penggunaan data pada metode analisis berdasarkan pada hasil penyelidikan

geoteknik, baik penyelidikan lapangan maupun tes laboratorium. Parameter tanah yang digunakan pada metode analisis berbeda-beda, yaitu menggunakan data hasil uji sondir, data hasil standard penetration test dan data laboratorium.

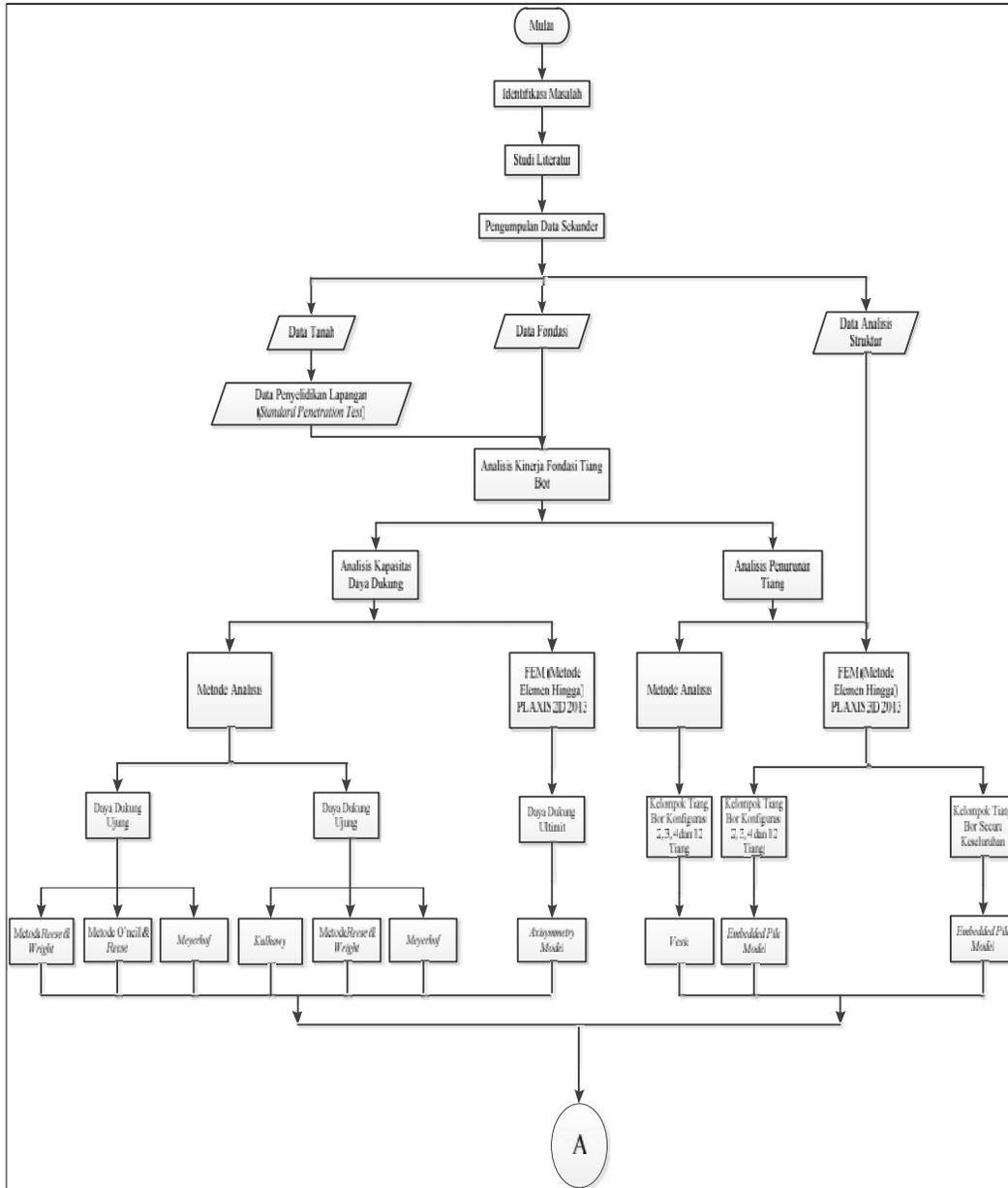
Metode elemen hingga adalah suatu metode pemaparan bagaimana perjalanan aksi hingga timbul reaksi dalam materi, atau metode untuk memperkirakan besar reaksi yang timbul dari materi tersebut. Kontinum dibagi-bagi menjadi bagian yang lebih kecil, maka elemen kecil ini disebut elemen hingga. Proses pembagian kontinum menjadi elemen hingga disebut proses "diskretisasi" (pembagian). Elemen hingga dinamakan seperti itu karena ukuran elemen kecil ini berhingga (bukannya kecil tak berhingga) dan umumnya mempunyai bentuk geometri yang lebih sederhana dibanding dengan kontinumnya. Dalam hal ini, FEM (finite element method) atau metode elemen hingga menggunakan software PLAXIS 2D dan 3D 2013. PLAXIS merupakan software khusus untuk menganalisis masalah-masalah pada bidang geoteknik yang sudah umum digunakan.

Selain kedua metode yang telah disebutkan di atas, dasar acuan pada Tugas Akhir ini adalah ilmu mekanika tanah dan perancangan struktur bawah. Mekanika tanah merupakan bagian dari geoteknik yaitu salah satu cabang dari ilmu teknik sipil yang mempelajari sifat fisik dan sifat mekanik tanah. Ilmu mekanika tanah sering digunakan dalam perencanaan perkerasan lapisan dasar, perencanaan fondasi, perencanaan galian, perencanaan timbunan dan perencanaan bendungan. Perancangan struktur bawah adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur bawah bangunan sipil. Ilmu ini mempelajari tentang perilaku struktur bawah, pengaruh struktur bawah terhadap struktur di atasnya, penurunan struktur bawah akibat beban yang berasal dari struktur atas dan kapasitas daya dukung struktur bawah.

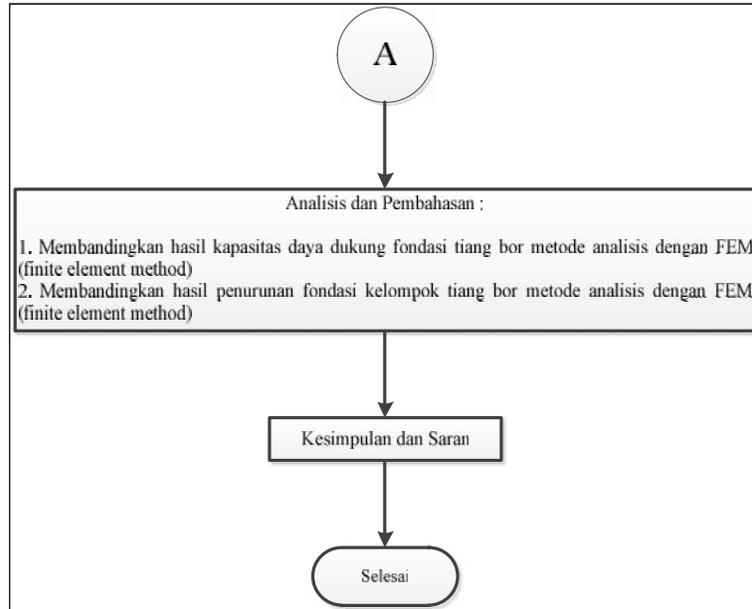
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Kinerja fondasi kelompok tiang bor akan dibandingkan dengan beberapa metode analisis dan metode elemen hingga menggunakan PLAXIS 2D dan 3D 2013. Pada Gambar 1 dapat dilihat bagan alir penelitian Tugas Akhir ini. Data yang digunakan adalah data hasil pengujian lapangan yaitu standard penetration test yang berupa nilai  $N_{SPT}$  hasil dari boring depth test atau pengeboran dalam. Data detail fondasi tiang bor dan data hasil analisis struktur merupakan data sekunder dikarenakan data yang didapatkan berdasarkan hasil desain dan analisis dari pihak perencana. Setelah semua data didapatkan, analisis kinerja fondasi kelompok tiang bor dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode analisis dan FEM (finite element method) atau metode elemen hingga. Tahap pertama adalah menganalisis daya dukung ujung menggunakan metode Reese & Wright (1977), tahap kedua adalah menganalisis daya dukung ujung metode O'Neill & Reese (1999), tahap ketiga adalah menganalisis daya dukung ujung menggunakan metode Meyerhof (1956), tahap keempat adalah menganalisis daya dukung selimut metode Kulhawy (1999), tahap keenam adalah menganalisis daya dukung selimut metode Reese & Wright (1977) dan tahap yang ketujuh adalah menganalisis daya dukung selimut metode Meyerhof (1956). Analisis penurunan fondasi kelompok tiang bor dengan beberapa konfigurasi tiang dianalisis menggunakan metode Vesic (1977) dan metode FEM

(finite element method) atau metode elemen hingga. Analisis penurunan fondasi kelompok tiang bor secara keseluruhan dilakukan menggunakan metode FEM (finite element method) atau metode elemen hingga PLAXIS 3D 2013.



Gambar 1. Bagan alir penelitian



Gambar 2. Bagan alir lanjutan

#### 4. PEMBAHASAN DAN ANALISIS DATA

Tahap pertama: menganalisis nilai daya dukung ujung metode Reese & Wright (1977) dan O'Neill & Reese (1999). Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

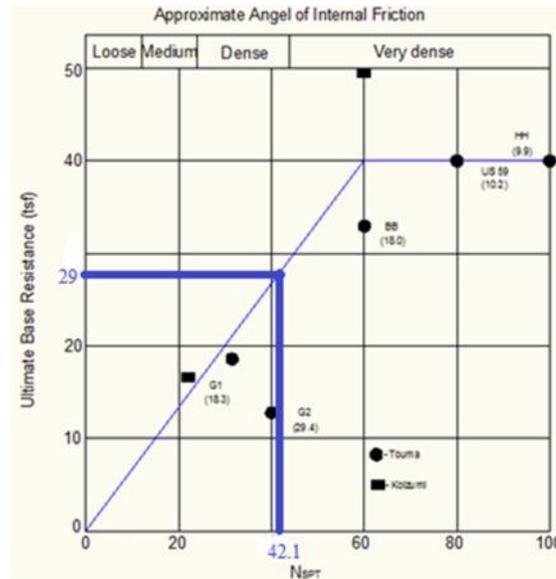
Rumus dasar perhitungan daya dukung ujung adalah :

$$Q_p = q_p \times A \dots\dots\dots(1)$$

Tabel 1. Nilai daya dukung ujung

Metode analisis	Nilai daya dukung ujung (kN)
Reese & Wright	1080.32
O'Neill & Reese	923.62

Nilai daya dukung ujung metode Reese & Wright :



Gambar 3. Nilai daya dukung ujung metode Reese & Wright

Nilai daya dukung ujung metode O'Neill & Reese :

$$\begin{aligned}
 q_p \text{ (KPa)} &= 57.5 N_{SPT} - 2.9 \text{ MPa} \\
 &= 57.5 \times 42.1 - 2.9 \text{ MPa} \\
 &= 2420.75 - 2.9 \text{ MPa} \\
 &= 2420.75 / 1000 \text{ KPa} - 2.9 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tahap kedua: menganalisis nilai daya dukung selimut metode Reese & Wright dan Kulhawy. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Rumus dasar perhitungan daya dukung selimut adalah :

$$Q_s = f_{si} \times l_i \times p \dots\dots\dots (2)$$

Dimana  $f_{si}$  adalah gesekan selimut tiang per satuan luas,  $l_i$  adalah panjang segmen tiang dan  $p$  adalah keliling penampang tiang (Universitas Katolik Parahyangan, 2005, Manual Fondasi Tiang, Jilid 4).

Tabel 2. Nilai daya dukung selimut

Metode analisis	Nilai daya dukung selimut (kN/m <sup>2</sup> )
Kulhawy	3340.55
Reese & Wright	3885.29
Meyerhof	1207.59

Tabel 3. Nilai daya dukung ultimit

Metode	Daya Dukung Ultimit (kN/m <sup>2</sup> )	Daya Dukung Ultimit Finite Element Method(kN/m <sup>2</sup> )	Persentase perbedaan (%)
Reese & Wright + Kulhawy	4420.87		21.37
Reese & Wright + Reese & Wright	4965.61		11.68
O'neill & Reese + Kulhawy	4264.71	5622.85	24.16
O'neill & Reese + Reese & Wright	4808.91		14.47
Meyerhof	5730.79		1.883

Tahap keempat: menganalisis penurunan fondasi tiang bor metode Vesic dan metode elemen hingga. Hasil analisis metode vesic dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk hasil analisis metode elemen hingga dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8.

Tabel 4. Penurunan fondasi kelompok tiang bor

Metode	Penurunan Fondasi Kelompok Tiang Bor (m)			
	2 Tiang	3 Tiang	4 Tiang	12 Tiang
Vesic	0.094	0.139	0.133	0.168
Finite Element	0.068	0.092	0.105	0.176
Selisih Penurunan (m)	0.026	0.047	0.028	0.008
Persentase perbedaan (%)	27.65	33.81	21.05	4.545

Untuk perhitungan Vesic dapat dilihat dibawah ini:

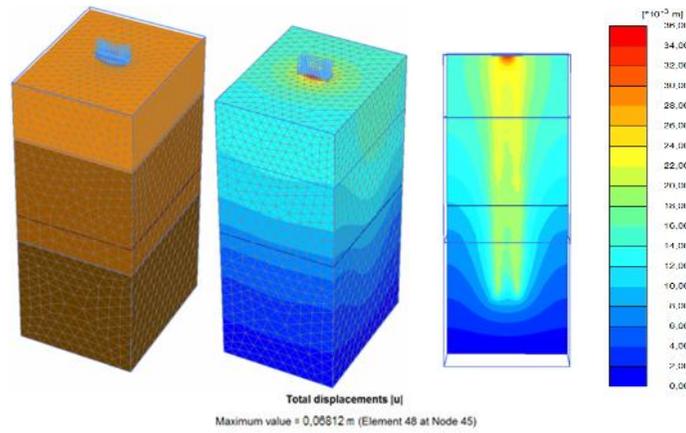
$$S_{e(1)} = \frac{Q_{wp} + \xi \cdot Q_{ws} \cdot L}{A_p \cdot E_p} \dots\dots\dots (3)$$

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{wp} \cdot D}{E_s} - (1 - \mu_s^2) I_{wp} \dots\dots\dots (4)$$

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL}\right) \left(\frac{D}{E_s}\right) (1 - \mu_s^2) I_{ws} \dots\dots\dots(5)$$

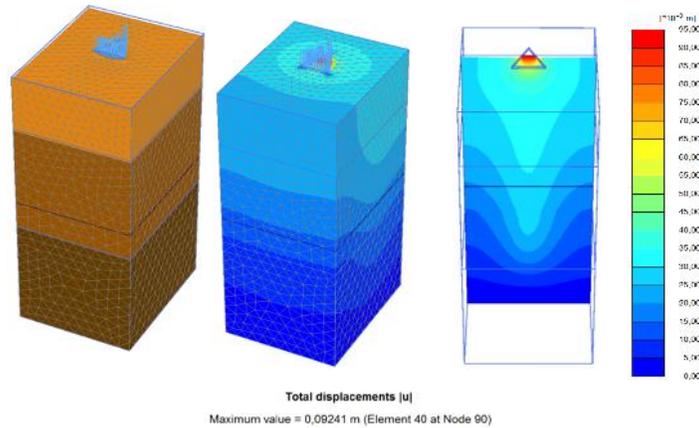
$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(6)$$

Pemodelan dan analisis FEM (metode elemen hingga) dapat dilihat di bawah ini



Gambar 5. Hasil pemodelan dan penurunan fondasi kelompok tiang bor dua tiang

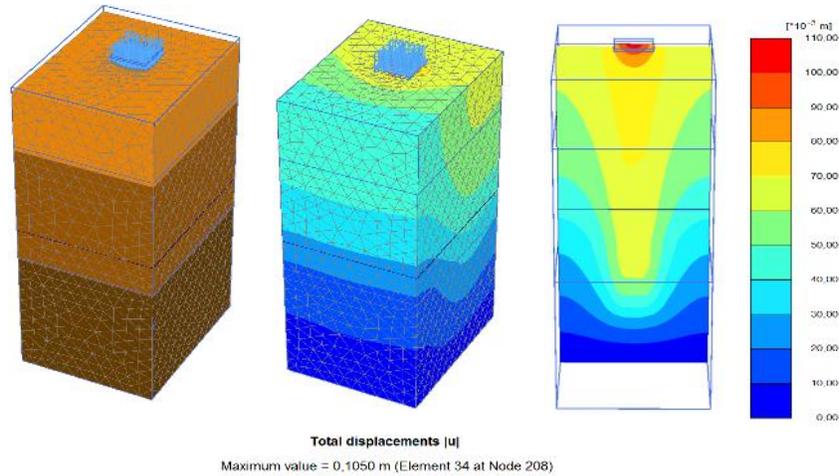
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah 0.06812 meter akibat beban yang dipikul oleh fondasi.



Gambar 6. Hasil pemodelan dan penurunan fondasi kelompok tiang bor dua tiang

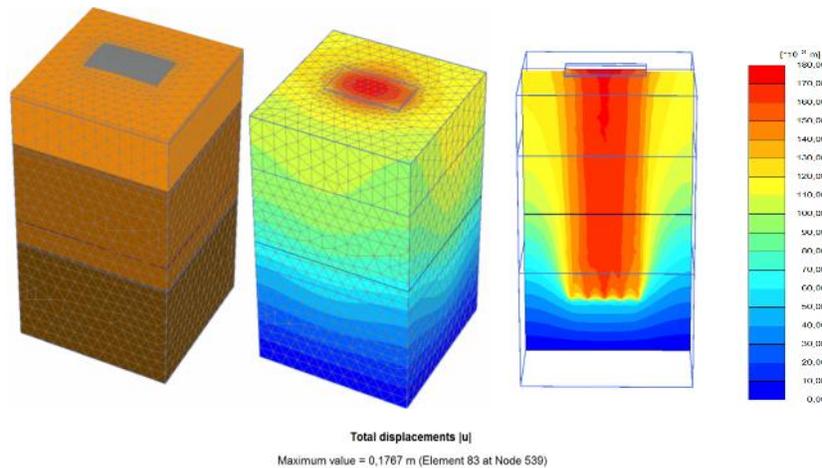
Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah 0.09241 meter akibat beban yang dipikul oleh fondasi.

Analisis Kinerja Fondasi Kelompok Tiang Bor Gedung Museum Pendidikan  
Universitas Pendidikan Indonesia



Gambar 7. Hasil pemodelan dan penurunan fondasi kelompok tiang bor empat tiang

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah 0.1050 meter akibat beban yang dipikul oleh fondasi.



Gambar 8. Hasil pemodelan dan penurunan fondasi kelompok tiang bor dua belas tiang

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi adalah 0.1767 meter akibat beban yang dipikul oleh fondasi.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kesimpulan didapatkan sebagai berikut:

1. Berbagai metode yang telah digunakan dalam perhitungan analisis kinerja fondasi tiang bor menunjukkan hasil berbeda-beda, hal ini dikarenakan dasar acuan perhitungan tiap-tiap metode memiliki parameter-parameter masing-masing. Metode Reese & Wright (1977) nilai daya dukung ujung mengambil hubungan antara  $N_{SPT}$  dengan tahanan ujung.
2. Metode O'Neill & Reese (1999) hanya mengambil  $N_{SPT}$  dalam perhitungan tahanan ujung.
3. Daya dukung selimut dari berbagai metode yang telah dianalisis menunjukkan hasil yang bervariasi namun tidak terlalu jauh perbedaannya.
4. Dalam metode Kulhawy (1999) dan Reese & Wright (1977) parameter yang dipakai acuan dalam menghitung adalah nilai kohesi tanah, hal yang membedakan kedua metode ini adalah perhitungan daya dukung selimut pada tanah pasir. Pada metode Kulhawy (1999), tegangan efektif vertikal diperhitungkan pada saat menganalisis.
5. Metode Reese & Wright (1977) mengambil hubungan antara  $N_{SPT}$  dengan tahanan selimut tanpa memperhitungkan tegangan efektif vertikal.
6. Penurunan fondasi berdasarkan metode analisis bila dibandingkan dengan finite element method tidak jauh berbeda. Namun hal yang membedakan dari kedua metode ini adalah pada finite element method, sloof ikut diperhitungkan dalam pemodelan sedangkan pada metode Vesic (1977), sloof tidak diperhitungkan sehingga mempengaruhi hasil dari kedua metode tersebut.
7. Penurunan fondasi tiang secara keseluruhan, tidak melebihi batas-batas yang telah ditetapkan untuk penurunan maksimum fondasi tiang. Hal ini membuktikan bahwa fondasi kelompok tiang bor pada gedung museum pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia telah didesain atau direncanakan secara matang untuk kenyamanan dan keamanan pengguna gedung.

#### DAFTAR RUJUKAN

Universitas Katolik Parahyangan, 2005, Manual Fondasi Tiang, Jilid 4. Bandung : GEC – Geotechnical Engineering Center.