

ANALISA TAHANAN LATERAL DAN DEFLEKSI FONDASI GRUP TIANG PADA SISTEM TANAH BERLAPIS DENGAN VARIASI JUMLAH TIANG DALAM SATU GRUP

Studi Kasus:
Rekonstruksi Gedung Kantor Kejaksaan Tinggi Sumatera Barat
Jl. Raden Saleh No. 4, Padang

Rio Gunawan Jufri¹⁾, Rina Yuliet²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945

²⁾Program Studi Teknik Sipil Universitas Andalas

Abstrak

Fungsi pondasi adalah untuk mentransfer atau meneruskan beban dari struktur di atasnya. Beban struktur atas tersebut harus ditransfer kelapisan tanah yang cukup keras agar pondasi mampu memikul beban tersebut contoh kasusnya pondasi grup tiang. Jika pondasi grup tiang digunakan untuk mendukung suatu struktur bangunan tinggi, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa bagaimana perilaku pile group di dalam sistem tanah berlapis, menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup akibat beban lateral, menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap defleksi perkedalaman, dan menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap bending momen perkedalaman. Data input yang digunakan berdasarkan data lapangan hasil uji SPT dan analisa dilakukan dengan variasi lapisan tanah permukaan tanah (pasir dan lanau) dan permodelan dengan software PGroup v.8.0. Hasil analisa yang diamati berupa nilai tahanan lateral tanah dan defleksi lateral kepala tiang. Dari kurva p-y yang dihasilkan, pada kedalaman 2 m dan 6 m merupakan kurva yang menggambarkan tiang berperilaku liat (ductile) sedangkan pada kedalaman 10 m dan 14 m merupakan kurva yang menggambarkan tiang berperilaku getas (brittle). Sehingga dapat dilihat bahwa, perilaku liat dapat terjadi pada tanah pasir akibat beban statis dan perilaku getas terdapat pada tanah-tanah lempung khususnya lempung kaku. Pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap defleksi dengan kombinasi beban yang sama adalah linear dimana semakin banyak jumlah tiang dalam satu grup maka defleksi akan semakin kecil.

Kata Kunci: Pondasi grup tiang, Defleksi, Tahanan lateral, Tanah berlapis, PGroup v.8.0

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bangunan sipil secara umum meliputi dua bagian utama yaitu struktur bawah (*sub structure*) dan meliputi struktur atas (*upper structure*). Struktur atas didukung oleh struktur bawah sebagai pondasi yang berinteraksi dengan tanah dan akan memberikan keamanan bagi struktur atas. Struktur bawah sebagai pondasi secara umum dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Fungsi pondasi adalah untuk mentransfer atau meneruskan beban dari struktur di atasnya. Beban struktur atas tersebut harus ditransfer

kelapisan tanah yang cukup keras agar pondasi mampu memikul beban tersebut contoh kasusnya pondasi grup tiang. Jika pondasi grup tiang digunakan untuk mendukung suatu struktur bangunan tinggi maka grup tiang juga diharapkan dapat menahan beban akibat gaya aksial dan lateral yang berasal dari struktur atas.

Oleh karena itu, *pile group* dirancang untuk mampu menahan beban aksial dan beban lateral yang bekerja padanya. Dengan demikian, pada perencanaan pondasi tiang, kemampuan menahan beban aksial dan lateral harus diperhitungkan dengan baik agar dapat menghasilkan suatu struktur pondasi yang kuat dan efisien, beban lateral merupakan beban yang bekerja tegak lurus tiang sehingga memungkinkan terjadinya pergeseran bila tiang tidak mampu menahannya. Khusus tahanan tiang terhadap beban lateral, yang berpengaruh adalah kekuatan tiang itu sendiri dan kondisi tanah yang menggenggam sepanjang tiang. Berkaitan dengan kondisi tanah, bila struktur tanah berlapis-lapis, akan mengakibatkan respon tanah yang tidak linear. Hubungan tidak linear antara tanah dan struktur dalam perencanaan menyebabkan metode analisa statika biasa sulit digunakan untuk mewakili permasalahan sebenarnya. Untuk itu dibutuhkan metode lain dalam pemecahan masalah ini, salah satunya adalah analisa dengan menggunakan *software*.

Dalam dunia Teknik Sipil, telah dikembangkan beberapa *software* untuk memecahkan masalah yang dikenal sulit bila diselesaikan dengan metode analisa biasa. Salah satunya adalah *PGroup Version 8.0*. *PGroup Version 8.0* merupakan *software* yang diprogram khusus untuk menganalisa perilaku *pile group* dan tanah terhadap beban lateral. Dengan *software* ini, kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan sedemikian rupa dan dapat dianalisa dengan beberapa parameter.

Tujuan dan Manfaat

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

- Menganalisa bagaimana perilaku *pile group* pada sistem tanah berlapis
- Menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup akibat beban lateral
- Menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap defleksi per kedalaman
- Menganalisa pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap bending momen per kedalaman

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- Mengetahui bagaimana perilaku *pile group* pada sistem tanah berlapis, dan bagaimana pengaruh komposisi lapisan tanah terhadap *pile group*
- Dapat dijadikan literatur tambahan bagi pembaca yang membutuhkan dan mendalami analisa mengenai perilaku lateral *pile group*.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis membatasi pembahasan dengan beberapa hal berikut:

- *Software* yang digunakan sebagai metode numerik adalah *PGroup Version 8.0*
- Muka air tanah diabaikan
- Parameter tanah yang digunakan diambil dari literatur
- Variasi beban yang diberikan adalah sama

- Analisis dilakukan pada *pile group* saja

TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi Grup Tiang

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul.
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas.
- Keadaan tanah dimana akan didirikan bangunan .

Dari beberapa macam tipe pondasi, yang dapat digunakan salah satunya adalah pondasi grup tiang. Pemakaian grup tiang dipergunakan untuk suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang memiliki daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak sangat dalam. Pondasi grup tiang digunakan untuk beberapa maksud, diantaranya:

- Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak ke tanah pendukung yang kuat.
- Untuk meneruskan beban dari tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan daya dukung yang cukup untuk memikul beban tersebut oleh gesekan dinding tiang dengan tanah di sekitarnya.
- Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
- Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas daya dukung tanah pasir tersebut meningkat.

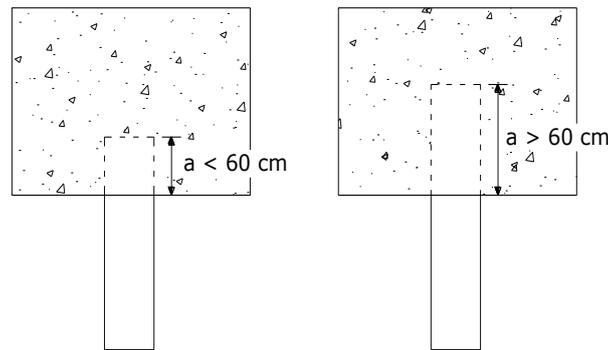
Analisa Lateral Tiang

Tiang Ujung Bebas dan Tiang Ujung Jepit

Dalam analisa gaya lateral terhadap tiang, tiang-tiang dibedakan berdasarkan model ikatannya dengan penutup kepala tiang. Karena model ikatan tersebut sangat mempengaruhi perilaku tiang dalam menahan beban lateral. Berhubungan dengan hal itu, tiang dibedakan menjadi dua tipe, yaitu:

- Tiang Ujung Bebas (*free head*)
- Tiang Ujung Jepit (*fixed head*)

McNulty (1986) mendefenisikan tiang ujung jepit (*fixed head*) sebagai tiang yang ujung atasnya tertanam di dalam pelat penutup kepala tiang minimal 60 cm. Sehingga dengan demikian, untuk tiang yang bagian atasnya tidak terjepit atau terjepit kedalam pelat penutup kepala tiang tetapi kurang dari 60 cm termasuk tiang ujung bebas (*free head*).



(a) Tiang Ujung Bebas (b) Tiang Ujung Jepit
Gambar 2.1 Tiang ujung bebas dan tiang ujung jepit (McNulty)

PGROUP version 8.0

PGroup version 8.0 adalah program yang dapat menganalisa perilaku tiang akibat beban lateral dan beban axial. Program ini dapat menghitung lendutan, geser, momen lentur, tahanan tanah terhadap defleksi (p - y), dan respon tanah terhadap kedalaman, baik itu dalam kondisi tanah seragam maupun berlapis. Program ini mampu menampilkan data analisis secara grafis hubungan antar parameter analisa. *Output* dari *PGroup* version 8.0 yang diamati pada penelitian ini antara lain:

- Kurva p - y .
- Hubungan defleksi terhadap kedalaman.
- Hubungan momen tiang terhadap kedalaman.

Metode p - y

Metode non linear yang paling banyak digunakan adalah metode p - y , yang didasarkan pada analisis McClelland dan Froht (1958). Metode ini menganggap tahanan tanah satu seri pegas non linear, metode p - y telah banyak digunakan karena merupakan kalibrasi kondisi sebenarnya yang diperoleh dari skala penuh (*full scale test*). Metode ini memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Sembarang kurva beban-deformasi non linear
2. Variasi kurva beban-deformasi dengan kedalaman tiang
3. Variasi kekakuan tiang dengan kedalaman
4. Elastis-plastis (nonlinear) kekakuan lentur tiang
5. Sembarang tipe hubungan pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan kepala tiang, seperti ujung bebas, ujung jepit, momen murni dan lain-lain.

Ketika beban lateral mendekati kapasitas lateral ultimit tiang, kurva non linera p - y menghasilkan defleksi besar, sehingga hasil hitungan pergeseran tiang menjadi besar pula. Metode p - y mendefenisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan oleh sebuah kurva. Sumbu p adalah tahanan lateral tanah per satuan panjang

tiang dan sumbu y adalah defleksi lateral tiang. Kurva p-y dititik tertentu pada tiang bergantung pada:

1. Tipe tanah
2. Tipe beban
3. Diameter tiang dan bentuk tampang melintang tiang
4. Koefisien gesek antara tanah dan tiang
5. Kedalaman dibawah permukaan tanah
6. Metode pelaksanaan pemasangan tanah
7. Pengaruh interaksi kelompok tiang.

Analisis dengan metode p-y harus memperhatikan perubahan kurva p-y dengan kedalaman. Umumnya hal ini dapat dilakukan dengan analisis *finite difference* yang membagi tiang menjadi n interval. Pada analisis diperlukan kondisi batas (*boundry condition*). Terdapat 2 kondisi yang diketahui pada dasarnya tiang yaitu, gaya geser dan momen nol. Kondisi batas pada puncak tiang tergantung pada tipe hubungan *pile cap* dan tiang, sebagai berikut:

- Untuk ujung bebas, gaya geser (gaya horizontal) (V) dan momen (M) diketahui. Pada puncak tiang terdapat rotasi dan defleksi (S, #0 dan y, #0)
- Untuk ujung jepit, gaya geser V, slope S, diketahui. Umumnya S, diambil nol, namun dapat mempunyai nilai tertentu
- Untuk momen murni, momen yang bekerja (M) diketahui, gaya geser V=0 dan defleksi lateral pada puncak tiang nol. akan tetapi terdapat rotasi pada puncak, sehingga S tidak nol.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data Input Data

3.1.1 Analisa Grup Tiang

a. Data Tiang

Diameter (d)	: 0,35	m
Panjang Tiang	: 28	m
Inersia (I)	: 0,0007366	m ⁴
Area (A)	: 0,096	m ²
Mod. Elastisitas (E)	: 33.564.713	kN/m ²

b. Pembebanan

Tipe Pembebanan	: <i>Static Loading</i>
Variasi Beban	: 20kN, 40kN, 60kN, dan 80kN

c. Data Tanah

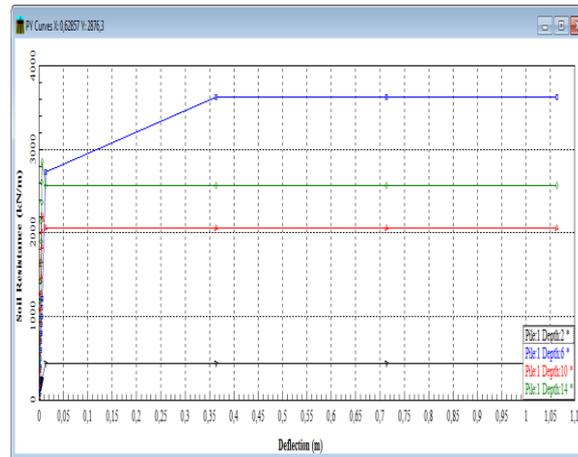
Tabel 4.1 Parameter tanah

Lap	Jenis	γ kN/m ³	c kN/m ²	k kN/m ³	ϕ^0	e50
1	Pasir	18	-	34603	43	-
2	Lanau	15	2	27683	30	0,006
3	Lanau	20	9	553650	47	0,004

Pembahasan

Kurva p - y

Kurva p - y berikut menggambarkan bagaimana kondisi tahanan lateral tanah tiap kedalaman 2 m, 6 m, 10 m, dan 14 m. Empat variasi kedalaman tersebut diidentifikasi karena mewakili sistem tanah berlapis sepanjang grup tiang yang akan diamati dalam penelitian ini.



Gambar 3.1 Kurva tahanan tanah vs defleksi pada grup tiang dengan dua tiang

Secara keseluruhan, berdasarkan kurva p - y diatas, tahanan lateral tanah menunjukkan hubungan linear terhadap kedalaman. Tahanan lateral tanah sekitar tiang akan semakin meningkat seiring dengan kedalaman tiang. Terlihat perbedaan nilai tahanan lateral tanah yang begitu signifikan pada kedalaman 2m, 6m, 10m dan 14m.

Dimana pada kedalaman 6m p - y mempunyai nilai yang sangat besar dibandingkan pada kedalaman 10m dan 14m. Selain itu, pada kedalaman 2 m dan 6 m merupakan kurva yang menggambarkan tiang berperilaku liat (*ductile*) sedangkan pada kedalaman 10 m dan 14 m merupakan kurva yang menggambarkan tiang berperilaku getas (*brittle*). Sehingga dapat dilihat bahwa, perilaku liat dapat terjadi pada tanah pasir akibat beban statis dan perilaku getas terdapat pada tanah-tanah lempung khususnya lempung kaku. Berdasarkan perhitungan dengan program *PGroup version 8.0*, maka hubungan tahanan lateral tanah terhadap defleksi kepala tiang digambarkan melalui tabel-tabel berikut:

Tabel 4.6 Hubungan p - y pada grup tiang pada kedalaman tertentu

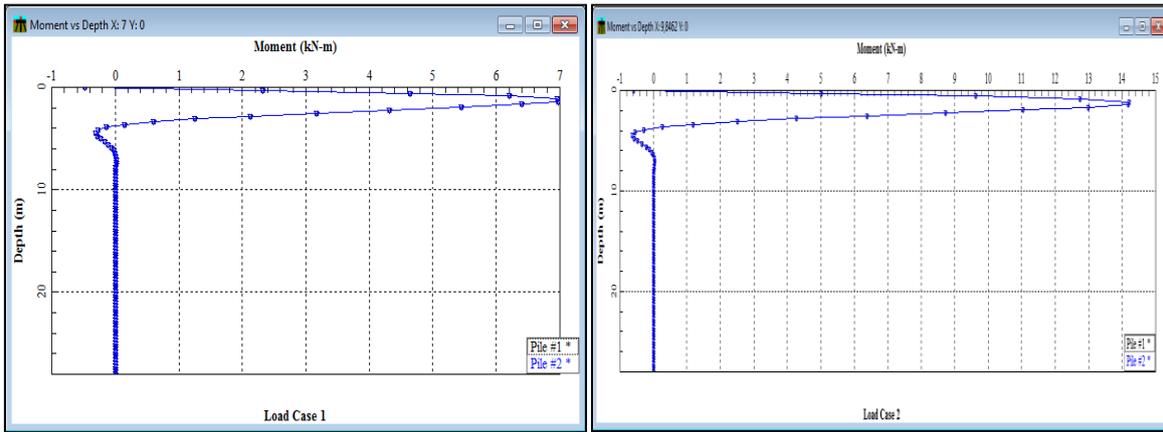
Kedalaman (m)	Soil resistance (kN/m)	Deflection (m)
2	33.642	0.000
	67.284	0.001

	180.394	0.003
	440.614	0.013
	440.614	1.063
6	100.925	0.000
	201.851	0.001
	706.478	0.003
	3626.218	0.363
	3626.218	1.063
10	184	0.000
	551	0.001
	1470	0.003
	2050	0.013
	2050	1.063
14	237	0.000
	712	0.001
	1900	0.003
	2570	0.013
	2570	1.063

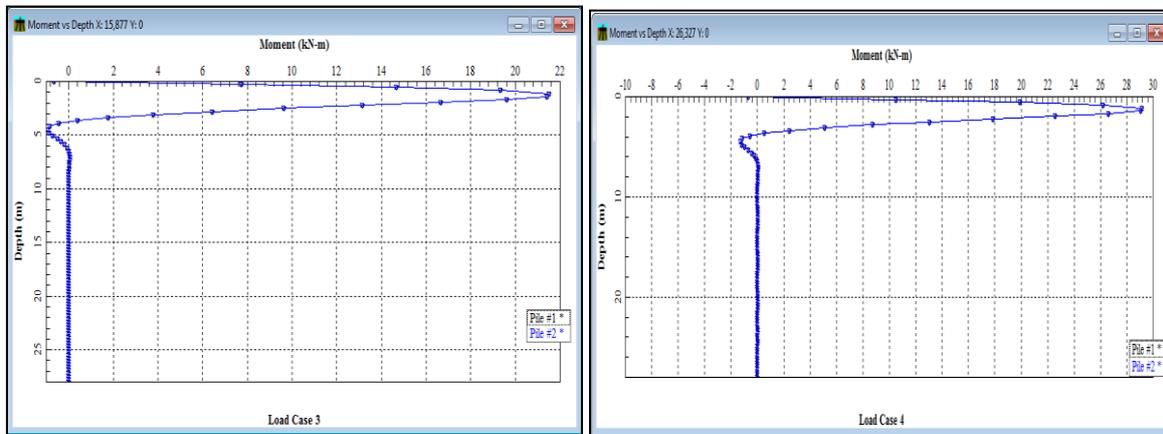
Terlihat bahwa tahanan lateral tanah pada kedalaman 6 m lebih besar bila dibandingkan dengan kedalaman 10 m. Karena pada kedalaman 6 m merupakan tanah pasir sedangkan di kedalaman 10 m merupakan tanah lanau. Ini disebabkan karena struktur tanah pasir lebih padat dari tanah lanau. Bisa disimpulkan bahwa, semakin padat suatu struktur tanah maka tahanan lateralnya pun akan semakin besar pula. Dari pemaparan jumlah tiang, jumlah tiang tidak mempengaruhi nilai p-y yang dihasilkan oleh grup tiang, karena berapa pun kombinasi jumlah tiang dalam sebuah grup akan menghasilkan nilai p-y yang sama.

Momen

1. Grup Tiang dengan Jumlah Dua Tiang

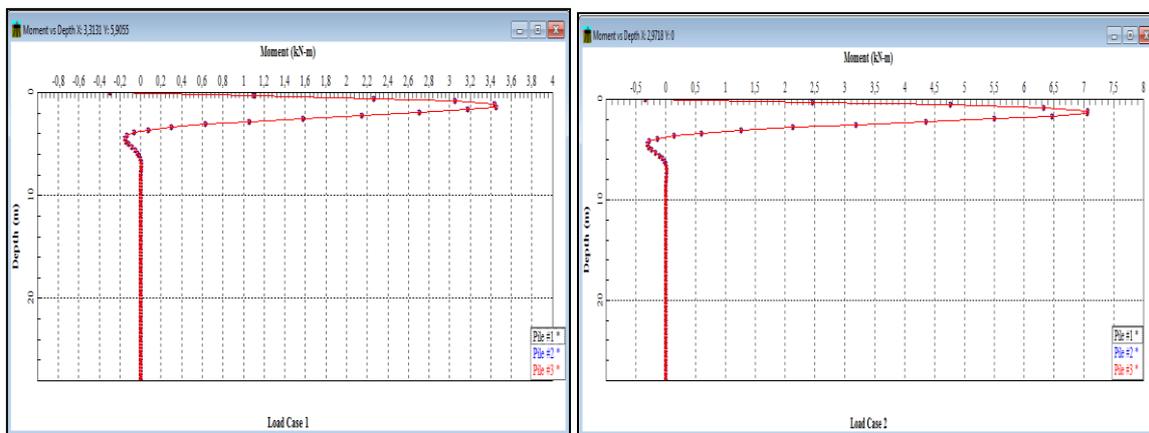


Gambar 3.2 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah tiang dua dengan load case 20 kN dan 40 kN

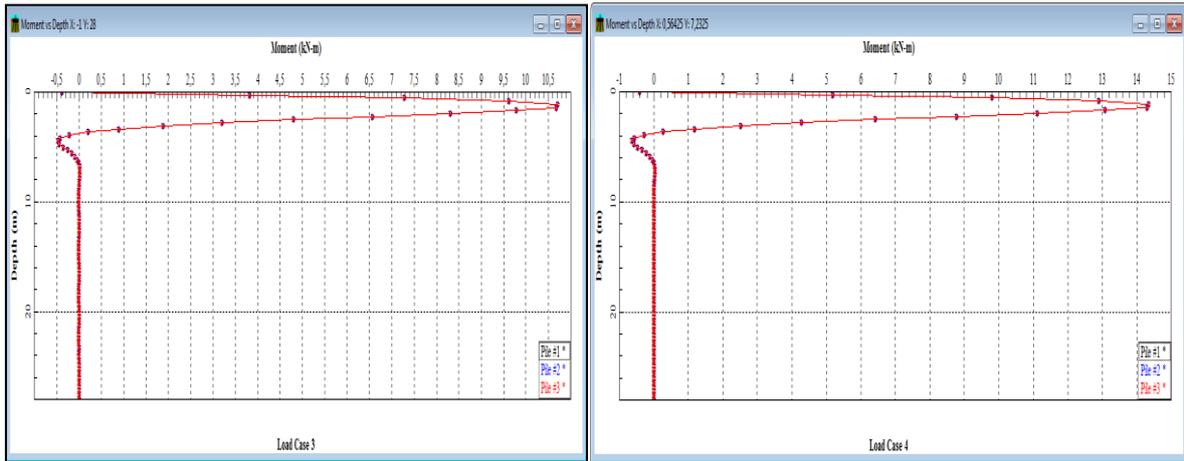


Gambar 3.3 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah tiang dua dengan load case 60 kN dan 80 kN

2. Grup Tiang dengan Jumlah Tiga Tiang

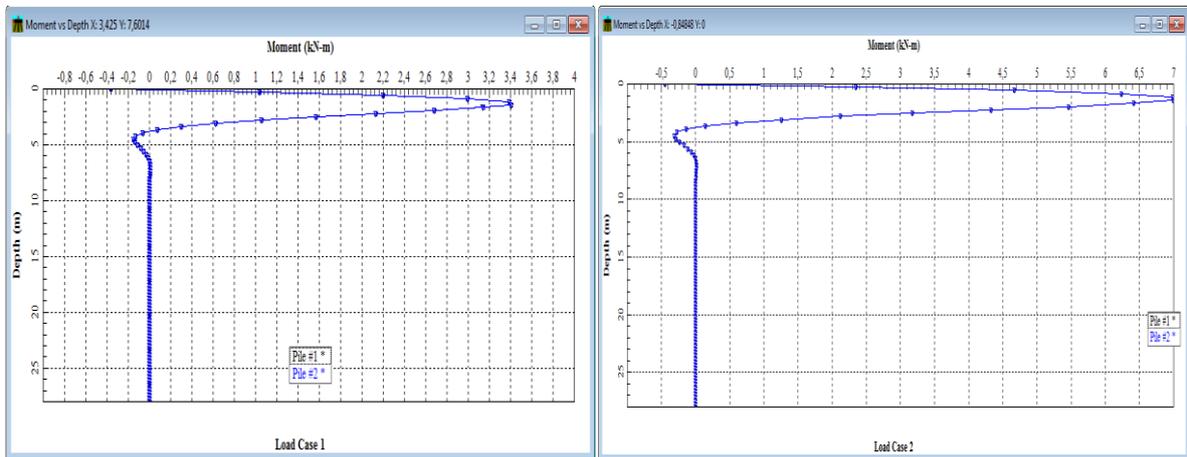


Gambar 3.4 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah tiga tiang dengan load case 20 kN dan 40 kN

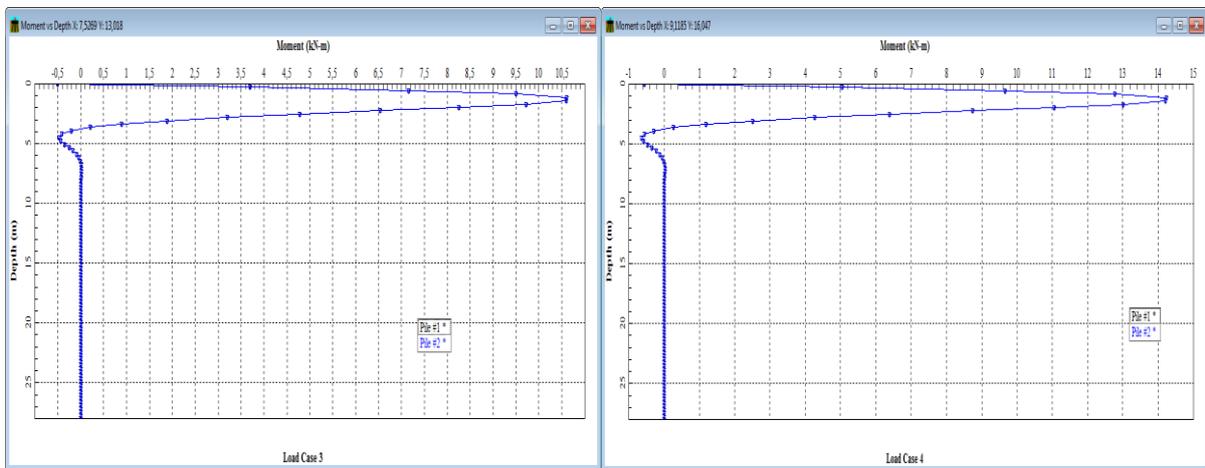


Gambar 3.5 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah tiga tiang dengan load case 60 kN dan 80 kN

3. Grup Tiang dengan Jumlah Empat Tiang



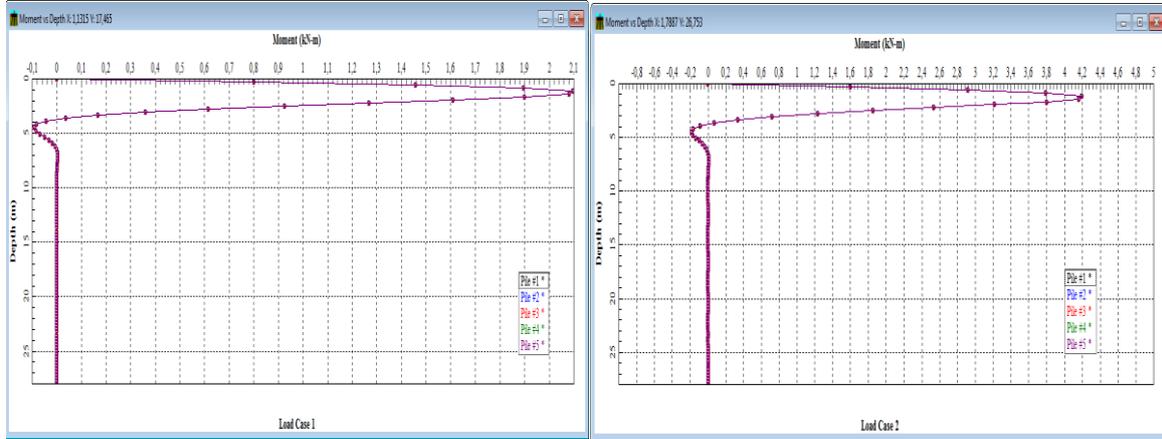
Gambar 3.6 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah empat tiang dengan load case 20 kN dan 40 kN



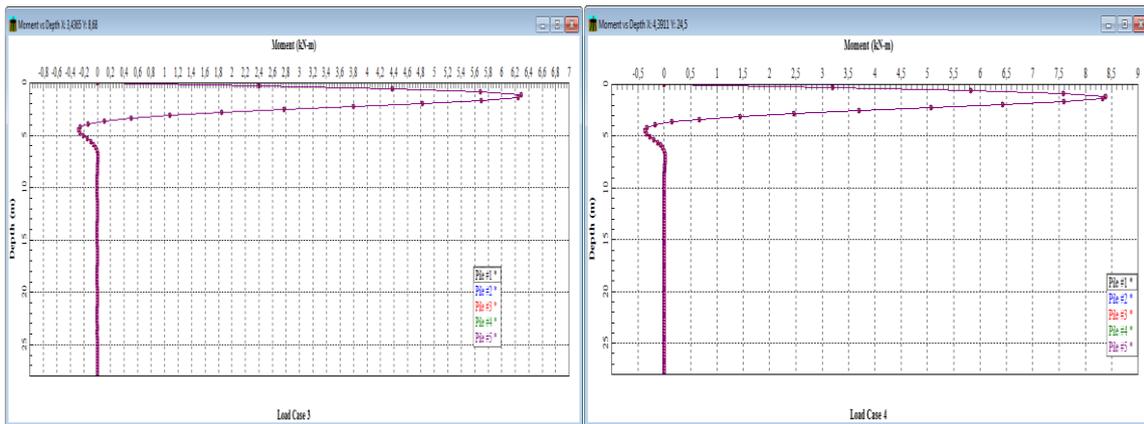
Gambar 3.7 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah empat tiang

dengan load case 60 kN dan 80 kN

4. Grup Tiang dengan Jumlah Lima Tiang

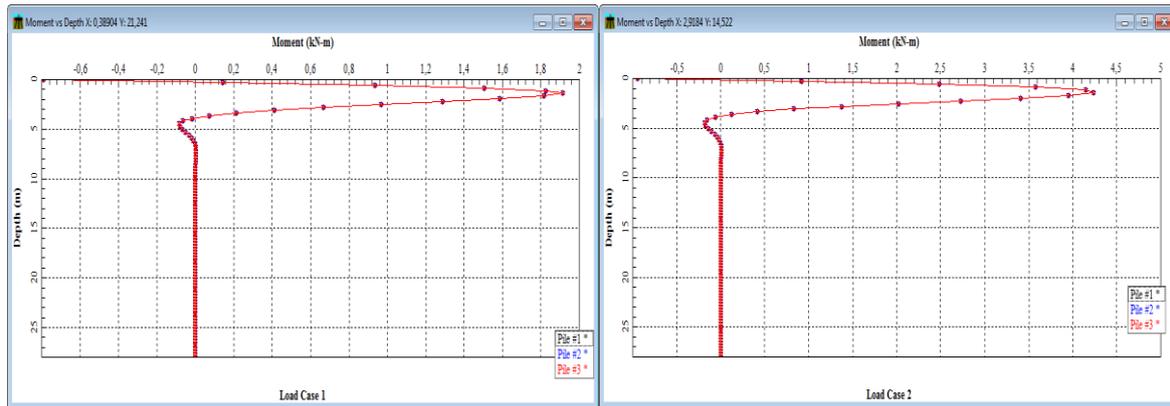


Gambar 3.8 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah lima tiang dengan load case 20 kN dan 40 kN

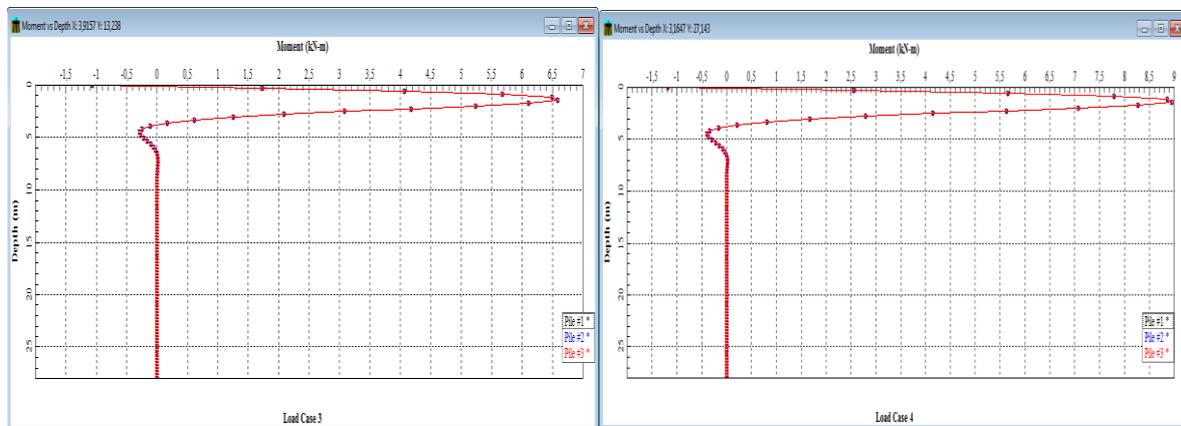


Gambar 3.9 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah lima tiang dengan load case 60 kN dan 80 kN

5.2.2 Grup Tiang dengan Jumlah Enam Tiang



Gambar 3.10 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah enam tiang dengan load case 20 kN dan 40 kN



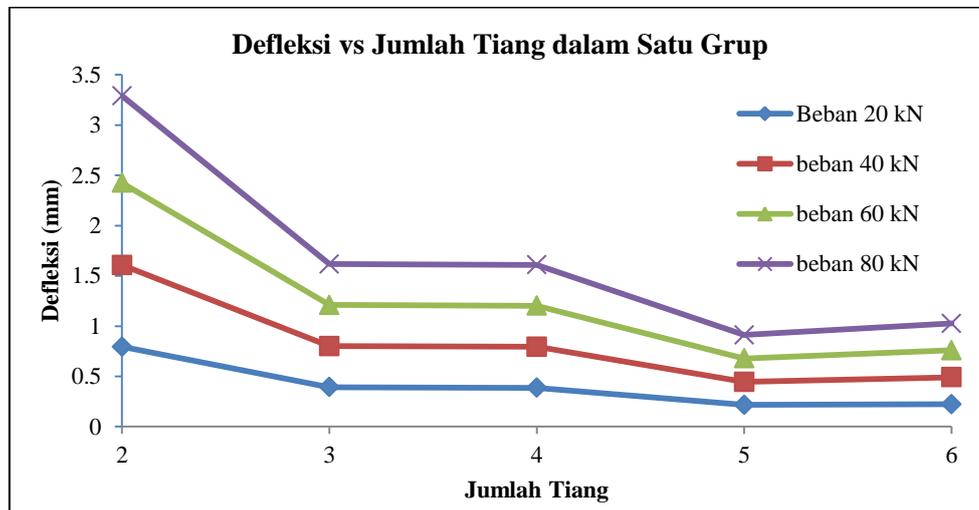
Gambar 3.11 Distribusi momen vs kedalaman pada grup tiang dengan jumlah enam tiang dengan load case 600 kN dan 80 kN

Kurva distribusin momen versus kedalaman pada grup tiang dengan variasi beban 20 kN, 40 kN, 60 kN, dan 80 kN menunjukkan besarnya momen yang terjadi pada tiang ketika diberikan beban lateral. Momen pada kepala tiang dalam kondisi tiang ujung jepit bernilai negatif, karena beban lateral yang diberikan pada kepala tiang akan mendapatkan perlawanan dari *pile cap*.

Untuk pemaparan profil bending momen untuk grup tiang terlihat semakin banyak jumlah tiang maka semakin banyak kecil bending momen yang ditahan oleh individual tiang dalam grup. Hal ini dapat dilihat perbedaan bending momen dengan beban yang sama pada grup tiang dengan dua tiang dimana bending momen ultimit 37,2 kN-m, grup tiang dengan tiga tiang bending momen ultimit 18 kN-m dan bending momen pada grup tiang dengan enam tiang 11,3 kN-m.

Defleksi

Pengaruh jumlah tiang terhadap defleksi yang terjadi pada grup tiang dengan kombinasi beban yang sama dapat dilihat pada Gambar 3.12. Pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap defleksi dengan kombinasi beban yang sama adalah linear dimana semakin banyak jumlah tiang dalam satu grup maka defleksi akan semakin kecil.



Gambar 3.12 Defleksi vs jumlah tiang dalam satu grup

Besarnya defleksi pada tiang dalam sebuah pondasi grup tiang juga dipengaruhi oleh besarnya beban lateral yang bekerja pada sebuah pondasi, dimana semakin besar beban lateral maka defleksi juga akan semakin besar juga.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Adapun dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari kurva p-y yang dihasilkan, dapat dilihat kurva p-y akan berperilaku liat pada lapisan tanah pasir sedangkan pada lapisan tanah lempung kurva akan berperilaku getas
2. Jumlah tiang tidak mempengaruhi nilai p-y yang dihasilkan oleh grup tiang, karena berapa pun kombinasi jumlah tiang dalam sebuah grup akan menghasilkan nilai p-y yang sama.
3. Jumlah tiang dalam satu grup memberi pengaruh kepada besarnya bending momen, dimana hubungan jumlah tiang dalam satu grup dengan bending momen adalah linear
4. Pengaruh jumlah tiang dalam satu grup terhadap defleksi dengan kombinasi beban yang sama adalah linear dimana semakin banyak jumlah tiang dalam satu grup maka defleksi akan semakin kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Setiawan, Nadra. 2012. Analisa Tahanan Lateral Tanah dan Defleksi Tiang Pancang pada Tanah Berlapis. Padang. Teknik Sipil Universitas Andalas.
- Ridhwan, Muhammad. 2011. Analisa Defleksi Lateral Tiang Grup Pada Tanah Lempung Lunak Dengan *Software Lpile Plus 4.0*. Padang. Teknik Sipil Universitas Andalas.
- Hakam, Abdul. 2008. "*Rekayasa Pondasi*" Padang. Bintang Grafika.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. Teknik Fondasi II, Beta Offset, Yogyakarta
- Reese.L.C, K.Awoshika, P.H.F Lam dan S.T Wang. 1990. "*Documentation of Computer Program Group Version 2.0.*" Texas. Ensoft, Inc.
- Prakash, Shamsar, & Hari D. Sharma. 1990. *Pile Foundations in Engineering Practice*. Canada. John Willey & Sons Inc.
- Poulos, H. G., & Davis E. H. 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*. University of Sidney. Rainbow-Bridge Book Co.