

ANALISIS LATERAL FONDASI TIANG PANCANG TUNGGAL DENGAN PENDEKATAN METODE *PUSHOVER*

Teguh Santoso¹, Giovanni Pranata², dan Amelia Yuwono³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: teguhsantoso1130@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: giovannip@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: amelia774@yahoo.com@gmail.com

ABSTRAK

Fondasi adalah bagian struktur yang dikerjakan paling awal dan bagian yang krusial dalam sebuah konstruksi suatu bangunan. Fondasi ini akan memikul dan menahan semua beban, salah satunya beban gempa. Dari berbagai jenis fondasi dalam salah satunya ada yang namanya fondasi tiang pancang tunggal, karena pemasangannya mudah dengan langsung di tancapkan kedalam tanah tanpa harus memerlukan lagi proses pengeboran tanah. Fondasi tiang pancang tunggal bisa dipergunakan pada berbagai jenis tanah dan salah satunya adalah tanah lunak. Untuk dapat menganalisis tiang pancang tunggal elastis dan inelastis dalam kondisi free-head dan fixed-head di berbagai dimensi, maka didesain berdasarkan SNI 1726:2012 dan dievaluasi dengan menggunakan metode kapasitas spectrum yang diatur dalam ATC-40. Hasil yang diperoleh menggambarkan perilaku semua tiang pancang tunggal yang dianalisis.

Kata kunci: fondasi, tiang pancang tunggal, *pushover*, tingkat kinerja, metode spektrum kapasitas

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Fondasi adalah bagian struktur bawah yang dikerjakan paling awal dan merupakan bagian yang krusial dalam sebuah konstruksi suatu bangunan, Karena fondasi ini yang akan memikul dan menahan semua komponen bangunan yang berada di atasnya yaitu beban konstruksi atas dan beban lainnya seperti angin, gempa dan sebagainya.

Dari berbagai jenis-jenis fondasi dalam salah satunya ada yang namanya fondasi tiang pancang. Tiang pancang itu sendiri terdiri dari berbagai macam material yaitu ada yang terbuat dari beton, kayu dan baja. Fondasi tiang pancang menggunakan material tersebut langsung di tancapkan langsung ke dalam tanah dengan alat pemancangnya. Karena ujung tiangnya itu sendiri lancip seperti bentuk ujung paku, maka tidak memerlukan lagi proses pengeboran tanah.

Fondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah tanah lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah (σ tanah) kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam. Penggunaan fondasi tiang pancang berupa tiang tunggal dan kelompok tiang.

Beban pada sebuah tiang tidak hanya dari beban aksial saja, akan tetapi terdapat pula beban lateral. Untuk bangunan sederhana gaya lateral sangat kecil sehingga dapat di abaikan, tetapi pada bangunan khusus seperti bangunan pencakar langit atau jembatan tidak dapat di abaikan. Beban lateral dapat timbul akibat adanya gempa, angin, dan gelombang air laut, maka dari itu analisis dan desain terhadap beban lateral harus di perhitungkan agar tiang pancang itu sendiri dapat berfungsi dengan baik.

Di berlakukannya SNI 1726 : 2012 yang menggantikan SNI 1726 : 2002 sehingga ada daerah tertentu yang mengalami kenaikan percepatan gempa sehingga gaya gempa yang di terima fondasi meningkat

Untuk dapat menganalisa terjadinya beban lateral, maka dapat di gunakan program berbasis geoteknik. *Output* dari program ini adalah hasil perhitungan gaya yang terjadi pada tiang tunggal tersebut.

Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Data tanah berasal dari salah satu proyek di kawasan Pancoran, Jakarta Selatan.
2. Pemodelan tiang pancang tunggal terhadap beban lateral dilakukan dengan *software* berbasis geoteknik.

3. Pile yang digunakan berbentuk kotak yang berdimensi 50x50cm, 40x40cm, 30x30cm dan berbentuk spun yang berdimensi 600mm, 500mm, 400mm.
4. Kedalaman tiang adalah 30m.
5. Beban gempa yang digunakan dalam perencanaan adalah beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas adalah :

1. Berapa besar peningkatan gaya geser yang terjadi pada tiang akibat gaya gempa ?
2. Bagaimana pola kegagalan pada fondasi akibat peningkatan gaya gempa yang terjadi ?
3. Bagaimana level kinerja struktur pada tiang pancang tunggal yang direncanakan dengan SNI 1726:2012 melalui analisis *pushover* menurut peraturan *ATC-40* ?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui besar peningkatan gaya geser yang terjadi pada tiang akibat gaya gempa.
2. Untuk mengetahui pola kegagalan pada fondasi akibat peningkatan gaya gempa yang terjadi.
3. Untuk mengetahui level kinerja struktur pada tiang pancang tunggal yang direncanakan dengan SNI 1726:2012 melalui analisis *pushover* menurut peraturan *ATC-40*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Titik Kinerja Struktur Metode ATC-40

Dalam metode *ATC-40*, tingkat kinerja struktur ditentukan dengan menggunakan metode spektrum kapasitas (*capacity-spectrum*), yaitu dengan memplotkan *demand* respons spektrum dan kurva kapasitas dalam satu format antara spektral percepatan dan spektral perpindahan atau disebut sebagai format *Acceleration-Displacement Response Spectra (ADRS)*.

Kurva kapasitas (*capacity-curve*) diperoleh dari analisis *pushover*, yaitu analisis statik nonlinier dengan memberikan beban lateral statik tertentu pada struktur yang kemudian ditingkatkan secara bertahap hingga struktur mencapai suatu batas tertentu atau mengalami kegagalan struktur. Respons struktur terhadap beban lateral tersebut dicatat dan dibuat kurva hubungan antara gaya geser dasar, “V” dan perpindahan pada atap, “ Δ_{atap} ”. Kurva tersebutlah yang disebut sebagai kurva kapasitas.

Kurva kapasitas menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan deformasi masing-masing elemen struktur. Untuk mengubah kurva kapasitas ke dalam format ADRS atau menjadi spektrum kapasitas diperlukan pemahaman tentang hubungan faktor partisipasi modal, modal koefisien massa, dan perpindahan bangunan. Untuk mengubah kurva kapasitas ke dalam format ADRS digunakan persamaan-persamaan 1 - 4

$$S_a = \frac{V / W}{\alpha_1} \quad (1)$$

$$S_d = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \phi_{roof,1}} \quad (2)$$

Demand spektrum diperoleh dengan mengubah respons spektrum yang biasanya dinyatakan dalam spektra percepatan “*S_a*” dan periode “*T*” menjadi format ADRS (*S_a*, *S_d*) dengan menggunakan persamaan 3 sehingga diperoleh kurva *demand spectrum*.

$$S_d = \frac{T^2}{4\pi^2} S_a \cdot (g) \quad (3)$$

Selanjutnya, grafik spektrum kapasitas dan spektrum *demand* digambarkan dalam satu grafik ADRS. Dalam grafik tersebut akan didapatkan nilai α_y , D_y , α_{pi} , D_{pi} , selanjutnya dihitung nilai β_o dan β_{eq} untuk mencari nilai SRA dan SRV yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai redaman yang tereduksi ($S_a \times SRA/SRV$), kemudian hasil nilai redaman tereduksi tersebut digambarkan dalam satu grafik ADRS bersamaan dengan grafik spectrum kapasitas dan spectrum *demand* sebelum tereduksi. Titik perpotongan antara kurva kapasitas dengan kurva redaman yang tereduksi disebut sebagai titik kinerja atau *performance point*.

$$\beta_o = \frac{63.7(\alpha_y D_{pi} - D_y \alpha_{pi})}{\alpha_{pi} D_{pi}} \quad (4)$$

$$\beta_{eq} = \beta_o + 0,05 \quad (5)$$

$$SRA = \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eq})}{2.12} \quad (6)$$

$$SRV = \frac{2.31-0.41\ln(\beta_{eq})}{1.65} \quad (7)$$

dengan S_a = spektra percepatan (g), V = gaya geser dasar (kN), W = berat tiang (kN), S_d = spektra perpindahan (m), Δ_{roof} = perpindahan atap (m), PF = faktor partisipasi modal pada mode pertama, T = periode getar fundamental (detik), g = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$), α_y = percepatan pada titik leleh struktur (g), d_y = perpindahan pada titik leleh struktur (m), α_{pi} = percepatan pada titik akhir struktur (g), d_{pi} = perpindahan pada titik akhir struktur (m)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data tanah berlokasi di daerah Pancoran, Jakarta Selatan, yang mengacu pada SNI 1726 : 2012. Dari klasifikasi tanah tersebut akan dianalisis bersamaan dengan tipe tiang pancang kotak berdimensi 50x50cm, 40x40cm, 30x30cm serta tiang pancang spun berdiameter 600mm, 500mm, 400mm. disesuaikan dengan brosur JHS dan Wika Beton.

Metode Analisis Data

Sebelum dilakukannya analisis data, dilakukan pembelajaran atau studi tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan topik pembahasan dalam penelitian yang akan dilakukan. Teori dasar yang digunakan sebagai acuan pembelajaran dapat dicari berdasarkan berbagai macam sumber, seperti jurnal, karya ilmiah, buku referensi yang akan berguna untuk mendapatkan rumus-rumus atau persamaan dalam menganalisis tiang pancang tunggal tersebut, di tiang elastik dan non elastik dalam kondisi *Free Head* dan *Fixed Head* di berbagai dimensi, berdasarkan SNI 1726:2012 dan dievaluasi dengan menggunakan metode kapasitas spectrum yang diatur dalam ATC-40.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Tiang Pancang Tunggal

Setelah dilakukan analisis *pushover* sesuai dengan SNI 1726:2012 yang mengacu pada metode ATC-40, pada tiang pancang tunggal kotak elastik/non elastik pada kondisi *Free Head* dan *Fixed Head* di berbagai dimensi serta pada tiang pancang tunggal spun non elastik pada kondisi *Free Head* dan *Fixed Head* di berbagai dimensi, hasil yang didapat berupa kurva kapasitas, yang kemudian diubah menjadi spectrum kapasitas. Dari analisis tersebut didapat titik kinerja/*performance point* dan *Pile Drift Ratio* yang akan digunakan untuk menentukan tingkat kinerja tiang pancang tunggal tersebut.

Tabel 1 Hasil Analisis Tiang Kotak Non Elastik

Type	Ukuran	Depth (m)	Performance Point	Pile Drift Ratio	Kategori	Kesimpulan
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	500	30	0.19	0.0063333	0.005-0.015 <i>damage control</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	500	30	0.19	0.0063333	<1.5% <i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	500	8	0.19	0.02375	0,33 V_i/P_i <i>Structural Stability</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	500	8	0.19	0.02375	<2.5% <i>severe, near collapse, limited safety, hazard reduced</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	400	30	0.185	0.0061667	0.005-0.015 <i>damage control</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	400	30	0.185	0.0061667	<1.5% <i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6	0.185	0.0308333	0,33 V_i/P_i <i>Structural Stability</i>

kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6	0.185	0.0308333	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	300	30	0.18	0.006	0.005-0.015	<i>damage control</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	300	30	0.18	0.006	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	300	5	0.18	0.036	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak elastik	<i>Fixed Head</i>	300	5	0.18	0.036	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	500	30	0.28	0.0093333	0.005-0.015	<i>damage control</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	500	30	0.28	0.0093333	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	500	8	0.28	0.035	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	500	8	0.28	0.035	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	400	30	0.275	0.0091667	0.005-0.015	<i>damage control</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	400	30	0.275	0.0091667	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	400	6	0.275	0.0458333	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	400	6	0.275	0.0458333	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	300	30	0.27	0.009	0.005-0.015	<i>damage control</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	300	30	0.27	0.009	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	300	5	0.27	0.054	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak elastik	<i>free head</i>	300	5	0.27	0.054	>2.5%	<i>collapse</i>

Tabel 2 Hasil Analisis Tiang Kotak Non Elastik

Tipe		Ukuran	Jumlah Strand - Diameter	Depth (m)	Performance Point	Pile Drift Ratio	Kategori	Kesimpulan
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	6 - 1/2"	30	0.56	0.01867	0.01-0.02	<i>damage control</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	6 - 1/2"	30	0.56	0.01867	<2.5%	<i>severe, near collapse, limited safety, hazard reduced</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	6 - 1/2"	6	0.56	0.09333	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	6 - 1/2"	6	0.56	0.09333	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6 - 1/2"	30	0.44	0.01467	0.005-0.015	<i>damage control</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6 - 1/2"	30	0.44	0.01467	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6 - 1/2"	6	0.44	0.07333	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	6 - 1/2"	6	0.44	0.07333	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	300	6 - 3/8"	30	0.47	0.01567	0.01-0.02	<i>damage control</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	300	6 - 3/8"	30	0.47	0.01567	<2.5%	<i>severe, near collapse, limited safety, hazard reduced</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	300	6 - 3/8"	5	0.47	0.094	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Fixed Head</i>	300	6 - 3/8"	5	0.47	0.094	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	500	6 - 1/2"	30	0.88	0.02933	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>

kotak non elastik	<i>Free Head</i>	500	6 - 1/2"	30	0.88	0.02933	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	500	6 - 1/2"	6	0.88	0.14667	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	500	6 - 1/2"	6	0.88	0.14667	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	400	6 - 1/2"	30	0.72	0.024	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	400	6 - 1/2"	30	0.72	0.024	<2.5%	<i>severe, near collapse, limited safety, hazard reduced</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	400	6 - 1/2"	6	0.72	0.12	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	400	6 - 1/2"	6	0.72	0.12	>2.5%	<i>collapse</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	300	6 - 3/8"	30	0.56	0.01867	0.01-0.02	<i>damage control</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	300	6 - 3/8"	30	0.56	0.01867	<2.5%	<i>severe, near collapse, limited safety, hazard reduced</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	300	6 - 3/8"	5	0.56	0.112	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
kotak non elastik	<i>Free Head</i>	300	6 - 3/8"	5	0.56	0.112	>2.5%	<i>collapse</i>

Tabel 2 Hasil Analisis Tiang Kotak Non Elastik

Tipe	Ukuran	Jumlah Strand - Diameter	Depth (m)	Performance Point	Pile Drift Ratio	Kategori	Kesimpulan
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	600	23 - 3/8"	30	0.18	0.006	0.005-0.015 <i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	600	23 - 3/8"	30	0.18	0.006	<1.5% <i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	600	23 - 3/8"	7	0.18	0.02571	0,33 V_i/P_i <i>Structural Stability</i>

spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	600	23 - 3/8"	7	0.18	0.02571	>2.5%	<i>collapse</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	17 - 3/8"	30	0.185	0.00617	0.005-0.015	<i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	17 - 3/8"	30	0.185	0.00617	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	17 - 3/8"	6	0.185	0.03083	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	500	17 - 3/8"	6	0.185	0.03083	>2.5%	<i>collapse</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	11 - 3/8"	30	0.19	0.00633	0.005-0.015	<i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	11 - 3/8"	30	0.19	0.00633	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	11 - 3/8"	5	0.19	0.038	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
spun non elastik	<i>Fixed Head</i>	400	11 - 3/8"	5	0.19	0.038	>2.5%	<i>collapse</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	600	23 - 3/8"	30	0.25	0.00833	0.005-0.015	<i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	600	23 - 3/8"	30	0.25	0.00833	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	600	23 - 3/8"	7	0.25	0.03571	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	600	23 - 3/8"	7	0.25	0.03571	>2.5%	<i>collapse</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	500	17 - 3/8"	30	0.27	0.009	0.005-0.015	<i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	500	17 - 3/8"	30	0.27	0.009	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	500	17 - 3/8"	6	0.27	0.045	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	500	17 - 3/8"	6	0.27	0.045	>2.5%	<i>Collapse</i>

spun non elastik	<i>Free Head</i>	400	11 - 3/8"	30	0.31	0.01033	0.005-0.015	<i>damage control</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	400	11 - 3/8"	30	0.31	0.01033	<1.5%	<i>irreparable, life safe-damage state</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	400	11 - 3/8"	5	0.31	0.062	0,33 V_i/P_i	<i>Structural Stability</i>
spun non elastik	<i>Free Head</i>	400	11 - 3/8"	5	0.31	0.062	>2.5%	<i>collapse</i>

Dari tabel 1, tabel 2, tabel 3 didapat bahwa untuk kondisi elastik maupun non elastik, semakin besar diameter tiang, maka beban lateral maksimum yang dapat diterima tiang semakin besar. Dan semakin besar diameter tiang maka tingkat kinerja tiang semakin baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin kecil dimensi tiang pancang kotak elastik maka semakin besar nilai *Pile Drift Ratio* yang terjadi. Hal ini menggambarkan bahwa semakin kecil dimensi tiang pancang kotak elastik maka semakin besar terjadinya *collapse* (keruntuhan). Jika ditinjau dari kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol, pada tiang pancang kotak elastik *Fixed Head* dimensi 50x50cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.0238, pada tiang pancang kotak elastik *Fixed Head* dimensi 40x40cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.0308, pada tiang pancang kotak *elastic Fixed Head* dimensi 30x30cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.036.
2. Semakin kecil dimensi tiang pancang kotak non elastik dengan jumlah tulangan yang sama yaitu 6 *strand* maka semakin kecil nilai *Pile Drift Ratio* yang terjadi. Hal ini menggambarkan bahwa semakin kecil dimensi tiang pancang kotak non elastik maka semakin kecil terjadinya *collapse* (keruntuhan). Jika ditinjau dari kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol, pada tiang pancang kotak non elastik *Free Head* dimensi 50x50cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.1467, pada tiang pancang kotak elastik *Fixed Head* dimensi 40x40cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.12, pada tiang pancang kotak *elastic Fixed Head* dimensi 30x30cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.112.
3. Semakin kecil dimensi tiang pancang spun non elastik maka semakin besar nilai *Pile Drift Ratio* yang terjadi. Hal ini menggambarkan bahwa semakin kecil dimensi tiang pancang spun non elastic maka semakin besar terjadinya *collapse* (keruntuhan). Jika ditinjau dari kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol, pada tiang pancang spun non elastik *Fixed Head* dimensi 50x50cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.0257, pada tiang pancang spun non elastik *Fixed Head* dimensi 40x40cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.0308, pada tiang pancang spun non elastik *Fixed Head* dimensi 30x30cm *Pile Drift Ratio* senilai 0.038.
4. Tingkat kedalaman pergeseran tiang, jika semakin besar dimensi tiang maka semakin dalam *displacement* sama dengan nol. sebagai contoh pada tiang elastik *Fixed Head* pada saat dimensinya 50x50cm, kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol sedalam 8m, pada saat dimensinya 40x40cm, kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol sedalam 6m, pada saat dimensinya 30x30cm, kedalaman tiang pada saat *displacement*-nya nol sedalam 5m. semua berlaku pada tipe tiang pancang elastik, non elastik, dan spun pada kondisi *Fixed Head* maupun *Free Head*.
5. Perbandingan beban lateral antara tiang pancang elastik dan non elastik, tiang pancang elastik mampu menerima beban lateral yang lebih besar dibandingkan dengan beban lateral tiang non elastik.

DAFTAR PUSTAKA

- ATC-40. 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings Volume 1*. California: *Applied Technology Council*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2012)". Jakarta: *Badan Standarisasi Nasional*.