

PENGARUH KEMIRINGAN TIANG PANCANG *BATTER PILE* TERHADAP PENURUNAN TANAH

Marvin Saputra Tjandra¹ dan Aniek Prihatingingsih²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
marvin.325180056@stu.untar.ac.id

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

Masuk: 20-01-2022, revisi: 11-02-2022, diterima untuk diterbitkan: 23-02-2022

ABSTRACT

One form of foundation engineering that has the purpose to increase the lateral carrying capacity of the foundation when it is needed to withstand excessive lateral loads is the use of Batter Piles. Batter Piles are piles that is designed with a certain angle and Batter Pile piles are rarely seen in buildings in urban/ city areas, it is generally used as the foundation of bridges, and also offshore buildings because this type of foundation can obtain the maximum lateral foundation carrying capacity. The force that presses axially or laterally can result in soil subsidence, the greater the force or load received by the pile, the greater the soil subsidence that occurs. In this study, we will examine the effect of the slope of the Batter Pile pole design on a slope of 0° to 25° on the soil subsidence that occurs. Calculation of land subsidence that occurs will be reviewed in a project in Wakatobi Regency, Southeast Sulawesi and will use the help of computer software. Based on the analysis, it is found that the greater the angle of pile driving, the greater the land subsidence that occurs.

Keywords: pile, batter pile, batter angle, soil subsidence, sand.

ABSTRAK

Salah satu bentuk rekayasa pondasi yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung lateral pondasi ketika dibutuhkan untuk menahan beban lateral yang berlebih adalah penggunaan tiang pancang *Batter*. Tiang pancang *Batter Pile* adalah tiang pancang yang dipancang dengan sudut kemiringan tertentu dan tiang pancang *Batter Pile* jarang terlihat pada bangunan di daerah perkotaan, pada umumnya digunakan sebagai fondasi dari jembatan, gedung, dan juga bangunan lepas pantai dikarenakan tipe fondasi ini dapat memperoleh daya dukung fondasi lateral yang maksimum. Gaya yang menekan secara aksial maupun lateral dapat mengakibatkan penurunan tanah, semakin besar gaya atau beban yang diterima oleh tiang, maka akan semakin besar juga penurunan tanah yang terjadi. Dalam penelitian ini, akan melakukan pengecekan pengaruh dari kemiringan pemancangan tiang *Batter Pile* pada kemiringan 0° hingga 25° terhadap penurunan tanah yang terjadi. Perhitungan penurunan tanah yang terjadi akan ditinjau pada suatu proyek di daerah Kabupaten Wakatobi, Sulawesi Tenggara dan akan menggunakan bantuan *software* komputer. Berdasarkan analisis didapatkan bahwa semakin besar sudut pemancangan tiang, maka akan semakin besar juga penurunan tanah yang terjadi.

Kata kunci: tiang pancang, batter pile, batter angle, penurunan tanah, tanah pasir.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

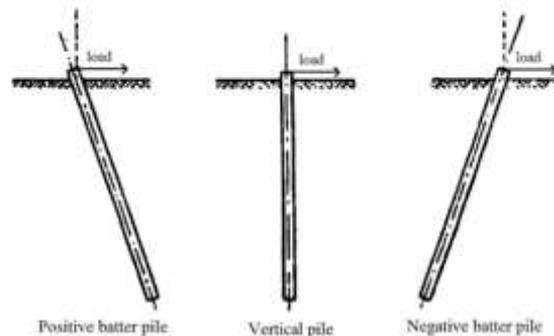
Indonesia adalah salah satu negara berkembang, sehingga pembangunan infrastruktur merupakan salah satu hal penting yang dapat membantu perkembangan negara. Pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia yang tinggi juga menjadi pemicu dari meningkatnya kebutuhan infrastruktur seperti jalan dan perumahan. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, pemerintah terus meningkatkan infrastruktur yang ada.

Fondasi pada bangunan adalah bagian paling penting pada konstruksi, karena fondasi berfungsi sebagai penyalur/penerus beban yang berada di atasnya dan gaya-gaya dari luar menuju lapisan tanah pendukung dibawahnya. Pada umumnya fondasi dibagi menjadi dua, yaitu fondasi dalam dan fondasi dangkal. Untuk memikul beban dari gedung bertingkat/ tinggi, fondasi yang digunakan pada umumnya adalah jenis fondasi dalam yaitu fondasi tiang.

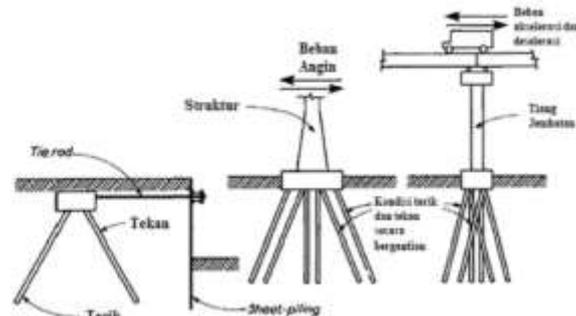
Perancangan konstruksi di kawasan pesisir pantai, khususnya konstruksi dermaga dan pelabuhan, perlu mendapat perhatian lebih lanjut dikarenakan ada beberapa faktor yang membedakan perancangan konstruksi konvensional dengan perancangan konstruksi di daerah pesisir/pantai, terutama akibat pengaruh geografis. Salah satu faktor paling penting untuk dipertimbangkan adalah efek geografis, yaitu beban lateral yang besar akibat gelombang air laut. Oleh karena itu, dalam konstruksi pondasi, penggunaan tiang pancang *batter pile* adalah salah satu bentuk upaya adaptasi yang sesuai untuk pengaplikasian pada daerah pesisir. Menurut Hannigan, et al. (2016), *Batter Pile* umumnya digunakan untuk meningkatkan daya dukung lateral dari sekelompok tiang jika tiang vertikal tidak dapat menyediakan daya dukung yang dibutuhkan. Penelitian lebih lanjut mengenai penurunan tanah yang terjadi akibat perbedaan kemiringan dari pemancangan tiang *batter pile* perlu dilakukan, dikarenakan pada umumnya, pondasi tiang pancang *batter pile* dirancang/ didesain berdasarkan daya dukung lateral maupun daya dukung aksialnya saja. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan tanah yang terjadi akibat perbedaan kemiringan pemancangan tiang *batter pile* yang dilakukan.

Konstruksi *Batter Pile* (atau disebut juga tiang pancang miring) adalah salah satu bentuk rekayasa fondasi untuk meningkatkan daya tahan fondasi terhadap gaya lateral dengan cara memancang/ memposisikan tiang pada suatu kemiringan/ sudut tertentu terhadap posisi vertikal.

Menurut Das (2016), *Batter Piles* adalah tiang yang dipancang pada umumnya dengan kemiringan 14 sampai 28, *Batter Piles* dipakai ketika struktur membutuhkan kapasitas daya dukung yang lebih terhadap gaya lateral. *Batter Piles* dapat dipancang dengan mengebor sebagian tanah terlebih dahulu, lalu memasukkan tiang pancang kedalam lubang dan dipancang sesuai dengan kedalaman yang diinginkan. Menurut Pect et al., (1953) dan McNulty (1956) di dalam Manoppo (2008) tiang pancang miring dapat digunakan untuk menaikkan kapasitas dukung jika tiang pancang vertikal tidak mampu memikul beban lateral yang ada. Oleh sebab itu tiang pancang miring (*batter pile*) biasanya digunakan pada konstruksi yang menerima beban lateral yang besar seperti abutment jembatan, pilar jembatan, struktur lepas pantai, dan dermaga. Tipe-tipe *batter pile* dapat dilihat pada Gambar 1 dan contoh penggunaan dari *batter pile* dapat dilihat pada Gambar 2.



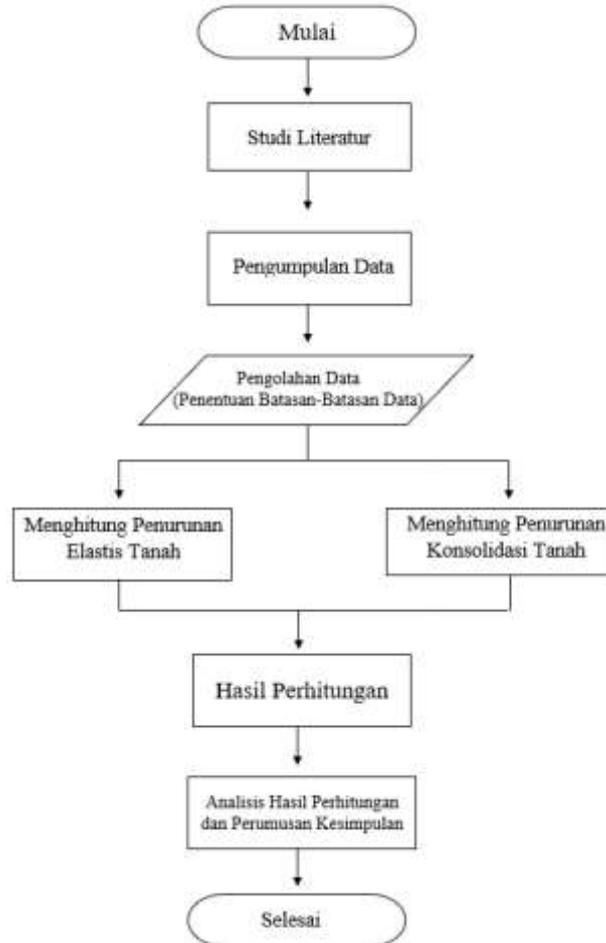
Gambar 1. Tipe-tipe *Batter Pile* sesuai dengan kemiringan pemancangannya (Prakash & Subramanyam, 1965)



Gambar 2. Contoh Penggunaan *Batter Pile* (Tomlinson, 2001)

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metodologi analisis dengan software komputer dan analisis dengan perhitungan manual. Tujuan pembuatan diagram alir penelitian adalah untuk menjelaskan langkah-langkah penelitian sehingga dapat ditarik kesimpulan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Parameter Tanah Desain

Parameter tanah desain diperoleh dari grafik hasil plot parameter tanah yang diperoleh dari data penyelidikan tanah di lapangan, dan korelasi parameter tanah. Dari grafik tersebut kemudian dicari rata-ratanya sehingga diperoleh parameter tanah desain yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter tanah desain

Elevasi (m)	Jenis Tanah	Konsistensi	γ (kN/m ³)	e_0	ϕ (°)	Su (kPa)	c' (kPa)	OCR
0-7	Pasir	Sangat Lepas-Lepas	17	0,75	24	-	-	-
7-14	Pasir	Sangat Lepas-Lepas	17	0,75	26	-	-	-
14-21	Pasir	Sangat Lepas-Lepas	17	0,75	28	-	-	-
21-25	Lempung	Sangat Rapat	21	0,5	44	215	42	7
25-30	Lempung	Sangat Rapat	21	0,5	44	215	42	6

Tabel 1. Parameter tanah desain (lanjutan)

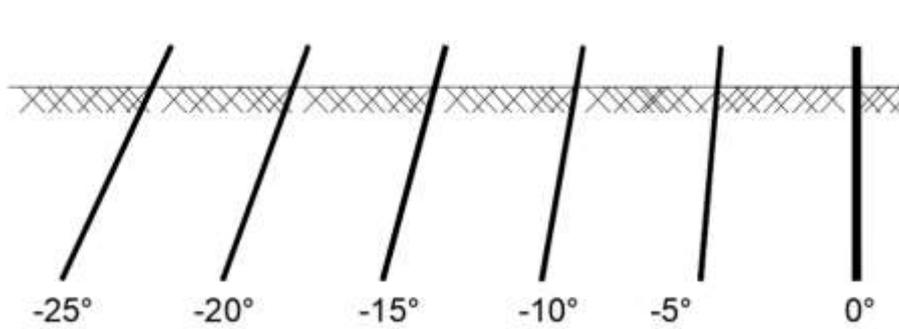
Elevasi (m)	E (MPa)	N-SPT	k (cm/s)	Poisson Ratio	Ψ (°)
0-7	1	1	1×10^{-3}	0,25	0
7-14	4	2	1×10^{-3}	0,25	0
14-21	6	6	1×10^{-3}	0,25	0
21-25	60	60	1×10^{-7}	0,2	14
25-30	60	60	1×10^{-7}	0,2	14

Properti Tiang

Data profil tiang terbagi menjadi panjang dan kemiringan tiang. Dalam penelitian ini, tiang pancang yang akan digunakan adalah *spun pile* WIKA dengan diameter 600 mm dan ketebalan 100 mm. Panjang tiang yang digunakan disesuaikan dengan kemiringan tiang sampai kedalaman 22 m dibawah permukaan tanah dan *pile head* sepanjang 2 m. Data panjang tiang yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data panjang tiang yang digunakan

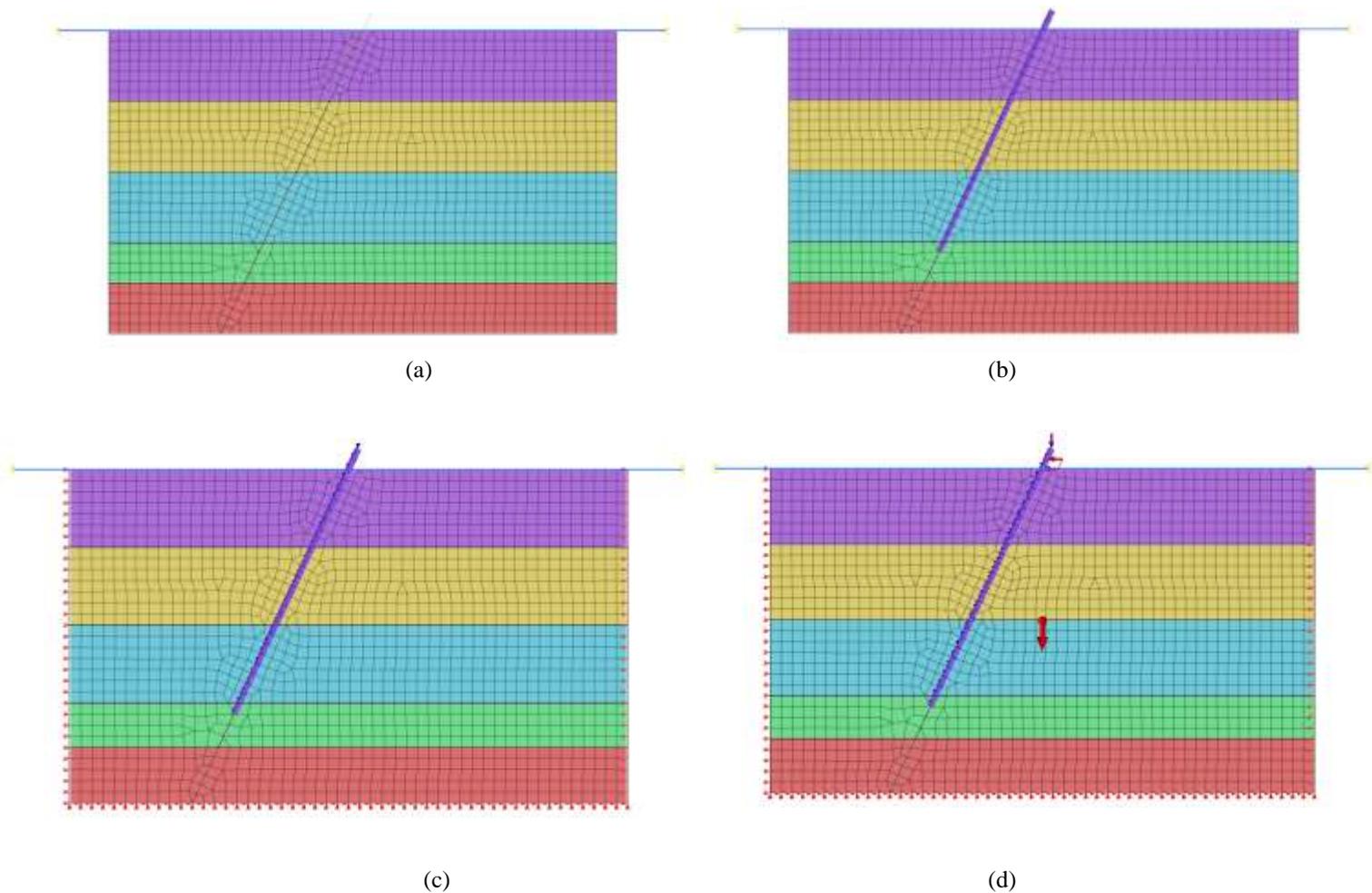
Kemiringan Tiang (<i>Batter Angle</i>)	Panjang Tiang (m)
0°	24
5°	24,084
10°	24,339
15°	24,776
20°	25,412
25°	26,274



Gambar 4. Sketsa permodelan tiang *batter pile*

Pemodelan Program Elemen Hingga

Program elemen hingga yang digunakan pada penelitian ini adalah Midas GTS NX. Material tanah dimodelkan sebagai *Modified Mohr-Coulomb* dan material struktur dimodelkan sebagai *elastic*. Untuk tiang pancang dimodelkan sebagai *beam* (1D). Beban mati yang akan di-input ke dalam program merupakan berat sendiri struktur, beban vertikal tambahan sebesar 168 ton, dan beban arus sebesar 26,57 kg/m. Hasil pemodelan setiap tahap dalam Midas GTS NX dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan pada program elemen hingga (a) pemodelan tanah, (b) pemodelan tiang pancang, (c) pemodelan kondisi batas, (d) pemodelan beban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dari program MIDAS GTS NX yang disajikan pada penelitian ini adalah *displacement* arah X dan *settlement* arah Y pada tanah. Hasil analisis akan diberikan dalam bentuk grafik dan tabel setiap kedalaman 1 m pada setiap perbedaan kemiringan pemancangan tiang *batter pile* ($0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$, dan 25°).

Analisis *Displacement* Arah X dan *Settlement* Arah Y dengan software komputer

Displacement arah X dan *settlement* arah Y maksimum pada tanah berada di kedalaman 0 m/ permukaan tanah. Besaran *displacement* dan *settlement* maksimum dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Kurva perbandingan hasil *displacement* arah X dan *settlement* arah Y di setiap kemiringan pemancangan terhadap tiang dengan kemiringan 5° dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

Tabel 3. *Displacement* maksimum arah X

Kondisi Tiang	<i>Displacement</i>(mm)
0°	2,47
5°	84,27
10°	202,56
15°	353,25
20°	509,01
25°	710,31

Tabel 4. Settlement maksimum arah Y

Kondisi Tiang	<i>Settlement</i>(mm)
0°	7,73
5°	53,00
10°	171,00
15°	324,00
20°	430,00
25°	589,00

Tabel 5. Perbedaan *Displacement* Arah X pada Tanah Sekitar Tiang dengan Kondisi Tiang Tertentu Terhadap Kondisi Tiang 5°

Kedalaman (m)	Kondisi Tiang (mm)			
	10°	15°	20°	25°
0	118,30	268,98	424,74	626,04
-1	107,57	245,06	389,13	573,81
-2	96,96	221,48	353,71	522,90
-3	86,62	198,57	318,78	464,72
-4	76,68	176,50	284,58	413,08
-5	67,27	155,45	251,40	358,64
-6	58,47	135,67	219,41	313,97
-7	50,36	117,06	189,07	271,70
-8	42,98	99,66	160,96	233,89
-9	36,23	83,64	135,15	197,46
-10	30,00	69,34	111,91	160,05
-11	24,29	56,41	90,86	129,18
-12	19,15	44,75	72,05	98,94
-13	14,62	34,75	55,72	75,11
-14	10,74	26,23	41,57	56,43
-15	7,59	18,99	29,92	41,46
-16	5,13	13,03	20,39	29,28
-17	3,22	8,44	13,26	18,31
-18	1,70	4,85	7,89	10,20
-19	0,59	2,04	3,86	3,08
-20	0,18	0,10	0,79	1,94
-21	0,68	1,18	1,69	5,33
-22	0,99	1,93	3,36	4,66

Tabel 6. Perbedaan *Settlement* Arah Y pada Tanah Sekitar Tiang dengan Kondisi Tiang Tertentu Terhadap Kondisi Tiang 5°

Kedalaman (m)	Kondisi Tiang (mm)			
	10°	15°	20°	25°
0	26,91	85,84	175,79	322,44
-1	23,50	77,22	159,96	294,18
-2	21,25	69,78	145,17	269,10
-3	18,88	62,41	130,53	237,98
-4	16,57	55,30	116,22	211,21
-5	14,33	48,35	102,27	182,24
-6	12,23	41,89	88,82	160,36
-7	10,30	35,69	75,97	137,65
-8	8,60	30,26	64,51	118,48
-9	7,04	25,15	53,98	100,64
-10	5,64	20,71	44,55	80,72
-11	4,37	16,65	35,96	64,96
-12	3,24	12,90	28,13	49,36
-13	2,64	10,17	21,79	38,08
-14	1,44	6,99	15,49	27,99
-15	0,82	4,94	11,04	20,58
-16	0,36	3,12	7,28	14,74
-17	0,00	1,83	4,53	8,68
-18	0,29	0,75	2,38	4,79
-19	0,50	0,12	0,78	1,30
-20	0,62	0,64	0,32	1,20
-21	0,71	1,10	1,32	2,55
-22	0,52	0,96	1,60	1,14



Gambar 6. Perbandingan Deformasi/ *Displacement* Arah X Setiap Kemiringan Pemancangan Tiang pada Tanah di Sekitar Tiang *Batter Pile*



Gambar 7. Perbandingan *Settlement* Arah Y Setiap Kemiringan Pemancangan Tiang pada Tanah di Sekitar Tiang *Batter Pile*

Pada Tabel 5, perbedaan deformasi/ *displacement* arah X paling besar jika dibandingkan dengan kondisi tiang 5° adalah ketika kondisi tiang 25° di kedalaman permukaan tanah (626 mm) dan paling kecil adalah ketika kondisi tiang 15° di kedalaman 20 m (0,0964 mm), dan pada Tabel 6, perbedaan *settlement* arah Y paling besar jika dibandingkan dengan kondisi tiang 5° adalah ketika kondisi tiang 25° di permukaan tanah (322 mm) dan paling kecil adalah ketika kondisi tiang 10° di kedalaman 17 m (0,0043 mm).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan

1. Deformasi/ *displacement* arah X pada tanah di sekitar tiang akan semakin besar dengan meningkatnya sudut kemiringan tiang dikarenakan adanya beban tambahan dari tanah di atas tiang.
2. *Settlement* arah Y pada tanah di sekitar tiang akan semakin besar dengan meningkatnya sudut kemiringan tiang di karenakan adanya beban tambahan dari tanah di atas tiang.
3. Perbedaan deformasi/ *displacement* arah X paling besar jika dibandingkan dengan kondisi tiang 5° adalah ketika kondisi tiang 25° di kedalaman permukaan tanah (626 mm) dan paling kecil adalah ketika kondisi tiang 15° di kedalaman 20 m (0,0964 mm) yang menandakan semakin besar sudut kemiringan tiang, maka semakin besar juga deformasi arah X yang terjadi pada tanah.
4. Perbedaan *settlement* arah Y paling besar jika dibandingkan dengan kondisi tiang 5° adalah ketika kondisi tiang 25° di permukaan tanah (322 mm) dan paling kecil adalah ketika kondisi tiang 10° di kedalaman 17 m (0,0043 mm) yang menandakan semakin besar sudut kemiringan tiang, maka semakin besar juga *settlement* arah Y yang terjadi pada tanah.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang telah dirumuskan, saran yang dapat diberikan antara lain;

1. Selain dari deformasi/ *displacement* dan *settlement* akibat kemiringan pemancangan tiang, pengaruh penurunan maupun peningkatan daya dukung akibat kemiringan sudut tiang juga perlu diperhatikan.
2. Perlu dilakukannya uji laboratorium agar didapatkan parameter dan karakteristik tanah yang lebih akurat
3. Melakukan analisis dengan aplikasi/ program lain sebagai pembanding dan untuk melengkapi kekurangan-kekurangan pada program yang digunakan.
4. Perlu dilakukannya analisis menggunakan permodelan 3 dimensi, dikarenakan penurunan tanah dapat terjadi ke semua arah.
5. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami pengaruh kemiringan sudut tiang terhadap penurunan tanah lempung, dikarenakan jenis tanah pada penelitian ini adalah tanah pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2016). *Principles of Foundation Engineering*. Boston: Global Engineering.
- Hannigan, P. J., Rausche, F., Likins, G. E., Robinson, B. R., & Becker, M. L. (2016). *Geotechnical Engineering Circular No. 12 - Volume I Design and Construction of Driven Pile Foundations*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Manoppo, F. J. (2008). *Pengaruh Kemiringan Tiang pada Kapasitas Dukung Tiang Pancang Kelompok di Tanah Lempung Lunak Akibat Beban Aksial*.
- Prakash, S., & Subramanyam, G. (1965). *Indian J. of Soil Mech. and Found Eng.* New Delhi.
- Tomlinson, M. (2001). *Foundation Design and Construction Seventh Edition*. England: Pearson Education Ltd.

