



ANALISIS MITIGASI DESAKAN AKIBAT PEMANCANGAN PADA GEDUNG *WORKSHOP* UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

Fabila Razya Meiliana, Dian Purnamawati Solin*, Himatul Farichah

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Corresponding author, email address: diansolin.ts@upnjatim.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received 03 August 2023

Accepted 15 September 2023

Online 30 September 2023

Keywords:

Pressure mitigation

Preboring

Drilled pile

ABSTRACT

Generally, the bore pile is the most frequently used foundation in conditions where the building is squeezed by the existing building. In addition to the bearing capacity, which is considered relatively safe, the bore pile is also considered effective in reducing vibrations around the existing building to minimize damage to the building due to the installation of the foundation. However, bore pile procedure is longer than drilled pile during construction, so the time required to construct the substructure is longer. Therefore, in this research, the bore pile was modified into drilled to minimize the work time. In this research, a case study was taken at UPN Veterans East Java, where a new building was being constructed among the existing buildings that had been standing. In addition, there are SEM tools in existing buildings that require minimal vibration or attenuation to prevent damage to the tool. Therefore, in this study, the method of installation used was inject pile method. This method can reduce the occurrence of vibration compared to the usual method, such as a hammer. The pressure analysis results showed that the pressure value exceeded the threshold, so pressure mitigation was carried out using the preboring method. With pressure mitigation with 12.5 m preboring, it can reduce pressure to 0.008907, and this value is considered very safe for the existing building and the SEM tool in the existing building.

©2023 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya pembangunan yang ada, tidak membatasi keberadaan gedung pada area yang padat bangunan. Suatu bangunan tentu ditopang oleh fondasi sebagai struktur bawahnya. Penggunaan fondasi ini memiliki peran yang sangat penting guna meneruskan beban struktur yang diterima menuju tanah. Pemilihan fondasi terus mengalami perkembangan, sehingga tidak hanya terfokus pada jenis fondasi tertentu saja. Dengan kondisi bangunan terhimpit, fondasi *bore pile* dinilai paling aman karena pengerjaannya tidak mengakibatkan kebisingan suara dan getaran yang berbahaya terhadap bangunan sekitar (Jawat dkk., 2020). Namun, pekerjaan *bore pile* membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan tiang pancang (Sembiring, 2019). Maka pada penelitian kali ini, akan dilakukan modifikasi penggunaan fondasi *bore pile* menjadi fondasi tiang pancang.

Fondasi tiang pancang memiliki sistem pengerjaan menggunakan *hammer* yang menimbulkan getaran dan *injection* yang berakibat pada desakan tanah. Kondisi bangunan pada area yang terhimpit bangunan eksisting dan berisiko terhadap getaran, maka fondasi tiang pancang dengan sistem *injection* dapat menjadi pilihan yang tepat karena tidak menyebabkan kebisingan dan getaran (Chan, 2006). Selain itu, pemancangan menggunakan HSPD pada kondisi tanah lempung tidak hanya mengakibatkan permukaan

tanah terangkat tetapi juga berakibat pada kerusakan yang signifikan pada bangunan di sekitarnya (Hoerlykke dkk., 2016). Gambar 1 merupakan area studi yang dianalisis dengan jaraknya adalah 1,845 m terhadap gedung A dan 3 m terhadap gedung B. Oleh karena itu, diperlukan analisis desakan tanah yang diakibatkan kegiatan pemancangan lalu memilih langkah yang tepat dalam mitigasi desakan agar tiang pancang tersebut aman digunakan pada area studi.



Gambar 1. Lokasi yang ditinjau

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Daya dukung tiang

Daya dukung tiang merupakan kemampuan atau kapasitas tiang untuk menahan beban (Hardiyatmo, 2008). Daya dukung tiang dipengaruhi oleh jenis tanah, diameter tiang, dan kedalaman tiang. Dalam menghitung daya dukung tiang, digunakan Metode Nakazawa yaitu metode analisis daya dukung fondasi berdasarkan data *bore log*. Pada metode ini, digunakan analisis berdasarkan nilai N-SPT yang diperoleh pada ujung tiang dan 4D dari ujung tiang. Sehingga diperoleh nilai daya dukung pada ujung tiang dan gaya gesek sepanjang kedalaman tiang yang mengelilingi fondasi.

2.2 Sistem *inject pile* tiang pancang

Pemancangan menggunakan HSPD memberikan kelebihan yaitu kualitas pemancangan tiang yang dihasilkan mendekati hasil uji (Tan & Ling, 2001), pemancangan dapat dilakukan pada kondisi dekat dengan struktur yang ada dan tidak mengakibatkan gangguan pada aktivitas manusia (White dkk., 2002).

Inject pile dilakukan dengan bantuan HSPD yang memberi *pressure* pada tiang pancang hingga tertanam pada kedalaman sesuai perencanaan. *Pressure* yang diberikan berasal dari pompa *hydraulic* yang tersedia pada HSPD. Pemancangan dengan sistem *injection* memiliki efek terhadap tanah yaitu desakan yang disebabkan oleh pindahnya volume tanah. Desakan tanah yang terjadi mengakibatkan adanya pergerakan tanah arah lateral (Broms, 1981).

Hal tersebut akan berakibat pada gedung yang ada di sekitar lokasi pemancangan. Besar pergerakan tanah yang terjadi dipengaruhi oleh volume tanah yang dipindahkan sebesar volume tiang pancang pada kedalaman tertentu (Dugan & Freed 1984). Francescon (1983), melakukan percobaan mengenai pergerakan tanah yang diakibatkan oleh pemancangan. Dari percobaan ini, gerakan arah horizontal saat pemancangan untuk tanah lempung yang jenuh terjadi di sekeliling tiang, hal tersebut sesuai dengan perkiraan teori CCE (*Cylindrical Cavity Expansion*). Pergerakan tanah yang terjadi akan semakin bertambah ketika diameter dan jumlah tiangnya semakin besar (Triarso, 2016).

2.3 Preboring

Preboring merupakan suatu langkah pengeboran yang dilakukan sebelum kegiatan pemancangan dengan kedalaman tertentu. *Preboring* sangat membantu pada pekerjaan pemancangan dengan kondisi tanah lensa ($N-SPT > 50$) pada kedalaman tertentu yang sulit dilewati oleh tiang pancang dan berakibat pada retaknya bagian ujung tiang pancang. Pelaksanaan *preboring* umumnya menggunakan mata bor dengan diameter sama atau lebih besar dari tiang pancang yang digunakan dengan tujuan untuk mempermudah dalam proses *inject pile*.

Selain itu, *preboring* dapat diterapkan pada pemancangan di sekitar lokasi yang padat bangunan. Pekerjaan *preboring* memberikan dampak pada berkurangnya volume tanah ketika pemancangan dilakukan. *Preboring* dapat memperkecil nilai desakan tanah secara lateral yang diakibatkan oleh pemancangan (Wiraatmaja dkk., 2016). Desakan tanah yang terjadi semakin menurun setelah dilakukan *preboring* (Firmansyah, 2022).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data sekunder berupa data tanah dan data beban struktur.

Tabel 1. Data tanah

Depth (meter)	Deskripsi Tanah	N-SPT (blows)
-2,50	<i>Very Soft Clay</i>	1
-5,00	<i>Very Soft Clay</i>	1
-7,50	<i>Very Soft Clay</i>	1
-10,00	<i>Very Soft Clay</i>	1
-12,50	<i>Very Soft Clay</i>	1
-15,00	<i>Very Soft Clay</i>	1
-17,50	<i>Stiff Clay</i>	12
-20,00	<i>Very Stiff Clay</i>	18
-22,50	<i>Medium Dense Sand</i>	23
-25,00	<i>Very Stiff Clay</i>	25
-27,50	<i>Very Stiff Clay</i>	30
-30,00	<i>Hard Clay</i>	31

Tabel 2. Data beban struktur

Tipe	Pu (ton)	Mx (tm)	My (tm)
F1	150	26,2	20,70
F2	130	24,3	21,40
F3	80	15,5	17,20
F4	80	15,5	17,20

Tabel 1 adalah data tanah hasil penyelidikan sondir dengan jenis tanah yang mendominasi adalah tanah lempung. Data beban struktur yang digunakan sebagai dasar perencanaan fondasi terdapat pada Tabel 2 dengan 4 tipe fondasi.

3.1 Perencanaan fondasi tiang pancang

Perhitungan perencanaan fondasi tiang pancang menggunakan Metode Nakazawa (Nakazawa dan Sosrodarsono, 2000), dengan rumus sebagai berikut.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (q_d \cdot A + U \cdot \sum I_i f_i) \quad (1)$$

R_a : Daya dukung izin tiang (ton)

R_u : Daya dukung maksimum tiang (ton)

R_p : Daya dukung pusat tiang (ton)

R_f : Daya dukung selimut tiang (ton)

q_d : Daya dukung pusat tiang (ton)

A : Luas penampang ujung tiang (m²)

U : Keliling tiang (m)

I_i : Kedalaman selimut tiang (m)

f_i : Nilai besar geser maksimum sesuai dengan kedalaman dan lapisan selimut (m)

n : Faktor keamanan, $n = 3$

Dalam perencanaan fondasi, digunakan jenis fondasi kelompok tiang pancang. Rumus yang digunakan dalam penentuan jumlah tiang adalah

$$n = \frac{P_u}{0,7 \times Q_{izin}} \quad (2)$$

n : jumlah tiang

Q_{izin} : Daya dukung izin tiang (ton)

P_u : Beban yang diterima (ton)

Tiang yang direncanakan adalah diameter 400 mm produksi WIKA Beton dengan spesifikasi berikut:

Diameter = 400 mm

Length = 10 m *bottom*; 9 m *middle* dan 9 m *upper*

Mutu = 52 Mpa

Dalam kegiatan pemancangan digunakan HSPD 180 ton dengan spesifikasi berikut.

ZYJ Series Hydraulic and Static Pile-driving Machine

Model = ZYJ180

Maximum Rotary Angle (°) = 10°

Vertical Travel (m) = 2,2 m

Horizontal Travel (m) = 0,5 m

Side Pile Distance (m) = 0,8 m

Rated Press in Force (kN) = 1800 kN

Corner Pile Distance (m) = 1,15 m

Dimensions Long = 10 m

Wide = 5,2 m

High = 2,9 m

Total Weight (t) = 180 ton

3.2 Analisis desakan akibat pemancangan

Untuk perhitungan manual digunakan rumus mengenai pergerakan tanah yang diperoleh Francescon (1983) yang sesuai dengan teori CCE (*Cylindrical Cavity Expansion*). Persamaan 3 didapatkan berdasarkan percobaan pemancangan yang dilakukan pada tanah lempung yang jenuh.

$$\delta = \sqrt{R^2 + \beta r^2} - R \quad (3)$$

- δ : Pergerakan tanah
- R : Jarak radial tiang
- r : Radius tiang
- β : Rasio perpindahan antara rasio bersih terhadap rasio bruto, $\beta = 1$ (ujung tiang yang tertutup)

Selain perhitungan manual, dilakukan analisis desakan tanah yang diakibatkan pemancangan dengan mengambil nilai desakan yang terkritis dan memodelkannya pada *software*. Nilai desakan tanah yang terjadi pada gedung yang ditinjau harus dalam batas aman yang disyaratkan dalam SNI 8460:2017.

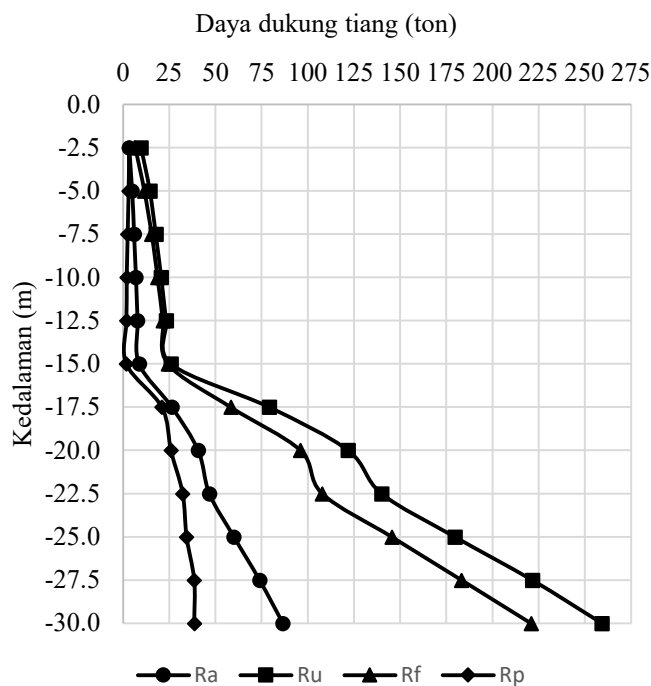
3.3 Mitigasi desakan akibat pemancangan

Mitigasi dilakukan dengan bantuan *software* dan memodelkan skema mitigasi yang akan dipilih. Pada penelitian ini, dipilih mitigasi dengan cara *preboring* dengan diameter 500 mm yang dilengkapi dengan *casing* kedalaman 10 m dan 12,5 m. Analisa yang dilakukan dengan memodelkan tiang pancang yang dipancang perkedalaman 2,5 m, melakukan *preboring* dan pemasangan *casing* serta adanya beban yang diakibatkan oleh alat pemancangan HSPD.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan fondasi tiang pancang

Berdasarkan data yang diperoleh, hasil daya dukung tiang terdapat pada Gambar 2. Perhitungan daya dukung dilakukan pada tiang pancang dengan diameter 400 mm. Dari Gambar 2, grafik daya dukung diperoleh semakin meningkat seiring dengan pertambahan kedalaman. Nilai R_f lebih besar dibandingkan R_p . Direncanakan fondasi tiang pancang kedalaman 27,5 m dengan nilai R_a adalah 73,84 ton. Nilai R_a kemudian digunakan untuk penentuan jumlah tiang kelompok masing-masing tipe fondasi. Jumlah tiang yang digunakan adalah 4 untuk F1 dan F2 sedangkan untuk F3 dan F4 adalah 3 tiang (Tabel 3).



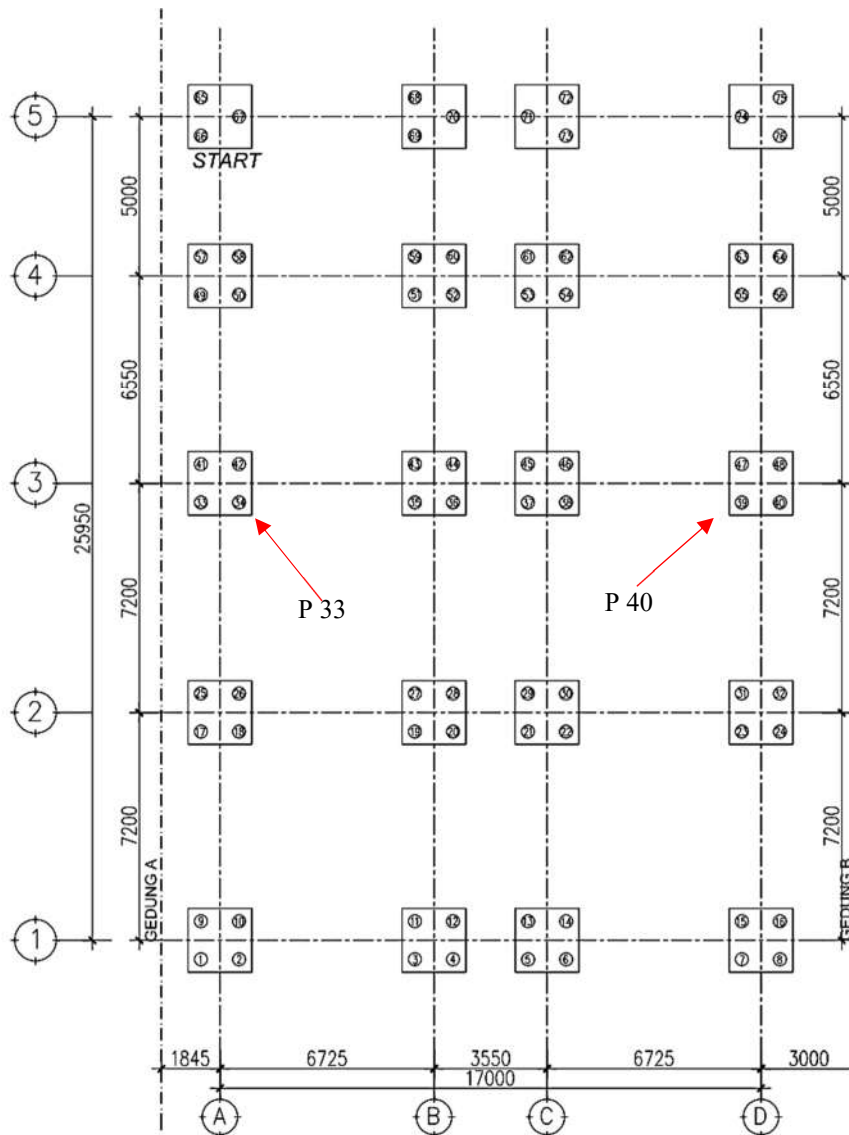
Gambar 2. Grafik daya dukung tiang

Tabel 3. Penentuan jumlah tiang

Type	Diameter (m)	Kedalaman (m)	n	n tiang
F1	0,4	27,50	2,03	4
F2	0,4	27,50	1,76	4
F3	0,4	27,50	1,08	3
F4	0,4	27,50	1,08	3

4.2 Analisis desakan akibat pemancangan

Analisis desakan akibat pemancangan secara manual dilakukan pada as 3. Hasil desakan perhitungan manual dapat dilihat pada Tabel 4 berdasarkan perhitungan manual persamaan 3. Perhitungan ini dilakukan pada As 3, karena susunan fondasi lainnya tipikal (Gambar 3). Berdasarkan hasil perhitungan manual, nilai desakan yang terjadi dipengaruhi dengan jarak radial pile terhadap gedung yang ditinjau. Semakin kecil jarak radial pile terhadap gedung yang ditinjau, desakan yang terjadi semakin besar. Desakan terhadap gedung A yang terbesar adalah pile 33 dan desakan terhadap gedung B yang terbesar adalah pile 40. Kemudian dilakukan pemodelan pada *software* untuk menganalisa desakan tanah pada P33 dan P40.

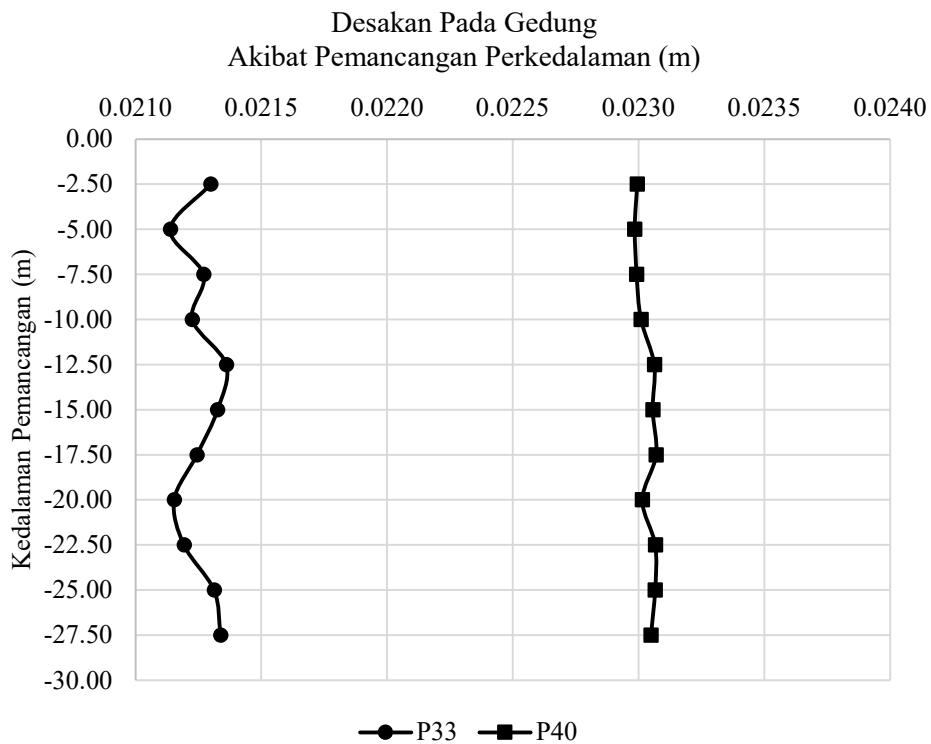


Gambar 3. Perencanaan Fondasi

Tabel 4. Desakan perhitungan manual

Desakan terhadap gedung A					Desakan terhadap gedung B				
Pemancangan		R	r	Desakan	Pemancangan		R	r	Desakan
As	No Pile	(m)	(m)	(m)	As	No Pile	(m)	(m)	(m)
3A	33	1,245	0,4	0,0627	3D	40	2,4	0,4	0,0331
	34	2,445	0,4	0,0325		39	3,6	0,4	0,0222
3B	35	7,97	0,4	0,0100	3C	38	9,125	0,4	0,0088
	36	9,17	0,4	0,0087		37	10,325	0,4	0,0077
3C	37	11,52	0,4	0,0069	3B	36	12,675	0,4	0,0063
	38	12,72	0,4	0,0063		35	13,875	0,4	0,0058
3D	39	18,245	0,4	0,0044	3A	34	19,4	0,4	0,0041
	40	19,445	0,4	0,0041		33	20,6	0,4	0,0039

Analisis desakan menggunakan *software* dilakukan pada pemancangan P33 terhadap gedung A dan P40 terhadap gedung B. Berdasarkan Gambar 4 dan Tabel 5, nilai desakan yang terjadi melebihi batas maksimum yang disyaratkan oleh SNI 8460, 2017. Dengan desakan maksimum yang terjadi pada gedung A akibat pemancangan P33 adalah 0,021360 m dan gedung A akibat pemancangan P40 adalah 0,023069 m. Oleh karena itu, perlu dilakukan mitigasi agar nilai desakan yang terjadi tidak melebihi batas maksimum.



Gambar 4. Grafik desakan akibat pemancangan

Tabel 5. Desakan akibat pemancangan pemodelan *software*

Kedalaman Pemancangan	Desakan Pada Gedung Akibat Pemancangan (m)	
	P33	P40
-2,50	0,021298	0,022994
-5,00	0,021138	0,022984
-7,50	0,021271	0,022992

Kedalaman Pemancangan	Desakan Pada Gedung Akibat Pemancangan (m)	
	P33	P40
-10,00	0,021226	0,023009
-12,50	0,021360	0,023062
-15,00	0,021326	0,023056
-17,50	0,021244	0,023069
-20,00	0,021154	0,023015
-22,50	0,021193	0,023066
-25,00	0,021312	0,023065
-27,50	0,021338	0,023049

4.3 Mitigasi desakan akibat pemancangan

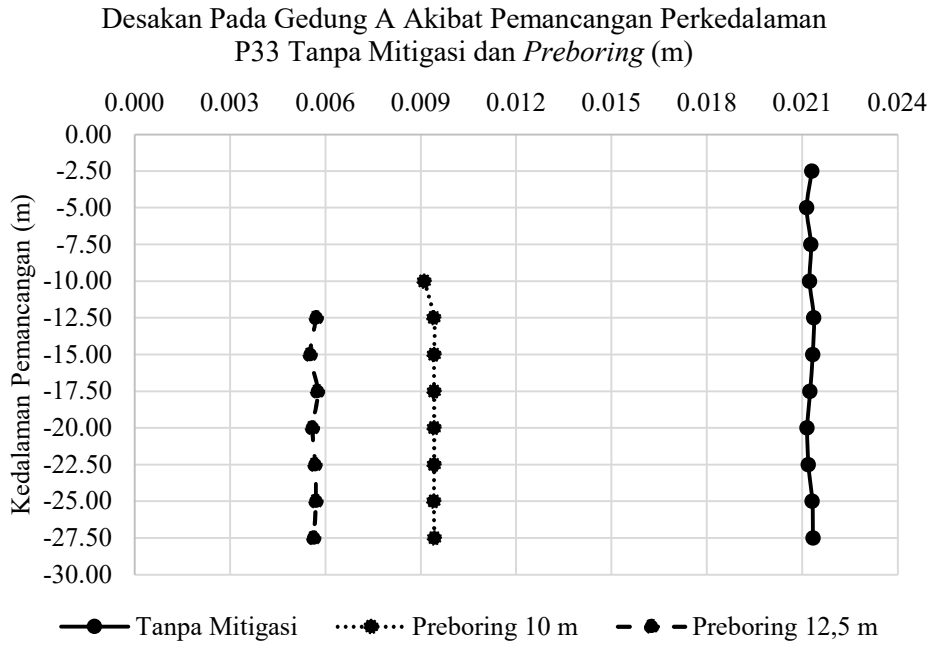
Preboring dilakukan sebelum kegiatan pemancangan yang bertujuan memperkecil desakan yang akan terjadi. *Preboring* direncanakan pada kedalaman 10 m dan 12,5 m. Hasil pemodelan *preboring* dengan bantuan *software* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Desakan tanpa mitigasi dan setelah mitigasi

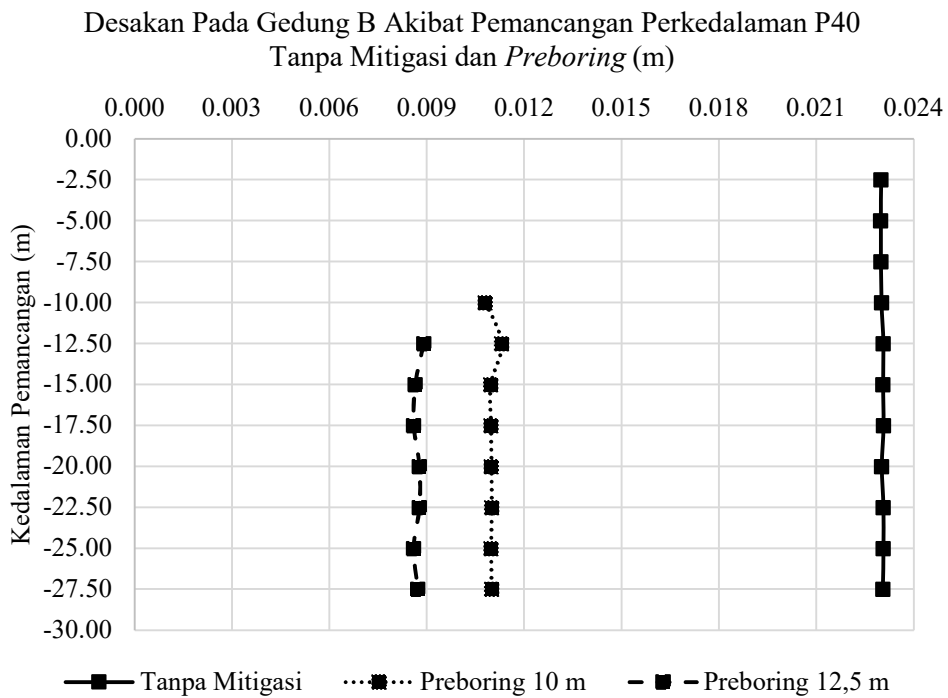
Kedalaman pemancangan	Desakan Gedung A Akibat Pemancangan P33 (m)			Desakan Gedung B Akibat Pemancangan P40 (m)		
	Tanpa mitigasi	<i>Preboring</i> 10 m	<i>Preboring</i> 12,5 m	Tanpa mitigasi	<i>Preboring</i> 10 m	<i>Preboring</i> 12,5 m
-2,50	0,021298	-	-	0,022994	-	-
-5,00	0,021138	-	-	0,022984	-	-
-7,50	0,021271	-	-	0,022992	-	-
-10,00	0,021226	0,009106	-	0,023009	0,010805	-
-12,50	0,021360	0,009412	0,005713	0,023062	0,011303	0,008907
-15,00	0,021326	0,009413	0,005523	0,023056	0,010969	0,008643
-17,50	0,021244	0,009415	0,005755	0,023069	0,010976	0,008598
-20,00	0,021154	0,009418	0,005594	0,023015	0,010991	0,008773
-22,50	0,021193	0,009420	0,005675	0,023066	0,010999	0,008770
-25,00	0,021312	0,009408	0,005697	0,023065	0,010982	0,008591
-27,50	0,021338	0,009423	0,005631	0,023049	0,010995	0,008725

Berdasarkan analisis yang dilakukan (Tabel 6), besar desakan P33 (Gambar 5) terhadap gedung A adalah 0,021360 m setelah dilakukan mitigasi desakan dengan *preboring* kedalaman 10 m besar desakan yang terjadi adalah 0,00942 m dan *preboring* kedalaman 12,5 m besar desakan yang terjadi adalah 0,005713 m. Desakan yang terjadi pada P40 (Gambar 6) terhadap gedung B adalah 0,023069 m setelah dilakukan mitigasi desakan dengan *preboring* kedalaman 10 m besar desakan yang terjadi adalah 0,011303 m dan *preboring* kedalaman 12,5 m besar desakan yang terjadi adalah 0,008907 m.

Nilai desakan setelah dilakukan mitigasi dengan *preboring* dikedalaman 10 m dan 12,5 m mengalami penurunan. *Preboring* dengan kedalaman 12,5 m menghasilkan desakan yang lebih kecil daripada *preboring* dikedalaman 10 m. *Preboring* kedalaman 12,5 m menghasilkan penurunan nilai desakan yang lebih besar (Tabel 7).



Gambar 5. Grafik desakan gedung A akibat pemancangan P33



Gambar 6. Grafik desakan gedung B akibat pemancangan P40

Tabel 7. Persentasi penurunan desakan

Desakan pada	Tanpa mitigasi	<i>Preboring</i>	Penurunan desakan
Gedung A akibat pemancangan P33	0,021360	0,009423 10 m	55,886%
		0,005755 12,5 m	73,059%
Gedung B akibat pemancangan P40	0,023069	0,011303 10 m	51,004%
		0,008907 12,5 m	61,392%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, fondasi tiang pancangan yang direncanakan dapat digunakan pada area yang ditinjau dengan sistem pengerjaan menggunakan *inject pile*. Kegiatan pemancangan mengakibatkan desakan tanah terhadap gedung yang ditinjau. Nilai desakan yang terjadi dapat dimitigasi dengan *preboring* yang memberikan efek terhadap penurunan nilai desakan pada area studi yang ditinjau.. Mitigasi yang dilakukan berupa *preboring* diameter 500 mm dengan kedalaman 12,5 m yang berpengaruh dalam menurunkan desakan tanah yang terjadi dan masih dalam batas aman yang diizinkan sehingga tidak berakibat pada kerusakan pada gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Broms, B. B. 1981. *Precast Piling Practice*. Thomas Telford, Ltd.
- Chan, R. 2006. *Foundation Design and Construction*. Pearson Education.
- Dugan, J. P., Freed, D. L. 1984. Ground Heave Due to Pile Driving. *International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*.
- Firmansyah, Y. K. 2022. *Displacement Effect Due To Injection Pile*. First Edition. Madza Media.
- Francescon, M. 1983. *Model pile tests in clay: stresses and displacements due to installation and axial loading*. Doctoral Dissertation, Cambridge University.
- Hardiyatmo, H. C. 2008. *Teknik Fondasi 2*. Edisi Keempat. Beta Offset.
- Hoerlykke, T., Dedenroth, B., Sorensen, K. 2016. A Case Study of Heave of Pile-Supported Structures Due to Pile Driving in Heavly Overconsolidated Very High Plasticity Palaeogene Clay. *Proceedings of the 17th Nordic Geotechnical Meeting*.
- Jawat, I.W., Gita, P.P.T., Dharmayoga, I.M.S., 2020. Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*. 9(2), 126-142.
- Nakazawa, K., Sosrodarsono, I. S. 2000. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita.
- Sembiring, C. 2019. *Analisis perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi spun pile dengan bore pile pada proyek masjid agung*. Doctoral Dissertation, Universitas Medan Area.
- SNI 8460. 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8460:2017. *Badan Standarisasi Nasional, 8460*. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/sni-bidang-gl>
- Tan, S. M., Ling, C. H. 2001. The Use of High Capacity Hydraulic Injection Piles for Buildings in Limestone Ex-Tin Mining Sites in Kuala Lumpur. *Proceeding, 14th SEAGC, Hongkong*.
- Triarso, A. 2016. *Injeksi Terhadap Ekses Tekanan Air Pori Dan Pergerakan Tanah Dengan Pemodelan Menggunakan Program Plaxis 2D dan 3D*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- White, D., Finlay, T., Bolton, M., Bearss, G. 2002. Press-in Pilling: Ground Vibration and Noise During Pile Installatin. *ASCE Special Publication*. 116, 363–371.
- Wiraatmaja, Y., Handoko, M., Prawono, S. Budi, G.S. 2016. Pergerakan Tanah Lateral Akibat Proses Pemancangan Tiang. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 5(2).