

## STUDI PERBANDINGAN EFISIENSI PONDASI TIANG PANCANG DAN TIANG BOR PADA TANAH EKSPANSIF: STUDI LITERATUR

Raja Natimbul Valentino Hutabarat<sup>1\*</sup>, Rakha Dwi Putra Juniper<sup>2</sup>,  
Muhammad Hamzah Fansuri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, [rajanatimbul12@gmail.com](mailto:rajanatimbul12@gmail.com)

### ABSTRAK

Pondasi memiliki peran krusial dalam konstruksi sebagai penopang beban struktur tanah di bawahnya. Pada tanah ekspansif yang rentan terhadap perubahan volume akibat kadar air, pemilihan pondasi yang tepat menjadi salah satu tantangan utama. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi pondasi tiang pancang dan tiang bor berdasarkan studi literatur, dengan mempertimbangkan beberapa aspek, seperti biaya, waktu, dan teknis serta dampak terhadap lingkungan. Hasil kajian menunjukkan bahwa tiang bor lebih fleksibel dalam menyesuaikan diri terhadap tanah yang bergerak dan tidak menimbulkan getaran dan kebisingan, sedangkan untuk tiang pancang lebih ekonomis dan cepat dalam pemasangan, terutama pada tanah dengan lapisan keras di kedalaman tertentu. Dari segi dampak lingkungan, tiang bor lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan kebisingan dan getaran. Oleh karena itu, pemilihan jenis pondasi harus memperhatikan kondisi tanah, efisiensi biaya, dan waktu, serta dampak lingkungan guna memastikan stabilitas dan keberlanjutan konstruksi.

**Kata Kunci:** *Pondasi, Tiang pancang, Tiang bor, Tanah ekspansif*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa struktur yang meneruskan beban yang ditopang ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya [1]. Kekokohan suatu pondasi sangat menentukan suatu bangunan dapat dikatakan aman dan stabil, terutama pada kondisi tanah yang berbeda-beda. Salah satu jenis tanah yang sulit untuk dilakukan konstruksi adalah tanah ekspansif, yang mempunyai sifat yang mengembang ketika basah dan menyusut ketika kering tergantung pada mineral pembentuknya[2]. Perubahan volume ini dapat menyebabkan pondasi bergerak dan berdampak pada kestabilan struktur di atasnya.

Dalam dunia konstruksi, terdapat dua metode pondasi dalam yang umum untuk digunakan pada tanah ekspansif yaitu pondasi tiang pancang dan *bore pile*. Kedua jenis pondasi ini memiliki karakteristik yang berbeda, baik dalam proses instalasi, biaya, serta efektivitas terhadap kondisi tanah. Oleh karena itu, pemilihan jenis pondasi menjadi sangat krusial baik pada aspek teknis maupun ekonomi.

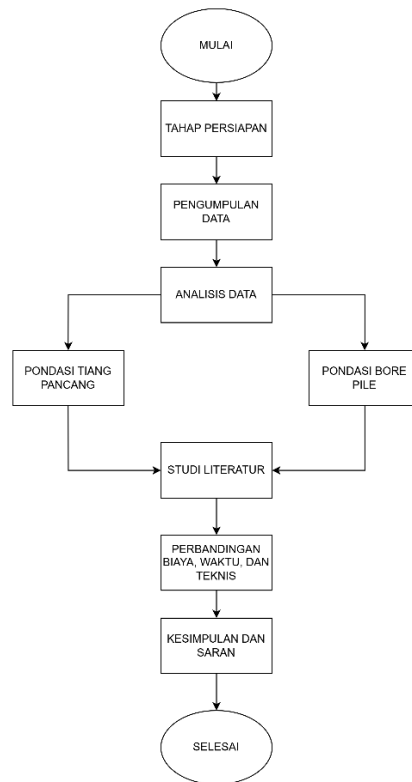
Permasalahan yang sering dihadapi dalam menentukan jenis pondasi yang paling tepat adalah mempertimbangkan faktor biaya dan waktu pengerjaan konstruksi. Pondasi tiang pancang dan *bore pile* memiliki metode instalasi yang berbeda, tepatnya pada lamanya pengerjaan konstruksi dan peralatan khusus yang diperlukan. Pada pondasi tiang pancang diperlukan alat pemancangan yang mengakibatkan getaran dan kebisingan, sedangkan pada pondasi *bore pile* diperlukan peralatan pengeboran dan pengecoran di tempat. Selain itu, pemilihan jenis pondasi yang akan digunakan harus memperhitungkan aspek daya dukung tanah serta dampaknya terhadap struktur di atasnya.

Untuk mengetahui jenis pondasi yang tepat pada tanah ekspansif, maka dilakukan analisis perbandingan pondasi tiang pancang dan *bore pile*. Analisis ini dilakukan untuk membandingkan efisiensi pondasi tiang pancang dan *bore pile* pada tanah ekspansif. Analisis yang dilakukan mencakup aspek fungsi, biaya, dan waktu, serta kinerja dari masing-masing jenis pondasi yang akan memberikan wawasan yang lebih komprehensif dalam pemilihan jenis pondasi yang optimal berdasarkan studi literatur.

Analisis jenis pondasi yang tepat akan memberikan wawasan tentang kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis pondasi dan menyediakan referensi ilmiah baik bagi akademisi maupun praktisi yang tertarik dalam efisiensi pondasi dalam kondisi tanah yang sukar dilakukan konstruksi tepatnya pada tanah ekspansif, serta membantu dalam mengoptimalkan biaya dan waktu pengerjaan proyek konstruksi dengan pemilihan jenis pondasi yang tepat yang dianalisis berdasarkan studi literatur.

## 2 METODE

Analisis ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan literature review. Metode ini digunakan karena memungkinkan analisis terhadap jurnal-jurnal sebelumnya mengenai efisiensi pondasi tiang pancang dan *bore pile* pada tanah ekspansif. Proses penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data dari jurnal-jurnal sebelumnya, kemudian dilakukana analisis komparatif terhadap aspek teknis, biaya, dan waktu, serta waktu pengerjaan masing-masing metode pondasi. Setelah itu, dilakukan sintesis temuan dari berbagai literatur untuk mendapatkan kesimpulan yang dapat dijadikan acuan dalam pemilihan metode pondasi yang paling tepat pada tanah ekspansif. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi berbasis bukti yang bermanfaat bagi akademisi dan praktisi. Berikut diagram alir penelitian ini dilakukan ditunjukkan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Studi Perbandingan Efisiensi Pondasi

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil didapatkan dengan menganalisis dengan metode kualitatif. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan kelebihan dan kekurangan dari tiang pancang dan *bore pile* berdasarkan jurnal- jurnal terdahulu. Jurnal-jurnal yang didapat dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan dikelompokkan menjadi beberapa bagian. Berikut adalah tabel meta analisis dari jurnal-jurnal sebelumnya:

Tabel 1. Meta Analisis perbandingan Kelebihan Tiang Pancang dan Tiang Bor

No	Penulis	Judul	Kesimpulan	Kelebihan Tiang Pancang	Kelebihan Tiang Bor
1	[3]	Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Pondasi <i>Bore pile</i> (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi)	Berdasarkan analisis biaya, durasi, dan faktor lingkungan, pondasi <i>bore pile</i> terbukti lebih efisien dibandingkan dengan pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan Tower Grand Kamala Lagoon - Bekasi. Pondasi <i>bore pile</i> menawarkan biaya yang lebih ekonomis, durasi pelaksanaan yang lebih cepat, serta dampak yang lebih kecil terhadap lingkungan sekitar, menjadikannya pilihan yang lebih tepat pada tanah ekspansif dengan kondisi proyek seperti ini.	-Dapat digunakan pada kondisi tanah yang lebih keras dan stabil. -Cocok untuk bangunan yang memerlukan daya dukung tinggi pada kedalaman lebih dalam.	-Biaya lebih efisien dibandingkan dengan tiang pancang. -Durasi pelaksanaan lebih cepat, ideal untuk proyek dengan batasan waktu. -Lebih ramah lingkungan karena minim dampak terhadap kawasan sekitar.

2	[4]	Analisis Pondasi <i>Bore pile</i> Dan Tiang Pancang Terhadap Biaya Dan Waktu Pengerjaan (Studi Kasus: Pada Proyek Pembangunan Pangkalan Penjagaan Laut Dan Pantai Kelas Ii Tanjung Perak)	Pondasi tiang pancang lebih efisien dari segi waktu dibandingkan dengan pondasi <i>bore pile</i> pada proyek Pangkalan Penjaga Laut dan Pantai Kelas II Tanjung Perak, dengan selisih waktu 13 hari. Namun, pondasi <i>bore pile</i> lebih ekonomis, dengan selisih biaya sebesar Rp 149.963.362 yang lebih murah dibandingkan pondasi tiang pancang.	-Waktu pelaksanaan lebih cepat, memungkinkan penyelesaian proyek dalam waktu yang lebih singkat. -Lebih cocok untuk tanah yang lebih keras dan stabil.	-Lebih murah dalam hal biaya pelaksanaan dibandingkan dengan tiang pancang. -Ideal untuk tanah ekspansif atau kondisi tanah yang kurang stabil.
3	[5]	Analisa Perbandingan Perencanaan Struktur Antara Pondasi <i>Bore pile</i> Dengan Pondasi Tiang Pancang (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Dprd Bali)	Pada proyek Gedung DPRD Provinsi Bali, perencanaan pondasi tiang pancang lebih efisien dibandingkan dengan pondasi <i>bore pile</i> dari segi jumlah tiang yang diperlukan, dengan pondasi tiang pancang membutuhkan 4 tiang per pile cap, sementara pondasi <i>bore pile</i> membutuhkan 6 tiang per pile cap, meskipun keduanya menggunakan bahan dan pembebanan yang sama.	-Jumlah tiang yang lebih sedikit per pile cap, membuat pemasangan lebih cepat dan biaya lebih rendah. -Lebih efisien dalam penggunaan material dan sumber daya.	-Lebih efektif pada tanah yang lebih lembek atau ekspansif karena kemampuan penetrasi yang lebih baik. -Penyerapan beban lebih baik pada kondisi tanah yang kurang stabil.
4	[6]	Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Dan Tiang Pancang (Studi Kasus Abutment Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2)	Pada proyek pembangunan Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2, pondasi tiang pancang menunjukkan keunggulan dalam hal waktu pelaksanaan yang lebih cepat (13 hari) dibandingkan pondasi tiang bor yang memakan waktu 26 hari. Namun, pondasi tiang bor lebih ekonomis, dengan biaya 34,53% lebih rendah dibandingkan pondasi tiang pancang.	-Waktu pelaksanaan yang lebih cepat (13 hari), cocok untuk proyek yang membutuhkan penyelesaian dalam waktu singkat. -Bisa diterapkan di berbagai lokasi, namun tidak disarankan di area perkotaan yang padat karena getaran pemancangan.	-Biaya lebih rendah dibandingkan pondasi tiang pancang (34,53% lebih murah). -Lebih cocok diterapkan di lokasi yang lebih jauh dari pusat kota tanpa khawatir mengganggu struktur sekitarnya.
5	[7]	Comparative Analysis Method of Work, Time, and Cost of Concrete Spun Pile Work on Construction of the Light Rail Transit (LRT)	Berdasarkan analisis terhadap metode pelaksanaan, waktu, dan biaya, metode pondasi tiang pancang Beton Spun Pile lebih efisien dan efektif dibandingkan dengan metode Bored Pile, baik dalam hal kemudahan pelaksanaan, waktu pengerjaan yang lebih cepat, maupun biaya yang lebih rendah, yang membuatnya lebih sesuai	-Pondasi tiang pancang Beton Spun Pile lebih mudah dilaksanakan karena tiang sudah siap pakai dan langsung dipancang, tanpa perlu proses perakitan terlebih dahulu. -Dibutuhkan waktu yang lebih singkat untuk memasang tiang	-Bored Pile lebih efektif untuk kondisi tanah dengan kedalaman lapisan keras yang lebih dalam. -Dalam kondisi tanah ekspansif, Bored Pile bisa lebih stabil karena dapat dipasang dengan kedalaman

		untuk proyek yang memerlukan efisiensi dalam penggunaan sumber daya.	pancang Beton Spun Pile dibandingkan dengan Bored Pile, yaitu hanya 6 jam per titik.	yang sesuai dengan kondisi tanah, mengurangi risiko pergerakan tanah.	
6	[8]	Analisis Antara Penggunaan Pondasi <i>Bore pile</i> Dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung Dprd Kota Surabaya)	Pada pembangunan Gedung DPRD Kota Surabaya, pondasi <i>bore pile</i> lebih dipilih daripada pondasi tiang pancang untuk menjaga keamanan bangunan cagar budaya di sekitarnya, meskipun pondasi tiang pancang lebih efisien dalam hal waktu dan biaya. Pondasi <i>bore pile</i> lebih aman karena tidak menimbulkan getaran atau pergeseran tanah yang dapat merusak bangunan cagar budaya, sementara pondasi tiang pancang lebih cepat dan lebih ekonomis dalam pelaksanaannya, tetapi berisiko merusak struktur sekitarnya.	-Lebih efisien dalam hal waktu pelaksanaan, hanya memerlukan 4 hari untuk menyelesaikan pekerjaan pondasi. -Total biaya lebih rendah dibandingkan dengan pondasi <i>bore pile</i> , menjadikannya pilihan ekonomis dalam proyek besar yang tidak memerlukan perlindungan terhadap bangunan sekitarnya.	-Tidak menimbulkan getaran atau pergeseran tanah yang dapat merusak bangunan di sekitarnya, sehingga lebih cocok untuk area yang berdekatan dengan bangunan cagar budaya atau struktur sensitif lainnya. -Dapat menahan beban yang lebih besar per titik (200 ton).
7	[9]	Analisis Kekuatan Pondasi Tiang Pancang Dan Pondasi Bored Pile Pada Konstruksi Gedung: Ditinjau Dari Kekurangan Dan Kelebihannya	Pemilihan antara pondasi tiang pancang dan <i>bore pile</i> pada tanah ekspansif bergantung pada berbagai faktor seperti karakteristik tanah, beban struktur, dan dampak lingkungan. Pondasi tiang pancang lebih efisien dalam hal daya dukung dan stabilitas, tetapi dapat menyebabkan getaran yang merusak sekelilingnya, sementara pondasi <i>bore pile</i> lebih aman dari getaran dan cocok untuk area sempit, meskipun memerlukan waktu dan biaya lebih besar.	-Memiliki kapasitas daya dukung yang besar, cocok untuk bangunan bertingkat atau struktur berat. -Memberikan stabilitas yang sangat baik, terutama pada tanah yang keras.	-Lebih aman karena tidak menimbulkan getaran atau pergeseran tanah yang dapat merusak bangunan sekitar. -Mudah diaplikasikan pada lokasi yang terbatas ruang gerakannya.
8	[10]	Analisis Perbandingan Biaya Pada Pondasi Telapak, Bor Pile Dan Tiang Pancang Dengan Daya Dukung Yang Sama	Perbandingan efisiensi pondasi tiang pancang dan <i>bore pile</i> menunjukkan bahwa pemilihan jenis pondasi bergantung pada kedalaman dan kondisi tanah. Pondasi <i>bore pile</i> lebih mahal dan cocok untuk tanah keras pada kedalaman 3-8 m, sedangkan pondasi tiang pancang lebih ekonomis dengan biaya lebih rendah dan cocok untuk kedalaman yang lebih dalam.	-Efektif untuk menyalurkan beban pada tanah dengan daya dukung rendah atau tanah ekspansif. -Mengatasi masalah tanah yang tidak stabil dengan menyalurkan beban ke lapisan tanah yang lebih dalam.	-Tidak menimbulkan getaran seperti tiang pancang, yang membuatnya lebih cocok di lokasi sensitif. -Dapat disesuaikan dengan berbagai ukuran dan kedalaman tiang untuk menyesuaikan kondisi tanah.

9	[11]	Analisa Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Pada Pekerjaan Pembuatan Abutmen Jembatan Overpass-Bh 925 Muaralawai	Pada perbandingan antara pondasi tiang pancang (spunpile) dan pondasi bor pile pada pembangunan Overpass BH 925 Muara Lawai, pondasi tiang pancang memiliki daya dukung lebih besar dan durasi pekerjaan lebih cepat, namun lebih mahal dibandingkan dengan pondasi bor pile. Pondasi bor pile, meskipun lebih efisien secara biaya dan lebih cocok untuk kondisi sosial di lokasi, memerlukan waktu pengerjaan yang lebih lama dan memiliki daya dukung yang lebih rendah.	-Pondasi tiang pancang memiliki daya dukung yang lebih besar (861,88 ton dan 907,14 ton pada Abutmen 1 dan 2), sehingga cocok untuk menahan beban lebih besar. -Pekerjaan pondasi tiang pancang dapat diselesaikan dalam waktu lebih singkat (16 hari kalender), mempercepat proses pembangunan.	-Pondasi bor pile lebih murah dengan biaya sebesar Rp. 1.441.394.375,64, membuatnya lebih sesuai untuk kondisi dengan anggaran terbatas. -Penggunaan pondasi bor pile lebih ekonomis, terutama di lokasi seperti desa yang memiliki kendala sosial dan anggaran terbatas.
10	[12]	Studi Analisis Fondasi Tiang Pada Tanah Ekspansif Di Daerah Cikarang Dan Karawang	Penelitian ini menunjukkan bahwa fluktuasi muka air tanah memiliki pengaruh signifikan terhadap daya dukung dan penurunan fondasi pada tanah ekspansif. Tanah dengan muka air rendah memiliki daya dukung lebih tinggi dan penurunan lebih kecil, sedangkan pada kondisi terdrainase, daya dukung fondasi lebih besar dibandingkan kondisi undrained, yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan jenis pondasi, baik tiang pancang atau bor pile.	-Lebih efektif di tanah ekspansif dengan nilai daya dukung tinggi, terutama jika tanah dalam kondisi drained -Pondasi ini cocok digunakan pada tanah keras yang berada di kedalaman lebih dalam, seperti pada kasus dengan fluktuasi muka air tanah rendah.	-Pondasi bor pile lebih fleksibel terhadap perubahan muka air tanah karena daya dukungnya lebih stabil dalam kondisi tanah yang mengalami pergerakan atau perubahan kadar air.

Dari meta analisis di atas, didapatkan hasil analisis kelebihan dan kekurangan tiang pancang dan *bore pile*. Hasil analisis disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Rangkuman dari Meta Analisis

No	Kategori	Frekuensi	
		Pondasi Tiang Pancang	Pondasi Tiang Bor
1	Biaya Konstruksi Lebih Murah	5	4
2	Durasi Pengerjaan Lebih Cepat	7	1
3	Teknis Pemasangan Lebih Mudah	6	2
4	Stabil terhadap Tanah Ekspansif	1	7
5	Mudah Menjangkau Kedalaman Lebih Dalam	5	1
6	Kemampuan Melewati Tanah Keras	7	1
7	Lebih Ramah Lingkungan	2	6

Dari Tabel 2 untuk tiang pancang memiliki biaya konstruksi yang lebih murah dibandingkan dengan dengan *bore pile*. Dari sepuluh jurnal yang dianalisis terdapat lima jurnal yang menyatakan biaya konstruksi tiang pancang lebih murah dan empat jurnal yang menyatakan biaya konstruksi *bore pile* lebih murah. Selanjutnya

untuk durasi pengerjaan tiang pancang jauh lebih cepat dibandingkan dengan *bore pile*. Dilihat dari jumlah jurnal yang mengatakan durasi pengerjaan tiang pancang lebih cepat dibandingkan *bore pile*. Terdapat tujuh jurnal yang menyatakan durasi pengerjaan tiang pancang lebih cepat dan terdapat satu jurnal yang menyatakan *bore pile* lebih cepat durasi pengerjaannya.

Berdasarkan dari teknis pemasangannya, setelah dianalisis dari beberapa jurnal didapatkan lebih banyak jurnal yang menyatakan pemasangan tiang pancang lebih mudah dibandingkan dengan *bore pile*, karena untuk pondasi *bore pile* membutuhkan beberapa alat berat khusus. Untuk kestabilan terhadap tanah ekspansif, dari jurnal-jurnal yang sudah dianalisis, untuk tiang pancang lebih cocok untuk tanah yang keras dan stabil, sedangkan untuk *bore pile* sangat cocok untuk tanah yang ekspansif dan bergerak.

Untuk kedalaman yang dapat dijangkau, tiang pancang dapat menjangkau sampai ke tanah keras, sedangkan untuk *bore pile* sangat susah untuk menjangkau tanah keras, dan membutuhkan waktu yang sangat lama. Untuk kemampuan dalam melewati tanah keras, untuk tiang pancang sangat cocok untuk melewati tanah keras, sedangkan untuk *bore pile* lebih sulit untuk melewati tanah keras. Tiang pancang mudah melewati tanah keras karena dipancang dengan cara dipukul-pukul, sedangkan untuk *bore pile*, sesuai dengan namanya, *bore pile* dibor terlebih dahulu lalu dimasukkan tiangnya.

Terakhir, tiang pancang pada saat proses pemancangan akan mengakibatkan kebisingan dan getaran ke daerah-daerah sekitarnya, yang dapat berpengaruh ke infrastruktur-infrastruktur di sekitarnya, sedangkan untuk *bore pile* lebih ramah lingkungan dan tidak mengakibatkan kebisingan sedikitpun.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat ditarik kesimpulan bahwa pemilihan antara pondasi tiang pancang dan *bore pile* bergantung pada kondisi tanah, efisiensi waktu, serta biaya konstruksi. Pada tanah ekspansif, *bore pile* sering menjadi pilihan yang lebih baik dan tiang pancang karena tidak menimbulkan getaran yang dapat mempengaruhi kestabilan tanah. Sebaliknya, tiang pancang lebih cocok untuk tanah dengan lapisan keras di kedalaman tertentu dan memiliki kelebihan dalam efisiensi waktu pengerjaan. Umumnya, pondasi tiang pancang lebih ekonomis dibandingkan *bore pile* terutama untuk proyek yang berskala besar. Namun, *bore pile* memiliki fleksibilitas desain yang lebih baik dan ramah lingkungan karena tidak menyebabkan kebisingan atau getaran yang besar. Oleh karena itu, pemilihan metode pondasi harus memperhatikan berbagai faktor seperti kondisi tanah, dampak bagi lingkungan, dan ketersediaan alat serta tenaga kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sudarma, I. M., Indramanik, I. B., & Putra, P. A. (2016). Analisa Perbandingan Perencanaan Struktur Antara Pondasi Bore Pile Dengan Pondasi Tiang Pancang (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Dprd Bali). 15-30.
- [2] Sutikno, & Damianto, B. (2009). Stabilitas Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime): Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, No. 2, Vol. 11, Hal: 101-108.
- [3] Muluk, M., Hamid, D., Satwarnirat, Dalrino, & Santi, M. (2020). Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala. *Jurnal Teknik Sipil Itp*, Vol. 7, No. 1, Hal. 26-33.
- [4] Alifiandi V. J., dkk. (2023). Analisis Pondasi Bore pile Dan Tiang Pancang Terhadap Biaya Dan Waktu Pengerjaan (Studi Kasus: Pada Proyek Pembangunan Pangkalan Penjagaan Laut Dan Pantai Kelas Ii Tanjung Perak).
- [5] I Made S., dkk. (2016) Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Dan Tiang Pancang (Studi Kasus Abutment Jembatan Toll Serang Panimbang Op 4 Sukajadi 2)
- [6] Luthfiansyah, Y., & Akhsan, M. (2019). Comparative Analysis Method Of Work, Time, And Cost Of Concrete Spun Pile Work With Bored Pile On Construction Of The Light Rail Transit (Lrt). *Journal Of Applied Science, Engineering*. Vol. 1, No. 1. Hal. 63-72
- [7] Asmoro, M. R., & Setiyono, A. (2021). Analisis Antara Penggunaan Pondasi Bore Pile Dengan Tiang Pancang (Studi Kasus : Gedung Dprd Kota Surabaya). *Seminar Keinsinyuran*. Hal. 774-780
- [8] Firdaus, A.A. (2023). Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pondasi Tiang Bor Dan Tiang. Tugas Akhir. Yogyakarta: UIN Yogyakarta.
- [9] G. Rustira dan E. Walujodjati (2016), “ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PADA PONDASI TELAPAK, BOR PILE DAN TIANG PANCANG DENGAN DAYA DUKUNG YANG SAMA”, *Jurnal Konstruksi*, vol. 13, no. 1.
- [10] FITRIANI, L. (2023). *ANALISA PERBANDINGAN PONDASI TIANG PANCANG DAN TIANG BOR PADA PEKERJAAN PEMBUATAN ABUTMEN JEMBATAN OVERPASS-BH 925 MUARALAWAI* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS BINA DARMA).
- [11] Andika, R., & Suhendra, A. (2023). Studi Analisis Fondasi Tiang Pada Tanah Ekspansif Di Daerah Cikarang Dan Karawang. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 795-804.