

ANALISIS PERBANDINGAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN PONDASI TIANG BOR PROYEK GEDUNG HOTEL NEO MALANG

Nadia Fairuza^{1,*}, Dandung Novianto², Nawir Rasidi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang², Dosen Manajemen Rekayasa Konstruksi Politeknik Negeri Malang³

Email : fairuzanadia12@gmail.com, dandung.novianto@polinema.ac.id, nawir.rasidi@polinema.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari skripsi ini adalah menghitung beban struktur atas bangunan, menghitung daya dukung pondasi, menghitung penurunan pondasi, menentukan dimensi pondasi, menghitung rencana anggaran biaya pondasi, menentukan metode pelaksanaan, dan menganalisis perbandingan pondasi tiang pancang dengan tiang bor. Data yang dibutuhkan adalah data tanah SPT, data gambar struktur bangunan, dan harga satuan pekerjaan tahun 2019 kota Malang. Data gambar struktur bangunan tersebut diolah dengan menggunakan *software 3D Robot Structural Analysis Professional 2019 (RSAP 2019)*. Daya dukung dan penurunan dengan metode Mayerhoff 1976. Dari hasil perhitungan diperoleh daya dukung pada pondasi tiang pancang sebesar 61,88 ton dan pondasi tiang bor sebesar 65,02 ton. Penurunan terbesar pada pondasi tiang pancang sebesar 9,68 mm dan pada pondasi tiang bor sebesar 8,48 mm. Dimensi yang digunakan pada tiang pancang yaitu 35 x 35 cm dengan panjang 8 meter dan pada tiang bor yaitu diameter 45 cm dengan panjang 8 meter. Pondasi menggunakan tulangan utama 14D22 untuk tulangan geser menggunakan Ø10 – 150. Tebal pile cap yang direncanakan yaitu 1 m serta menggunakan tulangan atas Ø25 – 150 dan tulangan bawah Ø13 – 200 dengan menggunakan tulangan pasak 5D16. Rencana anggaran biaya untuk pondasi tiang pancang sebesar Rp 6.804.103.615,13 dan pondasi tiang bor sebesar Rp 9.570.667.017,68

Kata kunci : data tanah (SPT); daya dukung; tipe pondasi; penurunan; biaya

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to calculate the load on the structure of the building, calculate the bearing capacity of the foundation, calculate the settlement of the foundation, determine the dimensions of the foundation, calculate the budget plan for the foundation, determine the implementation method, and analyze the comparison of the pile foundation with the drill pile. The data needed is SPT land data, building structure drawing data, and work unit prices for 2019 Malang city. The image data of the building structure was processed using the 3D Robot Structural Analysis Professional 2019 (RSAP 2019) software. Carrying capacity and settlement using the Mayerhoff method 1976. From the calculation results, the bearing capacity of the pile foundation is 61,88 tons and the pile foundation for drilled piles is 65,02 tons. The biggest decrease in pile foundation is 9,68 mm and in drill pile foundation is 8,48 mm. The dimensions used on the pile are 35 x 35 cm with a length of 8 meters and the drill pile is 45 cm in diameter with a length of 8 meters. The foundation uses 14D22 main reinforcement for shear reinforcement using 10 – 150. The planned pile cap thickness is 1 m and uses 25 – 150 top reinforcement and 13 – 200 bottom reinforcement using 5D16 dowel reinforcement. The budget plan for the pile foundation is IDR 6.804.103.615,13 and the drill pile foundation is IDR 9.570.667.017,68

Keywords : soil data(SPT); bearing capacity; pile type; settlement; cost

1. PENDAHULUAN

Gedung Hotel Neo Malang merupakan salah satu Gedung infrastruktur penunjang pariwisata di Kota Malang yang dibangun pada tahun 2019. Rencana pembangunan Gedung

Hotel Neo Malang memiliki luas lahan 1.050 m², luas bangunan ±12.012 m² dan terdiri atas 11 lantai. Konstruksi pondasi pada Gedung Hhotel Neo Malang ini direncanakan

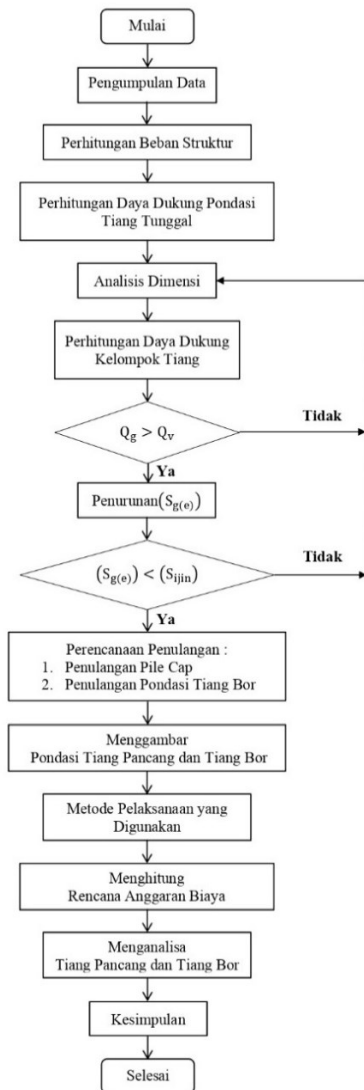
menggunakan pondasi tiang pancang dengan dimensi tiang yaitu *square pile* 35 x 35 cm dengan panjang 9 m.

Pengetahuan yang telah dipelajari mengenai pondasi menjadi latar belakang skripsi ini untuk membandingkan pondasi tiang pancang dengan pondasi tiang bor dari segi dimensi, biaya, maupun metode pelaksanaan.

2. METODE

Penelitian dilakukan di Jl. Ahmad Yani No. 2 Malang, Jawa Timur. Data yang digunakan berupa data sekunder yang didapatkan melalui konsultan perencana pembangunan Gedung Hotel Neo Malang berupa data struktur bangunan atas, dan data tanah SPT.

Untuk memilih pondasi yang paling tepat antara pondasi tiang pancang dan tiang bor, pada penelitian ini ditunjukkan urutan metodologi dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Pondasi

Sebelum melakukan analisa daya dukung pondasi, perlu dilakukan analisa pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa yang kemudian dianalisa dengan bantuan proram *Robot Structural Analysis Program* (RSAP) untuk mempermudah dalam menyediakan data-data untuk perhitungan daya dukung pondasi.

Tahap awal dilakukan perhitungan daya dukung tiang tunggal sebelum diperoleh kuat dukung tiang kelompok. Pile Cap direncanakan bertujuan untuk mengikat dan mempersatukan tiang-tiang pondasi Penurunan total tiang kelompok harus memenuhi syarat aman <30 mm.

Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung ijin pondasi tiang pancang dan tiang bor berdasarkan data pengujian SPT menggunakan rumus dari Mayerhoff (1976) sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dimana :

Q_u = Daya dukung ultimit tiang (kN)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kN)

Q_s = Daya dukung selimut tiang (kN)

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

dengan :

$$q_p = 40 \cdot N_{60} \cdot L/D \leq 400 N_{60}$$

dimana :

A_p = Luas penampang tiang (m²)

N = Nilai rata-rata SPT telah dikoreksi pada jarak 10D diatas tiang dan 4D dibawah tiang

L = Panjang tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

Perhitungan daya dukung pondasi menggunakan perhitungan berdasarkan data N-SPT. Skempton (1983) meneliti pengaruh dari prosedur pengujian SPT terhadap nilai N-SPT yang diperoleh. Disimpulkan bahwa N-SPT harus dikoreksi terhadap cara jatuhnya pemukul, tipe landasan (*anvil*) dan panjang total batang bor.

Skempton menyarankan persamaan untuk mengkoreksi N₆₀ dari lapangan dengan memperhatikan pengaruh prosedur pengujian, diameter lubang bor, dan panjang batang bor.

$$N_{60} = \frac{1}{0,6} E_f C_b C_s C_r N$$

dimana :

N_{60} = N-SPT telah dikoreksi

E_f = Efisiensi pemukul

C_b = Koreksi diameter lubang bor

C_s = Koreksi oleh tipe tabung sampler SPT

C_r = Koreksi untuk panjang batang bor

N = Nilai N-SPT hasil uji di lapangan

Panjang batang bor dan diameter bor diberikan oleh Skempton (1986) dan Kulhawy dan Mayne (1990)

Tabel 1. Efisiensi Pemukul (Ef) (Clayton, 1990)

Negara	Tipe Pemukul	Mekanisme Pelepasan Pemukul	Efisiensi Pemukul
Argentina	Donat	Cathead	0.45
Brasilia	Pin Weight	Dilepas Tangan	0.72
China	Otomatis	Trip	0.60
	Donat	Dilepas Tangan	0.55
	Donat	Cathead	0.50
Columbia	Donat	Cathead	0.50
Jepang	Donat	Tambi Trigger	0.78 - 0.85
	Donat	Cathead 2 Turn + Pelepas Spesial	0.65 - 0.67
Inggris	Otomatis	Trip	0.73
Amerika	Aman	2 Turn On Cathead	0.55 - 0.60
	Donat	2 Turn On Cathead	0.45
Venezuela	Donat	Cathead	0.43

Tabel 2. Faktor koreksi SPT akibat pengaruh lubang bor, tabung sampler dan batang bor (Skempton, 1986)

Faktor	Variasi Alat	Nilai Koreksi
Diameter Lubang Bor (Cb)	65 - 115 Mm	1.00
	150 Mm	1.05
	200 Mm	1.15
Tabung Sampler (Cs)	Tabung Sampler Standar	1.00
	Tabung Sampler Tanpa Liner (Tidak direkomendasikan)	1.20
Panjang Batang Bor (Cr)	3 - 4 M	0.75
	4 - 6 M	0.85
	6 - 10 M	0.95
	> 10 M	1.00

$$Q_s = P \cdot L \cdot f_{av}$$

dimana :

P = Keliling tiang (m²)

f_{av} = Unit tahanan geser

L = Panjang tiang (m)

dengan :

f_{av} = 2N (High Displacement Piles) (kN/m²)

f_{av} = N (Low Displacement Piles) (kN/m²)

Faktor Aman

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit tiang dengan factor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud :

- Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
- Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
- Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.

Maka diambil factor aman sebesar 3, sehingga :

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

dimana :

Q_{all} = Daya dukung ijin tiang (kN)

Q_u = Daya dukung ultimit tiang (kN)

F_s = Faktor aman

Jumlah Tiang pada Kelompok Tiang

Untuk dapat mengetahui jumlah pondasi yang akan digunakan pada kelompok tiang, maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}}$$

dimana :

n = Jumlah pondasi (buah)

Q_v = Beban vertical bangunan (ton)

Q_{all} = Daya dukung ijin tiang (ton)

Jarak Tiang pada Kelompok Tiang

Kelompok tiang tidak hanya terdiri satu tiang, maka harus disusun pada jarak tertentu agar zona tanah tidak terjadi tumpeng tindh. Pada kondisi ini, tekanan total pada titik tertentu akan sama dengan jumlah tekanan yang diakibatkan oleh masing – masing tiang yang besarnya dapat beberapa kali lebih besar dari tekanan akibat tiang tunggal.

Idealnya jarak antar tiang dalam kelompok tiang minimum s = 2,5D dan pada umumnya digunakan jarak antara s = 3D s/d 3,5D. maka diasumsikan sebagai berikut :

$$S = 3 \cdot D$$

dimana :

S = Jarak antar tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi tiang kelompok menggunakan persamaan *Converse-Labarre formula* sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1)m + (m - 1)n'}{90mn'}$$

dimana :

- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- m = Jumlah baris tiang
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- θ = arc tg d/s, dalam derajat
- s = Jarak antara pusat tiang (m)
- d = Diameter tiang (m)

Daya Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas daya dukung izin kelompok tiang menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_{all}$$

dimana :

- Q_g = Daya dukung kelompok tiang (ton)
- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- n = Jumlah tiang dalam kelompok
- Q_{all} = Daya dukung ijin tiang (ton)

Distribusi Beban Kelompok Tiang

Persamaan untuk menghitung tekanan aksial pada masing – masing tiang adalah sebagai berikut :

$$Q_i = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

dimana :

- Q_i = Reaksi tiang atau beban aksial tiang ke-i
- V = Jumlah gaya – gaya vertikal
- x_i, y_i = Jarak searah sumbu x atau sumbu y dari pusat berat kelompok tiang ke setiap tiang
- $\sum x^2$ = Jumlah kuadrat dari jarak tiap – tiap ke pusat kelompok tiang
- e_x, e_y = Eksentrisitas tiang searah sumbu x atau sumbu y
- M_x, M_y = Jumlah momen terhadap sumbu x atau sumbu y

Penurunan Elastik Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan elastic kelompok tiang berdasarkan data SPT menurut Mayerhoff (1976) :

$$S_{g(e)} = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot I}}{\bar{N}}$$

dimana :

- $S_{g(e)}$ = Penurunan elastic kelompok tiang
- $q = \frac{Q_g}{L_g \cdot B_g}$
- L_g = Panjang kelompok tiang
- B_g = Lebar kelompok tiang
- \bar{N} = N-SPT rata rata pada kedalaman B_g dibawah dasar pondasi
- $I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,50$

3. Hasil dan Pembahasan

Daya Dukung Tiang Tunggal

Berikut merupakan hasil dari perhitungan daya dukung tiang tunggal pada masing – masing pondasi :

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Tunggal

Jenis	Dimensi	Q_p (ton)	Q_s (ton)	Q_u (ton)	Q_{all} (ton)
Pancang	Ø0,35 m 8 m	130,12	55,53	185,65	61,88
Bor	Ø0,45 m 8 m	152,39	42,67	195,06	65,02

Jumlah Tiang pada Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan jumlah tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 4. Jumlah Tiang

Jenis	Dimensi	Q_v (ton)	Q_{all} (ton)	n
Pancang	Ø0,35 m 8 m	517,517	61,88	9
Bor	Ø0,45 m 8 m	517,517	65,02	9

Jarak Tiang pada Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan jarak tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 5. Jarak Tiang

Jenis	Dimensi	Asumsi	Jarak (m)
Pancang	Ø0,35 m 8 m	3D	1,05
Bor	Ø0,45 m 8 m	3D	1,35

Efisiensi Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan efisiensi kelompok tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 6. Efisiensi Kelompok Tiang

Jenis	Diameter	Jarak	n	m	E_g
Pancang	Ø0,35 m	1,05	3	3	0,995
Bor	Ø0,45 m	1,35	3	3	0,995

Daya Dukung Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan daya dukung kelompok tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 7. Daya Dukung Kelompok Tiang

Jenis	Q_{all} (ton)	Jarak	n	E_g	Q_g (ton)
Pancang	61,88	1,05	9	0,995	554,265
Bor	65,02	1,35	9	0,995	582,391

Distribusi Beban Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan distribusi beban kelompok tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 8. Distribusi Kelompok Tiang

Jenis	Tiang ke-	Q_p (ton)	Syarat $Q_p < Q_{all}$
Pancang	Q_{p1}	59,65	Memenuhi
	Q_{p2}	58,24	Memenuhi
	Q_{p3}	56,82	Memenuhi
	Q_{p4}	58,92	Memenuhi
	Q_{p5}	57,50	Memenuhi
	Q_{p6}	56,09	Memenuhi
	Q_{p7}	58,18	Memenuhi
	Q_{p8}	56,77	Memenuhi
	Q_{p9}	55,35	Memenuhi
Bor	Q_{p1}	59,01	Memenuhi
	Q_{p2}	58,07	Memenuhi
	Q_{p3}	57,14	Memenuhi
	Q_{p4}	58,44	Memenuhi
	Q_{p5}	57,50	Memenuhi
	Q_{p6}	56,57	Memenuhi
	Q_{p7}	57,87	Memenuhi
	Q_{p8}	56,93	Memenuhi
	Q_{p9}	56,00	Memenuhi

Penurunan Kelompok Tiang

Berikut merupakan hasil dari perhitungan penurunan kelompok tiang pada masing – masing kelompok tiang pondasi :

Tabel 9. Penurunan Kelompok Tiang

Jenis	N	q	I	S_g	Syarat $S_g < S_{g(ijin)}$
Pancang	38,48	0,087	0,875	8,48	Memenuhi
Bor	33,43	0,059	0,875	9,68	Memenuhi

Metode Pelaksanaan

Tiang Pancang

Berikut merupakan metode untuk pelaksanaan pondasi tiang pancang menggunakan alat *hydraulic jack in* :

1. Pengukuran dan marking area ialah menentukan dan melakukan pengukuran titik pemancangan yang sesuai dengan data koordinat dari gambar shop drawing yang dilakukan oleh surveyor dan menggunakan alat total station.
2. Mobilisasi alat berat untuk tiang pancang dengan mempersiapkan jalur untuk memudahkan pada saat proses pemancangan.
3. Penyimpanan tiang pancang harus dilakukan dengan baik agar tidak terjadi kerusakan terhadap material tiang pancang.
4. Mengarahkan alat *Hydraulic Jack In* ke titik pemancangan yang telah ditentukan
5. Mengangkan material tiang pancang ke dalam grip (jepit) pada mesin hydraulic.
6. Tiang pancang akan ditekan secara statis sesuai dengan kedalaman perencanaan

Tiang Bor

Berikut merupakan metode untuk pelaksanaan pondasi tiang bor menggunakan alat *bored mini pile* :

1. Pengukuran dan marking area ialah menentukan dan melakukan pengukuran titik pemancangan yang sesuai dengan data koordinat dari gambar shop drawing yang dilakukan oleh surveyor dengan menggunakan alat total station.
2. Mobilisasi alat berat untuk pengeboran tiang bor dengan mempersiapkan jalur urutan pengeboran untuk memudahkan pada saat proses pengeboran.
3. Ready Mix dipesan sesuai dengan mutu beton yang direncanakan serta dilakukan uji slump sebelum dilakukan pengecoran dengan syarat sesuai dengan standar yang ditetapkan.
4. Perakitan tulangan baja dilakukan sesuai dengan gambar kerja.
5. Pengeboran dilakukan sesuai dengan titik pengeboran sesuai dengan kedalaman yang telah direncanakan.
6. Install tulangan dilakukan setelah pekerjaan pengeboran selesai.
7. Pengecoran dilakukan dengan menggunakan pipa tremi. Volume pengecoran dilakukan sesuai dengan perencanaan.
8. Curing beton dilakukan dengan menyiramkan air diatas permukaan *bored pile* untuk mencegah terjadinya penguapan kandungan air dari beton.

Rencana Anggaran Biaya

Berikut merupakan hasil dari perhitungan rencana anggaran biaya pada masing masing jenis pondasi :

Tiang Pancang**Tabel 10.** RAB Tiang Pancang

No.	Uraian Pekerjaan	Harga
I Pekerjaan Persiapan		
1.	Pengukuran dan Marking Area	Rp 397.188,00
II Pekerjaan Pondasi		
1.	Pemancangan Pondasi	Rp 622.663.564,50
2.	Pembobokan Pondasi	Rp 38.132.190,00
III Pekerjaan Tanah		
1.	Galian Tanah Pile Cap	Rp 4.553.142,00
2.	Pengurugan Pasir Pile Cap	Rp 1.761.394,05
IV Pekerjaan Pembesian		
1.	Pembesian Pile Cap	Rp 4.948.607.311,23
V Pekerjaan Bekisting		
1.	Pemasangan Bekisting Pile Cap	Rp 150.479.969,06
2.	Pembongkaran Bekisting Pile Cap	Rp 102.303,00
VI Pekerjaan Pengecoran		
1.	Pengecoran Pile Cap	Rp 149.914.777,41
Jumlah		Rp 5.916.611.839,25
Overhead 15%		Rp 887.491.775,89
Total		Rp 6.804.103.615,13

Tiang Bor**Tabel 10.** RAB Tiang Bor

No.	Uraian Pekerjaan	Harga
I Pekerjaan Persiapan		
1.	Pengukuran dan Marking Area	Rp 373.824,00
II Pekerjaan Pondasi		
1.	Pengeboran Pondasi	Rp 1.263.193.704,00
2.	Pembobokan Pondasi	Rp 35.889.120,00
III Pekerjaan Tanah		
1.	Galian Tanah Pile Cap	Rp 8.566.335,94
2.	Pengurugan Pasir Pile Cap	Rp 2.727.664,88
IV Pekerjaan Pembesian		
1.	Pembesian Pile Cap	Rp 6.022.006.767,00

2.	Pembesian Pondasi	Rp 561.260.700,00
V Pekerjaan Bekisting		
1.	Pemasangan Bekisting Pile Cap	Rp 146.147.267,75
2.	Pembongkaran Bekisting Pile Cap	Rp 102.303,00
VI Pekerjaan Pengecoran		
1.	Pengecoran Pile Cap	Rp 282.051.459,25
2.	Pengecoran Pondasi	Rp 208.358.875,30
Jumlah		Rp 8.322.319.145,81
Overhead 15%		Rp 1.248.347.871,87
Total		Rp 9.570.667.017,68

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan perhitungan dapat disimpulkan beberapa point sebagai berikut :

1. Daya dukung dari hasil perhitungan didapatkan bahwa tiang pancang pada kolom F2 sebesar 61,88 ton dan untuk tiang bor sebesar 65,02 ton.
2. Dimensi yang digunakan pada pondasi tiang pancang yaitu square pile 35 x 35 cm dengan panjang 8 m dan untuk tiang bor yaitu Ø45 cm dengan panjang 8 m.
3. Jumlah tiang pondasi untuk tiang pancang sebanyak 153 tiang dan untuk tiang bor sebanyak 144 tiang.
4. Metode pelaksanaan yang digunakan untuk tiang pancang yaitu metode pemancangan dengan menggunakan alat berta hydraulic jack in dan untuk tiang bor yaitu metode pengeboran dengan menggunakan alat berat bored pile machine.
5. Rencana anggaran biaya yang digunakan untuk tiang pancang sebesar Rp 6.804.103.615,13 dan untuk tiang bor sebesar Rp 9.570.667.017,68.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widyastuti, Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang (*Spun Pile*) dan Pondasi *Bored Pile* dengan Mutu Sama dari Segi Metode Kerja, Durasi, dan Biaya Pada Jembatan Sumber Waru Proyek Tol Surabaya – Mojokerto Seksi IV (doctoral dissertation, universitas gajah Mada). 2015.
- [2] Setiawan Agus, Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013. Erlangga.2016.
- [3] Novianto Dandung, Buku Ajar Rekayasa Pondasi.Malang,2019.
- [4] Hardiyatmo, Hary Christady. Teknik Fondasi 2 Edisi ke – 4.