

ANALISIS PERBANDINGAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN TIANG BOR PADA GEDUNG KULIAH POLITEKNIK NEGERI MADIUN

Muhammad Musa Al Kadzim¹, Dandung Novianto², Akhmad Suryadi³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: Musakadzim1103@gmail.com¹, dandung.novianto@polinema.ac.id², akhmad.suryadi@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan Pendidikan di daerah kota madiun, Politeknik Negeri Madiun menambah fasilitas pembelajaran berupa Gedung di Ring Road, Kelurahan Winongo, Kecamatan Manguharjo menempati lahan seluas 12.164 m². Dengan latar belakang pembangunan Gedung Kuliah Administrasi Bisnis 2 dan Gedung Jurusan Komputer Akutansi Politeknik Negeri Madiun di Jalan Ring Road Barat, Manguharjo, Sawahan, Winongo Kecamatan Mangharjo Madiun- Jawa Timur, dengan fokus terhadap struktur pondasinya maka disini penulis akan mengambil judul skripsi dengan judul “**Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Tiang Bor pada Gedung Kuliah Politeknik Negeri Madiun**”. Dengan data yang lengkap seperti data pengambilan sampel tanah (Data SPT), Gambar perencanaan, hingga mengetahui kondisi existing. Maka akan mempermudah dan mempercepat perhitungan analisis perbandingan pondasi tiang pada Gedung kuliah Politeknik Negeri Madiun ini. Hasil dari analisis ini menunjukkan bahwa daya dukung tiang tunggal pondasi tiang bor lebih besar daripada daya dukung tiang tunggal taiang pancang (mini pile), Penurunan kedua tiang sudah memenuhi yaitu tidak melebihi penurunan izin sebesar 30 mm. sedangkan pada sisi biaya pondasi Tiang Pancang (Mini Pile) lebih murah daripada Tiang Bor pada perencanaan awal. Dengan selisih biaya Rp. 101,596,856.- lebih murah daripada tiang bor.

Kata kunci : Perbandingan, Pondasi, Penuruna, Biaya

ABSTRACT

Politeknik Negeri Madiun builds the learning building in Ring Road, located at Winongo, Mangunharjo, Madiun. The building was built in the area of 12.164 m². This building is built as Department of Business Administration II building and Department of Accounting Computing building focusing on the foundation structure. Therefore, the study on the comparative analysis on pile foundation using bored pile at Politeknik Negeri madiun learning building was conducted. The complete data are land sampling, the structure photo, and existing condition. The data were used to calculate the comparative analysis on pile foundation using bored pile at Politeknik Negeri Madiun learning building. The result shows that the carrying capacity of a bored pile is stronger than a mini pile. The size of both piles have completed the regulation which states no more than 30 mm. On the other hand, from the cost point of view, the pile foundation (mini pile) is cheaper and more efficient than the bored pile on the first plan. The calculation suggests that the cost difference reaches Rp. 101,596,856.

Keywords : Comparative, Foundation, Settlement, Cost

1. PENDAHULUAN

Pendidikan di kota madiun semakin tahun semakin tinggi peminatnya, salah satunya peminat yang berkeinginan kuliah di Politeknik Negeri Madiun. Oleh karena itu, maka Politeknik Negeri Madiun menambah fasilitas gedung agar mencukupi para peminatnya yang datang dari dalam dan luar kota Madiun. Pembangunan gedung yang penulis jadikan

obyek pembahasan adalah Gedung Kuliah Pembangunan Gedung Administrasi Bisnis 2 dan Gedung Jurusan Komputer Akutansi yang tepatnya terletak di kampus 2 Winongo-Madiun. Pada keadaan asli bangunan ini pondasi Gedung Kuliah Administrasi Bisnis 2 dan Gedung Jurusan Komputer Akutansi Politeknik Negeri madiun menggunakan pondasi Tiang Bor, Disini penulis akan mencoba

merencanakan ulang dengan metode Tiang Pancang (Mini Pile) dan menghitung kembali dengan Metode Tiang Bor untuk membandingkan pondasi mana yang lebih aman, kuat, ramah lingkungan dan efisien. Pemilihan mini pile sendiri dikarenakan daerah sekitar sudah berdiri bangunan Gedung dan pemukiman warga sekitar daerah Winongo Madiun. Dengan latar belakang pembangunan Gedung Kuliah Administrasi Bisnis 2 dan Gedung Jurusan Komputer Akutansi Politeknik Negeri Madiun di Jalan Ring Road Barat, Mangharjo, Sawahan, Winongo Kecamatan Mangharjo Madiun- Jawa Timur, dengan fokus terhadap struktur pondasinya maka disini penulis akan mengambil judul skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan Pondasi Tiang Pancang dengan Tiang Bor pada Gedung Kuliah Politeknik Negeri Madiun”.

2. METODE

Daya Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas beban ulimit (batas/maksimum) pada tiang (Qu) = tahanan ujung bawah ultimit (Qp) + tahanan gesek ultimit (Qs) antara dinding dan tanah:

$$Qu = Qp + Qs \tag{1}$$

$$Q_{all} = Qu/SF \tag{2}$$

dimana:

- Qu = Daya dukung tiang ultimit
- Qp = Daya dukung ujung tiang
- Qs = Daya dukung gesekan selimut tiang
- Qall = Daya dukung tiang ijin
- SF = Faktor keamanan

Daya Dukung Tiang Bor

Kapasitas dukung ultimit (Qu) menurut Mayerhof dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Qp = 40 \cdot Nb' \cdot Ab \tag{3}$$

$$Qs = 0,1 \cdot \bar{N}' \cdot l \cdot k \tag{4}$$

dimana :

- Qp = Kapasitas dukung ultimit ujung tiang (ton)
- Qs = Tahanan gesek selimut tiang (ton)
- Ab = luas penampang tiang bor (m²)
- k = Keliling tiang (m)
- l = Panjang tiang (m)
- \bar{N}' = Nilai rata-rata NSPT terkoreksi sepanjang tiang
- Nb' = Nilai N-SPT terkoreksi ujung bawah tiang

Daya Dukung Tiang Pancang

Kapasitas dukung ultimit pada ujung (Qp) tiang bor merupakan fungsi dan tahan ujung ultimit per satuan luas (qp) dan luas penampang (Ap), dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis sebagai berikut:

$$Qp = qp \times Ap \tag{5}$$

dimana :

- Qp = Kapasitas dukung ultimit ujung tiang (ton)
- qp = Tahanan ujung ultimit per satuan luas (t/m²)
- Ap = Luas penampang tiang bor (m²)

Mayerhof (1976) mengemukakan harga rata-rata satuan perlawanan geser (fav) dengan rata-rata Standart Penetration Test (N-SPT), Tiang pancang dengan perpindahan besar (*high-displacement driven pile*):

$$fav (kN/m^2) = \bar{N} \tag{6}$$

dimana:

$$\bar{N} = \text{nilai } N - \text{SPT rata - rata sepanjang tiang}$$

sehingga:

$$Qs = p \cdot L \cdot fav$$

Penentuan Jumlah Kelompok Tiang

Jumlah tiang pondasi yang dibutuhkan pada setiap kolom dapat dihitung berdasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin :

$$n = \frac{Q_v}{Q_{all}} \tag{7}$$

dimana:

- n = jumlah tiang
- Qv = beban vertikal yang bekerja

Efisiensi Kelompok Tiang

Perumusan efisiensi menggunakan persamaan *Converse - Labarre formula* sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \tag{8}$$

dimana:

- Eg = Efisiensi kelompok tiang
- M = efisiensi kelompok tiang
- n' = jumlah baris tiang
- θ = jumlah tiang dalam satuan baris
- S = arc tg d/s , dalam derajat (m)
- D = diameter tiang (m)

Kapasitas dukung ultimit kelompok tiang dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u \tag{9}$$

dimana :

- n = jumlah tiang dalam kelompok

Distribusi Beban Pada Tiang

Jika beban luar bekerja pada kelompok tiang adalah beban vertical sentries, maka beban yang bekerja pada setiap tiang adalah:

$$Q_p = \frac{Q_v}{n} + \frac{Myx}{\Sigma(x^2)} + \frac{Mxy}{\Sigma(y^2)} \tag{10}$$

dimana:

- n = jumlah tiang dalam kelompok tiang
- Qp = beban tiang tunggal
- Qv = beban total vertical

Myx = Momen yx
 Mxy = Momen xy
 x = Jarak antar tiang sumbu x
 y = Jarak antar tiang sumbu y

Penurunan Pondasi

Mayerhof (1976) memberikan rumus tentang penurunan elastik kelompok tiang sebagai berikut:
 dimana:

$$Sg = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{Bg \cdot l}}{\bar{N}} \quad (11)$$

dimana:

Sg(e) = penurunan elastik kelompok tiang (mm)
 q = $Qg / (Lg \times Bg)$
 Lg = panjang kelompok tiang
 Bg = lebar kelompok tiang
 \bar{N} = N-SPT (standart penetration test) rata-rata pada kedalaman Bg di bawah dasar fondasi
 I = faktor pengaruh

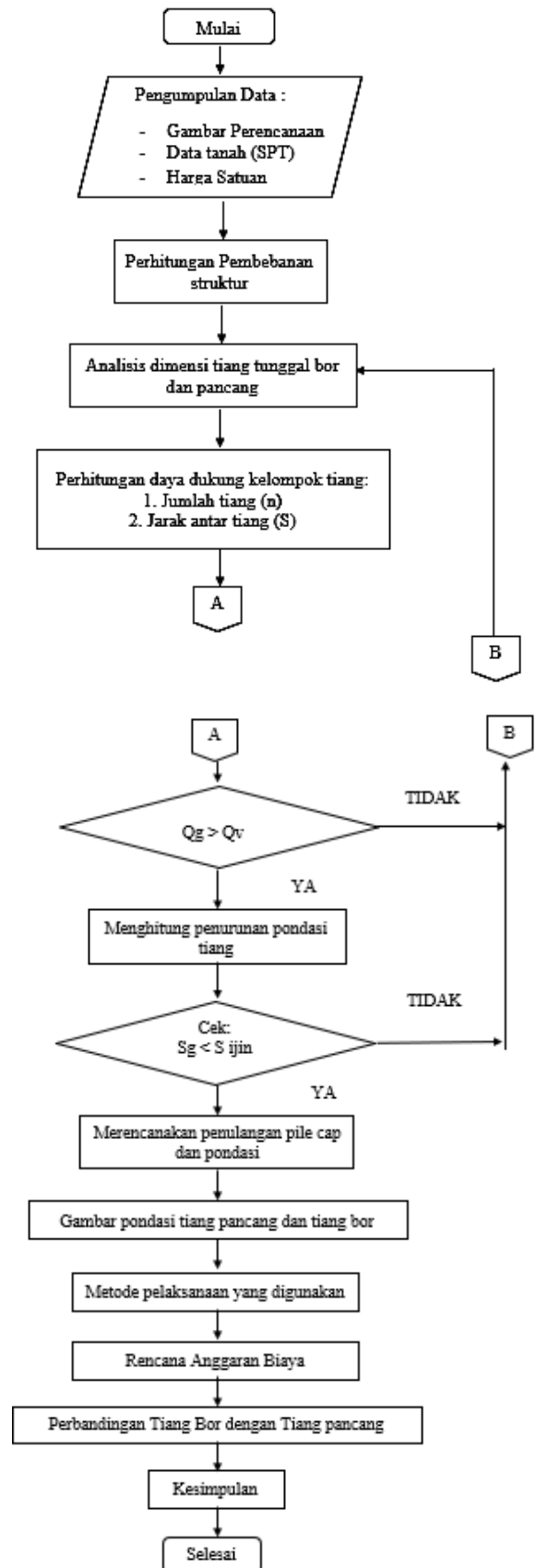
Pile Cap

Guna menyatukan tiang yang jumlahnya lebih dari satu itu, maka diperlukan suatu struktur *pile cap* yang fungsinya untuk mendistribusikan beban dari kolom ke masing-masing tiang. Perhitungan momen lentur dan gaya geser pada *pile cap* didasarkan pada asumsi bahwa reaksi dari masing-masing tiang terpusat pada pusat berat penampang tiang pancang (SNI 2847:2013 Pasal 15.2.3). Ketebalan minimum dari sebuah *pile cap* ditentukan sebesar 300 mm sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 15.7. Untuk dapat mentransfer beban dengan ke lapisan tanah, maka jarak antar tiang pancang dibatasi minimal sebesar 3 kali diameter tiang pancang.

Metode Pelaksanaan

Setiap proyek konstruksi selalu membutuhkan sumberdaya proyek sebagai komponen input dalam proses konstruksi. Ada lima sumber daya proyek yaitu Man, Material, Methode, Machine, Money. Pemilihan metode konstruksi yang tepat akan menghasilkan keuntungan efisiensi proses konstruksi berupa keuntungan finansial. Metode pelaksanaan pada analisis ini akan dibahas dalam dua point, yaitu metode pelaksanaan tiang bor dan metode pelaksanaan tiang pancang (mini pile). Dengan mengetahui metode yang digunakan maka akan muncul rencana anggaran biaya dari tiap metode dan akan menghasilkan kesimpulan pada penulisan tugas akhir (skripsi) ini.

Diagram Alir Perencanaan



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Perbandingan Pondasi
 Sumber: analisis data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Dimensi Tiang Tunggal

a. Penentuan dimensi tiang

Menentukan dimensi tiang pancang dan tiang bor, tiang pancang menggunakan persegi sedangkan tiang bor menggunakan lingkaran.

Tabel 1. Penentuan dimensi tiang

Tipe tiang	diameter tiang (m)	Ap (m ²)	P(keliling) (m)	Kedalaman (m)
pancang	0.35	0.123	1.400	6
bor	0.4	0.126	1.256	7

Sumber: Hasil Analisis

b. Daya dukung tiang tunggal

Berikut Perhitungan daya dukung tiang bor:

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= 1550.40 \times 0.126 \\
 &= 194.73 \text{ ton} \\
 Q_s &= f \cdot L_p \cdot p \\
 &= 2.32 \times 7 \times 1.256 \\
 &= 20.40 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 194.73 + 20.40 \\
 &= 215.13 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai Q_{all} :

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= Q_u / 3 \\
 &= 215.13 / 3 \\
 &= 71.71 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Berikut Perhitungan daya dukung tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 Q_p &= q_p \times A_p \\
 &= 1224 \times 0.123 \\
 &= 149.94 \text{ ton} \\
 Q_s &= f \cdot L_p \cdot p \\
 &= 3.60 \times 6 \times 1.40 \\
 &= 30.27 \text{ ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 149.94 + 30.27 \\
 &= 180.21 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai Q_{all} :

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= Q_u / 3 \\
 &= 180.21 / 3 \\
 &= 60.07 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Daya Dukung Tiang Tunggal

Tipe tiang	Qp(ton)	Qs(ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
pancang	149.94	30.27	180.21	60.07
bor	190.73	20.40	215.13	71.71

Sumber: Hasil Analisis

c. Penentuan jumlah tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang dibutuhkan dalam setiap kolom dihitung dengan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin:

$$\begin{aligned}
 n &= Q_{all} / Q_u \text{ (diambil dari zona 1 tiang pancang)} \\
 &= \frac{272.27}{60.07} \\
 &= 4.53 \cong 5
 \end{aligned}$$

Tabel 3. Jumlah Tiang

Zona tiang	Tipe tiang	Qv (ton)	Qall (ton)	n	n (pembulatan)
zona 1	pancang	272.28	60.07	4.53	5
	bor	272.28	71.71	3.80	4
zona 2	pancang	227.76	60.07	3.79	4
	bor	227.76	71.71	3.18	4
zona 3	pancang	87.13	60.07	1.45	2
	bor	87.13	71.71	1.22	2

Sumber: Hasil Analisis

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

a. Efisiensi Kelompok Tiang

Perumusan efisiensi menggunakan persamaan *Converse – Labarre formula*, Contoh perhitungan diambil zona 1 tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 \theta &= \arctan \frac{0.35}{3 \times 0.35} \\
 &= 0.322 \\
 E_g &= 1 - 0.322 \frac{(2-1)^3 + (3-1)^2}{90 \times 3 \times 2} \\
 &= 0.966
 \end{aligned}$$

b. Kapasitas Dukung Ultimit Kelompok Tiang

Contoh perhitungan diambil dari zona 1 tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 Q_g &= E_g \times n \times Q_{all} \\
 &= 0.966 \times 5 \times 60.07 \\
 &= 298.28 \text{ ton} \geq 272.28 \text{ ton OK!!!}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Kapasitas Dukung Ultimit Kelompok Tiang

Zona tiang	Tipe tiang	Eg	n	Qg (ton)	Qv (ton)	Qg > Qv
zona 1	pancang	0.99	5	298.92	272.28	OK
	bor	0.99	4	285.82	272.28	OK
zona 2	pancang	0.99	4	239.43	227.76	OK
	bor	0.99	4	285.82	227.76	OK
zona 3	pancang	0.99	2	119.93	87.13	OK
	bor	0.99	2	143.17	87.13	OK

Sumber: Hasil Analisis

c. Distribusi Beban Pada Tiang

Jika beban luar bekerja pada kelompok tiang adalah beban vertical sentries, maka beban yang bekerja pada setiap tiang adalah:

Contoh perhitungan diambil dari zona 1 tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 Qp &= \frac{Q_v}{n} + \frac{MyX}{\Sigma(X^2)} + \frac{MxY}{\Sigma(Y^2)} \\
 &= \frac{272.28}{5} + \frac{0.006 \times 742.5}{4 \times 742.5^2} + \frac{49.18 \times 742.5}{4 \times 742.5^2} \\
 &= 54.47 < Q_{all} \\
 &= 54.47 < 60.07 \text{ OK!!!}
 \end{aligned}$$

Penurunan

Mayerhof (1976) memberikan rumus tentang penurunan elastik kelompok tiang sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_{g(e)} &= \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{B_g \cdot l}}{N} \\
 &= \frac{0,92 \times q \times \sqrt{B_g \cdot l}}{N} \\
 &= \frac{0,92 \times 870,59 \times \sqrt{1,835 \times 0,58}}{47,5} \\
 &= 17,382 \text{ mm} < 30 \text{ mm OK!!!}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Data Pendukung Perhitungan Penurunan

Zona tiang	Tipe tiang	0.92	n	Lg (m)	Bg (m)
zona 1	pancang	0.92	5	1.835	1.83
	bor	0.92	4	1.6	1.6
zona 2	pancang	0.92	4	1.4	1.4
	bor	0.92	4	1.6	1.6
zona 3	pancang	0.92	2	1.4	0.35
	bor	0.92	2	1.6	0.4

Zona tiang	Tipe tiang	q (Ton/m ²)	l	Sg (mm)	Sg ijin (mm)
zona 1	pancang	88.77	0.58	17.38	30
	bor	111.64	0.68	22.12	30
zona 2	pancang	122.15	0.76	23.85	30
	bor	111.64	0.68	22.12	30
zona 3	pancang	244.75	0.94	26.64	30
	bor	223.69	0.92	25.77	30

Sumber: Hasil Analisis

Metode Pelaksanaan

Metode Tiang Bor

Berikut metode pelaksanaan pondasi tiang bor:

- Mengatur alat bor pada titik-titik bored pile sesuai dengan gambar rencana dan memberikan tanda pada titik. Alat bor harus diperiksa kelurusan vertikalitasnya.
- Pengeboran dilakukan sesuai dengan gambar, dari mulai jumlah lubang sampai kedalaman yang ditentukan.
- Merangkai tulangan pondasi bored pile sesuai dengan gambar rencana. Baja tulangan yang digunakan harus terhindar dari kotoran dan minyak yang dapat mengurangi daya lekatnya.
- Pemberian beton decking pada setiap sisi tulangan untuk menjaga agar posisi tulangan tidak menyentuh tanah yang memudahkan korosif terjadi pada tulangan tersebut.
- Memasukkan tulangan yang telah dirangkai kedalam lubang yang tersedia, Pengangkatan dan peletakan tulangan bisa menggunakan katrol yang telah disetting berdiri tegak di atas lubang.
- Pengecoran dilakukan dengan menggunakan pipa tremi agar kualitas beton terjaga tidak terjadi perpisahan agregat yang tidak diinginkan.

Metode Tiang Pancang

Berikut Metode Tiang Pancang:

- Maring dan Setting out titik-titik pemancangan seperti pada Shop Drawing. Persiapan tersebut dilakukan untuk membuat pekerjaan pemancangan tepat pada saat setting alat pancang hingga pemancangan tiang.
- Menempatkan material tiang disesuaikan dengan titik tiang pancang Shop Drawing. Peletakkan diusahakan sesuai urutan pemancangan agar tidak mengganggu akomodasi alat pemancangan.
- Setting alat pemancangan.
- Mengangkat mini pile yang sudah siap untuk diletakkan pada clamping box dengan menggunakan bantuan alat berat seperti mobile crane apabila tidak tersedia service crane. Lalu memasang kabel dari mesin crane untuk diangkat dan dipasangkan pada mesin clamp box.
- Setelah proses pemancangan selesai kemudian dilanjutkan dengan pemecahan kepala tiang bor secara manual menggunakan hammer sampai elevasi dasar pile cap.

4. KESIMPULAN

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

- Perhitungan pembebanan struktur atas Gedung kuliah Politeknik Negeri Madiun menggunakan STAAD.Pro Software. Beban yang diambil dari perhitungan dari 3 zona yang sudah ditentukan beban terbesar yaitu 272.28 ton (Zona 1), 227.76 ton (Zona 2), 87.13 ton (Zona 3).
- Dari Perhitungan daya dukung pondasi tiang diatas, didapatkan nilai daya dukung tiang pancang sebesar 60.07 ton dengan Panjang sisi persegi tiang pancang

- 35x35 cm² sedangkan daya dukung pondasi tiang bor sebesar 71.71 ton, dengan diameter tiang bor 40 cm.
- c) Penurunan yang terjadi pada setiap kelompok grup tiang sudah memenuhi dengan tidak melebihi penurunan izin sebesar 30 mm.
 - d) Metode pelaksanaan pemancangan mini pile menggunakan alat drop hammer, sedangkan pengeboran untuk tiang bor menggunakan alat drilling rill menggunakan diameter 40 cm dengan pengecoran menggunakan ready mix dan concrete pump. Untuk memasukkan cor dari concrete pump menggunakan pipa tremi.
 - e) Setelah melakukan perhitungan daya dukung tanah hingga membuat metode pelaksanaan maka dapat dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya pada setiap metode pondasi tiang, di simpulkan bahwa biaya dari pondasi tiang pancang (mini pile) lebih murah Rp. 101,596,856.- dengan selisih biaya sebesar Rp. 101,596,856 (seratus satu juta lima ratus sembilan puluh enam delapan ratus lima puluh enam rupiah) , maka diambil metode yang digunakan ialah pondasi tiang pancang (mini pile).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Novianto, Dandung. 2019. *Buku Ajar Rekayasa Pondasi*. Malang. Politeknik Negeri Malang
- [2] Ratnaningsih, Dwi 2012. *Modul Ajar Mekanika Tanah I*. Malang. Politeknik Negeri Malang
- [3] Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2013*. Erlangga
- [4] Hardiyatmo, Hary Christady. *Teknik Fondasi 2 Edisi ke - 4*
- [5] Anonim (2019). SNI-1726-2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk bangunan gedung*. Badan Standard Nasional
- [6] Randyanto, Eko Seftian., Sumampouw, Josef. E.R., & Balamba, Sjachrul. 2015. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Statik dan Calendring Studi Kasus : Proyek Pembangunan Manado Town Square 3. *Jurnal Sipil Statik*, 3, 631-643
- [7] Afriyanto, Arif 2017. "Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya". Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya