

PERENCANAAN ULANG PONDASI PADA PROYEK GEDUNG INSPEKTORAT JAWA TIMUR KABUPATEN SIDOARJO

Muhammad Chofi Irnawan¹, Moch. Sholeh², Moh. Zenurianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
chofiharus@gmail.com¹, moch.sholeh@polinema.ac.id², mzen@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Gedung Inspektorat Jawa Timur Kabupaten Sidoarjo merupakan gedung pemerintah 5 lantai dengan panjang 71,50 m, lebar 26,00 m, dan ketinggian 23,00 m yang menggunakan konstruksi beton bertulang. Tujuan dari studi ini adalah menghitung daya dukung aksial pondasi tiang bor berdasarkan Standart Penetration Test (SPT) dengan menggunakan Metode *Lucciano Decourt* (1982), dan Metode *Reese & Wright* (1977), penurunan kelompok pondasi tiang, serta Rencana Anggaran biaya dengan menggunakan harga satuan pekerjaan Kab Sidoarjo tahun 2021. Hasil perhitungan kapasitas dukung aksial izin tiang tunggal pada kedalaman 47,5 m dan diameter 0,6 m Metode *Reese & Wright* (1977) dan Metode *Lucciano Decourt* (1982) diperoleh Q_{all} masing - masing sebesar 87,62 Ton dan 73,33 Ton. Sedangkan perhitungan kapasitas dukung aksial izin kelompok tiang dengan jumlah 4 tiang per grup dengan Metode *Reese & Wright* (1977) dan Metode *Lucciano Decourt* (1982) diperoleh Q_{all} masing - masing sebesar 278,681 Ton dan 233,238 Ton. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang sebesar 116,74 mm. Serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan senilai Rp. 9.075.314.985,46.

Kata kunci : Tiang Bor, Daya Dukung Aksial, Penurunan, RAB

ABSTRACT

The East Java Inspectorate Building, Sidoarjo Regency is a 5 stories government building with a length of 71,50 m, a width of 26,00 m, and a height of 23,00 m using reinforced concrete construction. The purpose of this study is to calculate the axial bearing capacity of the drill pile foundation based on the Standard Penetration Test (SPT) using the Lucciano Decourt Method (1982), and the Reese & Wright Method (1977), the settlement of pile foundation groups, and the Budget Plan using sidoarjo regency unit price in 2021. The allowable axial bearing capacity calculation result of the single pile at a depth of 47,5 m and a diameter of 0,6 m Reese & Wright Method (1977) and Lucciano Decourt Method (1982) Q_{all} is 87,62 tons and 73,33 Tons. While the allowable axial bearing capacity calculation result of the pile group with a total of 4 piles each group using Reese & Wright Method (1977) and Lucciano Decourt Method (1982) Q_{all} is 278,681 Tons and 233,238 Tons. The settlement that occurred in the pile group is 116.74 mm. And the budget plan (RAB) is Rp. 9,075,314,985.46.

Keywords : Bored Pile, Axial Bearing Capacity, Settlement, Budget Plan

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan konstruksi terdapat 2 macam perencanaan yaitu perencanaan struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*lower structure*). Struktur atas merupakan suatu komponen dari bangunan yang berada di atas tanah seperti kolom, balok, plat, tangga, *shear wall* dan lain-lain. Struktur bawah merupakan komponen dari suatu bangunan yang berada di bawah permukaan tanah seperti pondasi.

Gedung Inspektorat Jawa Timur Kabupaten Sidoarjo merupakan pembangunan gedung baru yang menggunakan struktur bawah pondasi tiang pancang pracetak dengan diameter 0,45 m dan kedalaman 47,5 m serta *spun pile* dengan panjang 45 m. kerugian yang ditimbulkan dari penggunaan antara lain :

1. Kondisi *layout* eksisting berada di posisi tikungan yang relatif sempit sehingga terjadi kesulitan pada saat

mobilisaasi dan demobilisasi alat berat serta penyimpanan *spun pile*

2. Terdapat banyak kabel dengan ketinggian rendah di sekitar proyek
3. Proses pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran, dan deformasi tanah yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan di sekitarnya
4. Pemancangan sulit dilakukan apabila diameter yang digunakan terlalu besar
5. Kepala tiang kadang-kadang pecah akibat proses pemukulan tiang
6. Terjadi proses kenaikan permukaan tanah akibat desakan tanah oleh tiang pancang
7. Banyaknya tulangan dipengaruhi oleh tegangan yang terjadi pada saat pemancangan tiang

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka penulis melakukan perencanaan ulang pondasi dengan menggunakan tiang bor dengan alasan sebagai berikut :

1. Mengetahui daya dukung tiang bor dengan daya dukung eksisting
2. Tidak memerlukan area yang cukup luas pada saat pekerjaan pengecoran pondasi
3. Pada saat pelaksanaan pekerjaan tidak menimbulkan efek getaran dan suara yang berbahaya pada kondisi bangunan di lingkungan sekitar
4. Mengurangi kebutuhan volume beton dan tulangan *dowel* pada *pile cap*
5. Tidak menimbulkan resiko kenaikan dan penggembungan tanah akibat perpindahan tanah yang relatif besar
6. Daya dukung tanah yang dihasilkan dari pengujian SPT dapat dicocokkan dengan data dari pengujian laboratorium
7. Mudah untuk dikerjakan pada berbagai jenis tanah, mulai dari tanah kerikil, gambut, lempung serta mampu untuk menembus batuan.
8. Tidak terpengaruh oleh perubahan konstruksi yang ada di lapangan, baik ukuran diameter maupun kedalaman tiang bor.

2. METODE

Adapun rencana yang digunakan pada tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan lokasi penelitian yang akan dilakukan yaitu proyek Gedung Inspektorat Jawa Timur
- b. Mengumpulkan data sekunder yaitu *Soil Test Report* berupa pengujian SPT dan laboratorium
- c. Menganalisis gedung dengan menggunakan *Software Etabs V.19.1* sesuai dengan SNI 1727-2020 tentang

beban desain minimum dan SNI 1726-2019 tentang perencanaan gedung tahan gempa

- d. Menghitung daya dukung ultimate berdasarkan hasil pengujian SPT
- e. Menganalisis kapasitas dukung kelompok tiang
- f. Menganalisis dimensi *pile cap*
- g. Melakukan kontrol geser dan lentur *pile cap*
- h. Menganalisis penurunan kelompok tiang
- i. Menghitung *Bill of Quantity* pekerjaan pondasi dan *pile cap*
- j. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan pondasi dan *pile cap*

Pembebanan

Menurut (PPIUG,1983) Beban merupakan sekelompok gaya yang bekerja pada permukaan struktur yang terdiri dari beban mati atau beban struktural maupun beban hidup yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia.

Analisis Struktur

Metode perhitungan struktur dengan menggunakan program *Etabs V.19.1.0*. Dalam penggunaannya dilakukan pemodelan 3D kemudian input beban mati dan beban hidup berdasarkan SNI 1727-2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung. Serta input parameter gempa berdasarkan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.

Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

Menurut (Hardiyatmo, 2008) daya dukung pondasi tiang adalah tahanan geser tanah terhadap perlawanan penurunan akibat pembebanan. Formula daya dukung pondasi tiang bor adalah sebagai berikut :

- a. Metode *Reese & Wright* (1977)

- Tanah Kohesif

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

- Tanah Non Kohesif

Untuk SPT > 60

$$Q_p = \frac{40}{0,3048^2} \times A_p$$

Untuk SPT ≤ 60

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N_{SPT} \times A_p$$

Untuk SPT < 53

$$Q_s = 0,32 \times N_{60} \times p \times \Delta l$$

Untuk SPT ≥ 53

$$Q_s = \left(\frac{N_{60} - 53}{450} \right) \times \frac{1}{0,3048^2} \times p \times \Delta l$$

Dengan :

- Q_p : kapasitas dukung ujung tiang (ton)
- Q_s : daya dukung ultimate selimut tiang (ton)
- q_p : tahanan ujung per satuan luas (ton/m²)
- A_p : luas penampang ujung tiang (m²)
- C_u : kohesi tanah (ton/m²)
- α : faktor adhesi tiang bor menurut Reese & Wright
- Δl : tebal lapisan tanah yang bergesekan (m)
- P : keliling penampang tiang (m)
- N₆₀ : nilai NSPT tanah koreksi terhadap pengujian

Formula daya dukung pondasi tiang bor berdasarkan metode Lucciano Decourt (1982) adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \alpha \cdot N_p \cdot K \cdot A_p$$

$$Q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s$$

Dengan :

- Q_p : Kapasitas dukung ujung tiang (ton)
- NP : Rata - rata nilai SPT 8D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang
- D : Diameter Pondasi (m)
- K : Koefisien tanah untuk Metode Lucciano Decourt (ton/m²)
- A_p : Luas penampang ujung tiang (m²)
- Q_s : Kapasitas dukung selimut (ton)
- q_s : Tahanan selimut persatuan luas (ton/m²)
- N_s : Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang yang telah dikoreksi
- A_s : Keliling penampang tiang bor (m)

Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut hardiyatmo (2020) ^[1] perhitungan efisiensi kelompok tiang yang disarankan oleh Converse-Labbarre adalah sebagai berikut :

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

Dengan :

- E_g : Efisiensi kelompok tiang
- m : Jumlah baris tiang
- n' : Jumlah tiang dalam satu baris
- Θ : Arc tan d/s dalam derajat (°)
- s : Jarak antar tiang (m)
- d : Diameter tiang (m)

Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

Dengan :

- Q_g : kapasitas dukung kelompok tiang (ton)
- E_g : efisiensi kelompok tiang (ton)
- Q_u : kapasitas dukung tiang tunggal (ton)

Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang adalah sebagai berikut :

- Penurunan Seketika

Menurut Braja & Nagratnam (2017) ^[2] penurunan segera atau penurunan elastis dari kelompok pondasi tiang merupakan akibat dari terjadinya perubahan kadar air. Persamaan penurunan seketika adalah sebagai berikut :

$$S_g = \frac{0,92 \cdot q \cdot \sqrt{Bg \cdot I}}{N_{SPT}}$$

$$q = \frac{Q_v}{Lg \cdot Bg}$$

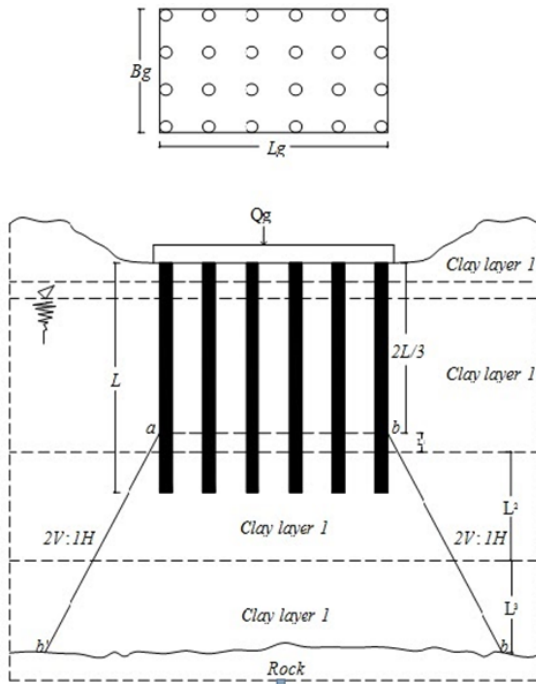
$$I = 1 - \frac{Lg}{8 \cdot Bg} \geq 0,5$$

Dengan :

- S_{g(e)} : Penurunan elastik kelompok tiang (mm)
- L_g : Panjang kelompok tiang (mm)
- B_g : Lebar kelompok tiang (mm)
- \overline{N}_{SPT} : Nilai rata-rata NSPT pada kedalaman B_g dibawah pondasi
- I : Faktor Pengaruh

- Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi atau penurunan jangka Panjang merupakan karena penurunan Sebagian air pori yang berlangsung secara terus-menerus hingga nilai tekanan air pori yang disebabkan oleh peningkatan total sampai benar-benar hilang. Persamaan penurunan konsolidasi adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Penurunan Konsolidasi

Dengan :

- Δp : Penambahan tegangan pada tengah-tengah lapisan-i
- Q_g : Daya dukung kelompok tiang
- L_g : Panjang kelompok tiang
- B_g : Lebar kelompok tiang
- Z : jarak dari $z = 0$ hingga tengah - tengah lapisan ke-i
- Δs_i : Penurunan total konsolidasi pada lapisan ke-i (mm)
- H_i : Tebal lapisan ke-i
- C_c : Koefisien konsolidasi
- e_o : angka pori awal

• Penurunan Izin

Penurunan izin kelompok tiang menurut SNI 8640-2017^[3] adalah sebagai berikut :

$$S_{izin} = 15 + \frac{B_g}{600}$$

Dengan :

- B_g : Lebar terpendek (cm)
- S_{izin} : Penurunan izin (cm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis perhitungan *base reaction* kombinasi beban ASD dan LRFD dengan menggunakan *Software Etabs v.19.1.0* adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Base Reaction

	ASD	LRFD
Joint	161	
Fx (kN)	2,3546	4,1589
Fy (kN)	8,2322	11,4946

	ASD	LRFD
Fz (kN)	2684,352	3491,49
Mx (kNm)	-5,9295	-10,3529
My (kNm)	26,7714	37,1401

A. Kapasitas Dukung Tiang Metode Reese & Wright (1977)

1) Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Perhitungan kapasitas dukung ujung pada kedalaman tiang 47,5 m dengan jenis tanah pasir adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N_{SPT} \times A_p$$

$$= \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times 49 \times 0,283 = 99,42 \text{ ton}$$

2) Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Perhitungan kapasitas dukung selimut tiang pada kedalaman tiang 47,5 m adalah sebagai berikut :

a) Tanah non kohesif (kedalaman 0,5 – 1,0 m)

$$Q_s = 0,32 \times N_{60} \times p \times \Delta l$$

$$= 0,32 \times 2 \times (3,14 \times 0,6) \times 0,5$$

$$= 0,60 \text{ ton}$$

b) Tanah kohesif (kedalaman 1,0 – 1,5 m)

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

$$= 1,33 \times 0,55 \times (3,14 \times 0,6) \times 0,5$$

$$= 0,69 \text{ ton}$$

$$Q_{s \text{ kum}} = 194,38 \text{ ton}$$

3) Kapasitas dukung ultimate tiang (Q_{ult})

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s - W_p$$

$$= 99,42 + 194,38 = 262,85 \text{ ton}$$

4) Kapasitas dukung izin tiang (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{3}$$

$$= \frac{262,85}{3} = 87,62 \text{ ton}$$

B. Kapasitas Dukung Tiang Metode Lucciano Decourt (1982)

1) Kapasitas dukung ujung tiang (Q_p)

Perhitungan kapasitas dukung ujung pada kedalaman tiang 47,5 m dengan jenis tanah pasir adalah sebagai berikut :

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_p$$

$$= 0,50 \times 33,0 \times 25 \times 0,283 = 116,63 \text{ ton}$$

2) Kapasitas dukung selimut tiang (Q_s)

Perhitungan kapasitas dukung selimut tiang pada kedalaman tiang 47,5 m adalah sebagai berikut :

$$Q_s = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s$$

$$= 0,50 \times \left(\frac{6,0}{3} + 1 \right) \times 89,54$$

$$= 134,30 \text{ Ton}$$

3) Kapasitas dukung ultimate tiang (Q_{ult})

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$= 116,63 + 134,30 - (2,4 \times 0,283 \times 45,5)$$

$$= 219,99 \text{ ton}$$

4) Kapasitas dukung izin tiang (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{3} = \frac{219,99}{3} = 73,33 \text{ ton}$$

C. Efisiensi kelompok tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang dengan menggunakan formula *Converse – Labarre* adalah sebagai berikut :

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

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{s} = \tan^{-1} \frac{0,6}{1,8} = 18,435^\circ$$

sehingga

$$E_g = 1 - 18,435 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,795$$

D. Kapasitas izin kelompok tiang

Perhitungan kapasitas izin kelompok tiang dengan menggunakan efisiensi adalah sebagai berikut :

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

$$= 0,795 \times 4 \times 87,62 = 278,681 \text{ ton}$$

E. Penurunan

1) Penurunan segera

Perhitungan penurunan segera pada alternatif desain pondasi tiang bor adalah sebagai berikut :

$$I = 1 - \frac{L_g}{8 \cdot B_g} \geq 0,5$$

$$= 1 - \frac{3}{8 \times 3} \geq 0,5$$

$$= 0,875 \geq 0,5$$

$$q = \frac{2684,352}{3,0 \times 3,0} = 298,261 \text{ kN/m}^2$$

$$S_g = \frac{0,92 \times 298,261 \times \sqrt{3,0} \times 0,875}{49} = 8,487 \text{ mm}$$

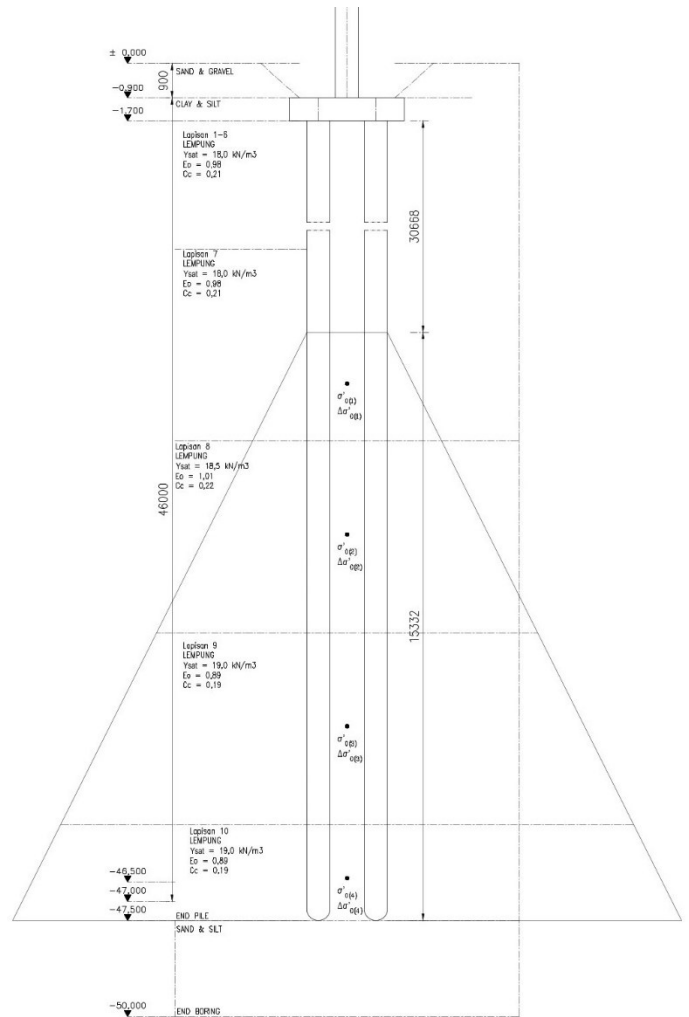
2) Penurunan konsolidasi

Perhitungan penurunan konsolidasi pada alternatif desain pondasi tiang bor adalah sebagai berikut :

Tabel 2 Parameter Tanah

Kedalaman (m)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{eff} (kN/m ³)	e_0	C_c
0 – 5	16,5	6,69	1,34	0,35
5 – 10	14,2	4,39	2,76	0,35
10 – 15	16,5	6,69	1,62	0,40
15 – 20	17,0	7,19	1,42	0,35
20 – 25	17,0	7,19	1,42	0,35
25 – 30	17,5	7,69	1,28	0,30
30 – 35	18,0	8,19	0,98	0,21
35 – 40	18,5	8,69	1,01	0,22
40 – 45	19,0	9,19	0,89	0,29

Kedalaman (m)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{eff} (kN/m ³)	e_0	C_c
45 – 47,5	19,0	9,19	0,89	0,19



Gambar 2 Lapisan Tanah

c) Kedalaman 35,0 m

$$P_0(1) = \gamma_{eff} \cdot H$$

$$= 6,69 \times 5 + 4,39 \times 5 + 6,69 \times 5$$

$$+ 7,19 \times 5 + 7,19 \times 5 + 7,69 \times (2,2 + 2,8/2)$$

$$= 228,68 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta p(1) = \frac{Q_g}{(B_g + Z)(L_g + Z)}$$

$$= \frac{2684,35}{(3 + 2,8/2)(3 + 2,8/2)} = 138,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta S(1) = \left[\frac{C_{c(i)} \cdot H(i)}{1 + e_0} \right] \log \left[\frac{P_0(i) \cdot \Delta p(i)}{P_0(i)} \right]$$

$$= \left[\frac{0,34 \cdot 2,8}{1 + 0,21} \right] \log \left[\frac{228,68 \cdot 138,66}{228,68} \right] = 0,062 \text{ m}$$

d) Kedalaman 40,0 m

$$P_0(2) = \gamma_{sat} \cdot H$$

$$= 228,68 + (8,19 \times 2,8/2) + (8,69 \times 5/2)$$

$$= 261,88 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P_{(2)} = \frac{Q_g}{(Bg+Z)(Lg+Z)}$$

$$= \frac{2684,35}{(3+2,8+5/2)(3+2,8+5/2)} = 38,97 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta S_{(2)} = \left[\frac{C_{C(i)} \cdot H(i)}{1+e_0} \right] \log \left[\frac{P_{0(i)} \cdot \Delta P(i)}{P_{0(i)}} \right]$$

$$= \left[\frac{0,35,5}{1+0,22} \right] \log \left[\frac{261,88 \cdot 38,97}{261,88} \right] = 0,033 \text{ m}$$

e) Kedalaman 45,0 m

$$P_{0(3)} = \gamma_{sat} \cdot H$$

$$= 261,88 + (8,69 \times 5/2) + (9,19 \times 5/2)$$

$$= 306,56 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P_{(3)} = \frac{Q_g}{(Bg+Z)(Lg+Z)}$$

$$= \frac{2684,35}{(3+2,8+5+\frac{5}{2})(3+2,8+5+\frac{5}{2})}$$

$$= 15,18 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta S_{(3)} = \left[\frac{C_{C(i)} \cdot H(i)}{1+e_0} \right] \log \left[\frac{P_{0(i)} \cdot \Delta P(i)}{P_{0(i)}} \right]$$

$$= \left[\frac{0,29,5}{1+0,19} \right] \log \left[\frac{306,56 \cdot 15,18}{306,56} \right] = 0,010 \text{ m}$$

f) Kedalaman 47,5 m

$$P_{0(4)} = \gamma_{sat} \cdot H$$

$$= 306,56 + (9,19 \times 5/2) + (9,19 \times 2,5/2)$$

$$= 341,038 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta P_{(4)} = \frac{Q_g}{(Bg+Z)(Lg+Z)}$$

$$= \frac{2684,35}{(3+2,8+5+5+2,5/2)(3+2,8+5+5+2,5/2)}$$

$$= 9,23 \text{ kN}$$

$$\Delta S_{(4)} = \left[\frac{C_{C(i)} \cdot H(i)}{1+e_0} \right] \log \left[\frac{P_{0(i)} \cdot \Delta P(i)}{P_{0(i)}} \right]$$

$$= \left[\frac{0,29,2,5}{1+0,19} \right] \log \left[\frac{341,038 \cdot 9,23}{342,29} \right] = 0,003 \text{ m}$$

$$\text{Penurunan total} = S_{g(e)} + S_c$$

$$= 8,487 + 62,0 + 33,126 + 10,287$$

$$+ 2,844 + 108,246 = 116,743 \text{ mm}$$

$$\text{Penurunan izin} = 15 + \frac{300}{600} = 15,5 \text{ cm}$$

Berdasarkan perhitungan penurunan total diatas diperoleh Stotal < Sijin sehingga alternatif desain pondasi tiang bor aman.

F. Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan alternatif desain pondasi tiang bor adalah sebagai berikut ;

- 1) Pekerjaan persiapan
 - a) Pembersihan lahan
 - b) Mobilisasi alat
 - c) Survey lapangan dan penentuan titik pondasi
 - d) Menentukan *grid* atau titik pusat tiang
 - e) Memasang dan penempatan alat bor
- 2) Pekerjaan pondasi tiang bor
 - a) Pekerjaan *pre-boring*
 - b) Pemasangan *casing* baja
 - c) Pekerjaan fabrikasi besi tulangan pondasi
 - d) Pekerjaan pengeboran (*boring*)
 - e) Pekerjaan pengecoran (*casting*)
 - f) Pengangkatan casing
- 3) Pekerjaan *pile cap*
 - a) Galian tanah *pile cap*
 - b) Urugan pasir pada dasar galian
 - c) Pengecoran lantai kerja diatas urugan pasir
 - d) Pekerjaan bekisting *pile cap*
 - e) Pekerjaan pembesian *pile cap*
 - f) Pengecoran *pile cap*
 - g) Urugann tanah kembali

G. Volume pekerjaan

Besaran satuan volume pekerjaan pondasi tiang bor proyek Gedung Inspektorat Jawa Timur adalah sebagai berikut :

Tabel 3 Bill of Quantity

No	Item Pekerjaan	Satuan	Volume
A Pondasi Tiang Bor			
Pekerjaan Tanah			
1	Bor D=60 cm	M1	6.268,37
Pekerjaan Beton			
1	Beton K-350	M3	1.772,34
2	Besi D19 (Tul.Utama)	kg	155.706,63
3	Besi D13 (Sengkang)	kg	61.786,00
B Pile Cap			
Pekerjaan Tanah			
1	Galian Tanah	M3	806,07
Pekerjaan Beton			
1	Beton K-350	M1	202,30
2	Besi D19	kg	24.523,36
3	Bekisting	M2	179,52

H. Harga satuan pekerjaan

Harga satuan pada pekerjaan pondasi tiang bor proyek Gedung Inspektorat Jawa Timur adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Harga Satuan Pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Satuan	Harga Satuan
A Pondasi Tiang Bor			
Pekerjaan Tanah			
1	Bor D=60 cm	M1	Rp. 174.404,36
Pekerjaan Beton			
1	Beton K-350	M3	Rp. 1.243.063,14
2	Besi D19 (Tul.Utama)	Kg	Rp. 22.464,79
3	Besi D13 (Tul.Sengkang)	Kg	Rp. 22.956,14
B Pile Cap			
Pekerjaan Tanah			
1	Galian Tanah	M3	Rp. 15.159,87
Pekerjaan Beton			
1	Beton K-350	M1	Rp. 1.243.063,14
2	Besi D19	Kg	Rp. 22.956,14
3	Bekisting	M2	Rp. 200.604,02

I. Rencana Anggaran Biaya

Biaya yang diperlukan pada proyek gedung Inspektorat Jawa Timur berdasarkan harga satuan Kabupaten Sidoarjo tahun 2021 adalah sebesar Rp. 9.075.314.895,46.

4. KESIMPULAN

- A. Daya dukung alternatif desain pondasi tiang bor adalah sebagai berikut :
 - 1) Kapasitas dukung tiang tunggal dan kelompok Metode *Reese & Wright* (1977) masing - masing sebesar 87,62 ton dan 278,68 Ton dengan jumlah 4 tiang.
 - 2) Kapasitas dukung tiang tunggal dan kelompok tiang Metode *Lucciano Decourt* (1982) masing - masing sebesar 73,33 ton dan 233,24 ton dengan jumlah 4 tiang.
- B. Nilai penurunan total kelompok pondasi tiang bor sebesar 116,743 mm.
- C. Metode pelaksanaan pondasi tiang bor adalah dengan menggunakan metode *casing*.
- D. Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pada alternatif desain pondasi tiang bor adalah sebesar Rp. 9.075.314.895,46.

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. C. Hardiyatmo, Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi 5, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2020.
 [2] B. M.Das and N. Sivakugan, Principle of Foundation Engineering, Boston: Cengage, 2017.

[3] Badan Standarisasi Nasional, SNI 8640:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta: BSN, 2017.
 [4] L. C. Reese, W. M. Isenhower and S.-T. Wang, Analysis and Design of Shallow Deep Foundations, Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2006.
 [5] Y. Lastiasih, M. Irsyam, I. D. Sidi and F. Toha, "Reabilitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Formula Reese & Wright dan Usulan Load Resistance Factor Design dalam Perencanaan Pondasi Tiang Bor Studi Kasus Proyek Jakarta," *Jurnal MKTS*, pp. 135-140, 2013.
 [6] U. Jusi, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test)," *Jurnal Teknik Sipil Siklus Vol. 1, No. 2*, pp. 50-82, 2015.
 [7] I. W. Jawat, P. P. T. Gita and I. M. S. Dharmayoga, "KAJIAN METODA PELAKSANAAN PEKERJAAN PONDASI BORED PILE PADA TAHAP PERENCANAAN PELAKSANAAN," *Volume 9 Nomor 2*, pp. 126-142, 2020.
 [8] H. C. Hadiyatmo, Teknik Fondasi 1, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1996.
 [9] E. Disa, M. Sholeh and G. Aponno, "Studi Alternatif Perencanaan Pondasi Tiang Bor Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Surabaya," *JOS - MRK Volume 2, Nomor 1*, pp. 137-142, 2021.
 [10] B. M. Das, N. Endah and I. B. Mochtar, Mekanika Tanah Jilid 2, Surabaya: Erlangga, 1993.
 [11] B. M. Das, N. Endah and I. B. Mochtar, Mekanika Tanah Jilid 1, Jakarta: Erlangga, 1995.
 [12] M. Carter and S. P. Bentley, Soil Properties and Their Correlations, Chichester: WILEY, 2016.
 [13] K. U. Adisanjaya, M. Sholeh and D. Novianto, "Analisis Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) dan Tiang Bor (Bored Pile) Berdasarkan Perhitungan dan Uji Lapangan Pada Proyek Pengembangan Kampus Politeknik Negeri Madiun," *JOS - MRK*, pp. 36-43, 2021.
 [14] Badan Standarisasi Nasional, SNI 4153:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT, Jakarta: BSN, 2008.
 [15] Badan Standarisasi Nasional, SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, Jakarta: BSN, 2019.
 [16] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Jakarta: BSN, 2020.
 [17] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Jakarta: BSN, 2019.