

Artikel

# Analisis Perencanaan Ulang Pondasi Bored Pile: Studi Kasus Proyek Apartemen Tamansari Skyhive

Delfi Kustiarini<sup>1</sup> dan Fatin Adriati<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jl. Teuku Nyak Arief, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, 12220, Indonesia

\* Korespondensi: fatin.adriati@bakrie.ac.id

## Abstrak

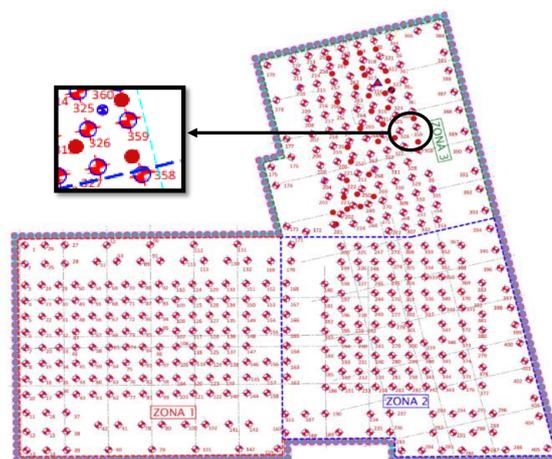
Pekerjaan yang paling utama dilakukan dalam konstruksi bangunan adalah pondasi. Tetapi seringkali terjadi permasalahan pada pekerjaan pondasi seperti di Apartemen Tamansari Skyhive yakni ketidaksesuaian gambar rencana dengan pelaksanaan lapangan yang membuat titik bored pile perlu direposisi, sehingga perlu ditinjau kembali daya dukung serta penurunan pondasi. Pada penelitian ini untuk mencari daya dukung pondasi dibutuhkan daya dukung ujung tiang menggunakan metode Meyerhof dan mencari daya dukung selimut menggunakan metode Reese and Wright pada tanah kohesif dan Coyle and Castillo pada tanah non kohesif, serta efisiensi tiang kelompok menggunakan metode Converse-Labarre Formula. Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang kelompok sesudah direposisi lebih kecil dengan hasil sebesar 9939.25 kN dibandingkan sesudah direposisi diperoleh sebesar 10020.47 kN. Dikarenakan penggunaan jarak antar tiang yang berbeda, sesudah direposisi menggunakan jarak lebih kecil dibandingkan sebelum direposisi, namun kedua nilai tersebut lebih besar dibandingkan struktur rencana maka dapat dikatakan aman. Serta penurunan yang terjadi terjadi pada tiang kelompok diperoleh sebesar 7,8 cm yang lebih kecil dari ketentuan SNI (Penurunan ijin  $<15 \text{ cm} + b/600$ ) sehingga dikatakan aman.

Kata Kunci: Bored Pile, Daya Dukung Pondasi, Penurunan, Reposisi

## 1 Pendahuluan

Seiring pertumbuhan penduduk di kota Jakarta yang signifikan hingga mencapai 16.704 jiwa/km<sup>2</sup> pada tahun 2019 menjadikannya kota yang padat penduduk. Terkait dengan pertumbuhan tersebut kebutuhan tempat tinggal menjadi prioritas utama, namun lahan yang ada di kota Jakarta semakin terbatas. Dengan ini bangunan vertikal (apartemen) menjadi salah satu solusinya. Apartemen Tamansari Skyhive ini berada di area pusat bisnis tepatnya di jalan DI. Panjaitan, Jakarta Timur. Apartemen ini merupakan hunian eksklusif yang menyuguhkan beberapa fasilitas antara lain gym, yoga area, barbeque area, infinity pool dan lain-lain. Apartemen ini dibangun di atas lahan seluas 5.331 m<sup>2</sup> yang memiliki 21 lantai dan 3 basement serta memiliki 571 unit terdiri dari 3 tipe unit, yaitu tipe studio (25-30 m<sup>2</sup>), tipe 1 bedroom (38-44 m<sup>2</sup>), dan tipe 2 bedroom (65-81 m<sup>2</sup>).

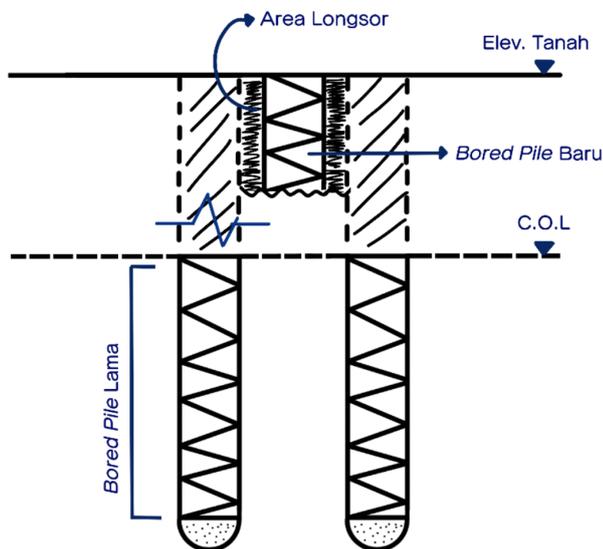
Lokasi apartemen yang berada didekat pemukiman warga mengharuskan penggunaan metode pelaksanaan pondasi yang tidak terlalu mengakibatkan kebisingan dan getaran yang berlebih [1, 2, 3, 4, 5]. Oleh karena itu pondasi bored pile menjadi pilihan pada pembangunan Apartemen Tamansari Skyhive. Bored pile direncanakan memiliki kedalaman  $\pm 30 \text{ m}$  dengan diameter 1 m, kedalaman batas Cut Off Level (COL) 12 m, menggunakan mutu beton  $f_c = 25 \text{ MPa}$ . Detail lokasi bored pile dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Pondasi Bored Pile

Pada proyek apartemen terjadi permasalahan bored pile pada zona 3. Permasalahan ini berawal dari pelaksanaan lapangan yang tidak sesuai dengan gambar yang sudah direncanakan, sehingga perlu dilakukan pengebobaran ulang. Pekerjaan Bored pile yang sudah tertanam dihentikan, kemudian lubang bornya ditutup dengan tanah urugan hingga batas COL. Pengeboran baru sesuai titik rencana dilakukan berdekatan dengan bored pile lama sehingga terjadi clash serta bekas pengeboran yang

hanya ditutup tanah tanpa dipadatkan mengalami kelongsoran sekalipun diberi slurry. Solusi yang dilakukan dalam proyek adalah dengan tidak melanjutkan pengeboran dan memilih reposisi titik. Ilustrasi permasalahan terdapat pada **Gambar 2**.



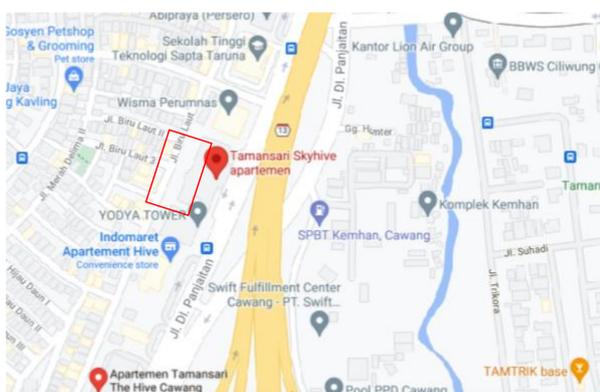
**Gambar 2.** Ilustrasi Permasalahan

Berdasarkan permasalahan yang terjadi, penelitian ini menganalisis kembali daya dukung pondasi bored pile dengan titik yang baru. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode manual.

## 2 Metode

### 2.1 Lokasi Penelitian

Pembangunan Proyek Tamansari Apartemen Skyhive ini mulai dibangun pada tahun 2019 dan direncanakan selesai pada tahun 2022 serta masa pemeliharaan 180 hari. Lokasi proyek yakni di Jalan DI. Panjaitan No.49, Cipinang Cempedak, Jatinegara, Jakarta Timur, Indonesia. Berikut **Gambar 3** yang menunjukkan lokasi proyek.



**Gambar 3.** Lokasi Proyek

### 2.2 Pengumpulan Data

Sebelum melakukan analisis lebih dalam lagi, pentingnya pengumpulan data untuk mempermudah perhitungan, sebagai berikut:

#### 2.2.1 Data Tanah

Data penelitian ini merupakan data sekunder berupa data bor tanah (borlog). Data bor tanah (borlog) tersebut kemudian dikorelasikan sehingga didapatkan data parameter tanah dan data tanah juga didapat dari proyek (dapat dilihat pada **Tabel 1**). Secara umum hasil pengeboran menunjukkan dari permukaan hingga kedalaman sekitar 2 m hingga 3 m dijumpai adanya lapisan lempung dengan konsistensi teguh. Berikutnya hingga kedalaman sekitar 4 m hingga 11 m dijumpai adanya lapisan lempung atau lanau dengan konsistensi sangat lunak hingga sedang. Selanjutnya hingga kedalaman sekitar 12 m hingga 14 m secara umum dijumpai adanya lapisan lempung atau lanau dengan konsistensi teguh hingga sangat teguh. Pada kedalaman 14 m hingga 22 m ditemukan lapisan pasir kelanauan. Berikutnya kedalaman 23 m hingga 33 m sampai akhir pengeboran secara umum dijumpai adanya lapisan pasir padat hingga sangat padat berseling dengan lapisan lempung atau lanau dengan konsistensi sangat teguh hingga keras.

#### 2.2.2 Data Bored Pile

Guna perhitungan selanjutnya dibutuhkan data bored pile yang didapat pada proyek yaitu: a) COL ialah 12 m, panjang pembebanan ialah 18 m, diameter adalah 100 cm, keliling penampang ialah 3.1 m, dan luas penampang ialah 0,785 m<sup>2</sup>. Yang dimaksud dengan panjang pembebanan adalah panjang tiang bor dari cut off level (COL) hingga dasar tiang bor. Dikarenakan akan di bangun 3 lapis basement dengan COL galian berada pada kedalaman sekitar 12 m dan panjang tiang sebenarnya pada pondasi bored pile yakni 18 m. Ilustrasi panjang pembebanan tiang bor dapat dilihat pada **Gambar 4**.

#### 2.2.3 Data Beban Struktur

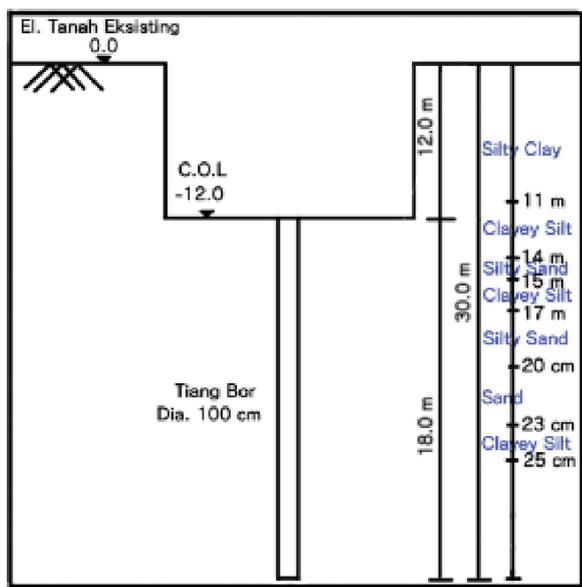
Adapun data beban struktur yang didapat dari proyek apartemen Tamansari Skyhive ialah sebesar 366,025 KN dan 6974, 22 KN untuk beban rencana tunggal dan group.

### 2.3 Pondasi Bored Pile

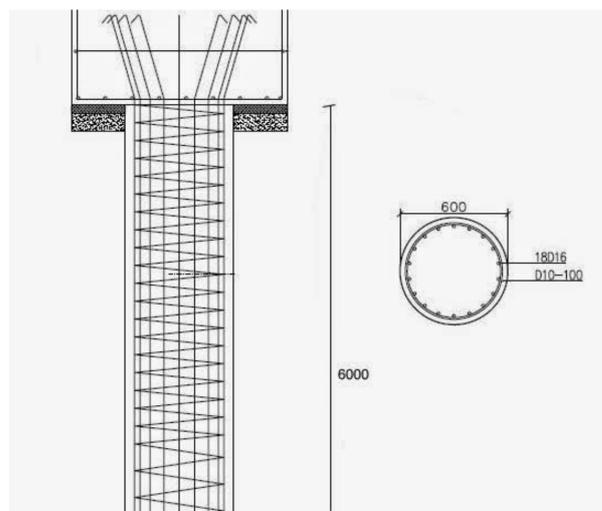
Lapisan paling bawah suatu bangunan disebut pondasi dengan fungsi menerima serta meneruskan beban secara merata dari bangunan bagian atas hingga ke dasar tanah. Interaksi pondasi dengan tanah sehingga adanya daya dukung yang mampu menahan dan menimbulkan keamanan agar tidak ada keruntuhan tanah/penurunan yang berlebih pada struktur atas. Pelaksanaan yang paling pertama dilakukan dalam konstruksi bangunan ialah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Karenanya pondasi memiliki efek yang besar dan penting diperhitungkan secara mendalam sesuai daya dukung yang diijinkan [6]. Perencanaan pondasi dikatakan sesuai dan aman dapat dilihat dari kekuatan tanah saat menerima beban dari bagian atas diteruskan ke bagian pondasi tidak melampaui batas. Jika kekuatan tanah yang terjadi melampaui batas, akan terjadi penurunan yang

**Tabel 1:** Parameter Tanah

Kedalaman (m)	Tebal (m)	Soil Description	N - SPT	Konsistensi & Kepadatan	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	$\phi'$	$\mu$	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )
12 - 13,5	1,5	Clayey Silt	50	Very Hard	17	16	408,94	10	0	30	0,25	75000
13,5 - 15	1,5	Silty Sand	35	Dense	18	17	326,56	6,5	39	28	0,35	50000
15 - 18	3	Clayey Silt	50	Very Hard	17	16	408,94	10	0	24	0,25	75000
18 - 19,5	1,5	Silty Sand	38	Very Dense	18	17	326,56	7	39	10	0,4	80000
19,5 - 24	4,5	Sand	36	Dense	22	21	0	6,75	39	16	0,35	50000
24 - 25,5	1,5	Clayey Silt	50	Very Hard	17	16	130,43	10	0	30	0,25	75000
25,5 - 27	1,5	Sand	39	Dense	22	21	0	7,5	41	16	0,35	50000
27 - 28,5	1,5	Clayey Silt	50	Very Hard	17	16	408,94	10	0	30	0,25	75000
28,5 - 30	1,5	Sand	50	Very Dense	18	17	0	10	41	16	0,4	80000



**Gambar 4.** Ilustrasi Pembedaan Bored Pile



**Gambar 5.** Bored Pile

berlebihan sehingga mengakibatkan keruntuhan tanah. Mengenai kejadian tersebut membawa dampak yang tidak diinginkan yakni kerusakan bangunan yang ada di atas pondasi [7].

Pondasi bored pile ialah pondasi dalam berbentuk tabung berawal pengerjaan pengeboran tanah hingga berlubang dengan kedalaman yang sudah direncanakan, dilanjutkan memasukkan rakitan tulangan dan kemudian dicor. Bored pile biasanya dilakukan pada tanah yang keras atau kaku dan stabil, sehingga pembentukan lubang menggunakan alat bor menjadi stabil. Pada **Gambar 5** dapat dilihat ilustrasi bored pile.

Kelebihan dan kekurangan penggunaan pondasi bored pile menurut [6] antara lain kelebihanannya :

1. Resiko kenaikan pada muka tanah tidak ada
2. Dapat memvariasikan kedalam tiang sesuai yang direncanakan
3. Tanah dapat dikompakibel dengan data uji laboratorium
4. Pemasangan tiang bor bisa dipasang dengan diameter yang besar hingga kedalaman yang jauh ke bawah, jika perlu ujung bawahnya diperbesar apabila kondisi tanah lempung.

5. Tidak terlalu menimbulkan suara dan getaran yang berlebih saat pelaksanaan pengerjaan pengeboran.

Kekurangannya:

1. Gangguan kepadatan dalam pelaksanaan pengeboran, jika keadaan tanah terdiri atas kerikil atau berpasir.
2. Tidak dapatnya dikontrol mutu beton dengan baik mengakibatkan sulitnya pengecoran beton yang dipengaruhi air tanah.
3. Berkurangnya kapasitas dukung tanah saat air mengalir ke dalam lubang bor.
4. Saat tanah berupa pasir tidak dapat dilakukan pembesaran ujung bawah tiang.

#### 2.4 Daya Dukung Pondasi Dalam

Daya dukung menurut [6] adalah kapasitas mendukung beban pondasi dari beban struktur atas berdasarkan kemampuan tanah. Kekuatan gaya dukung bored pile berasal dari end bearing capacity (tahanan ujung) bersumber dari tekanan ujung tiang dan friction bearing capacity (daya dukung geser atau selimut) bersumber dari gaya adhesi atau daya dukung gesek antara bored pile dengan tanah di sekitarnya, hal ini mengakibatkan lekatnya tiang dengan tanah.

Untuk mempermudah perhitungan analisa daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan. Berdasarkan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser serta keruntuhanannya maka persamaan-persamaan ini dibuat. Tanah dianggap bersifat plastis dalam melakukan analisis, Konsep yang diterapkan serta dikenalkan oleh Pradtl (1921) ini didasarkan pada Persamaan Mohr-Coulomb sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

dimana  $\tau$  ialah Tahanan geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ ).  $c$  ialah kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ ).  $\sigma$  ialah tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ ).  $\phi$  ialah sudut geser tanah (derajat).

### 2.5 Penurunan pada tiang tunggal

Ketika lapisan tanah diberi beban dengan besaran tertentu, maka lapisan tanah tersebut akan mengalami penurunan (settlement) atau regangan. Adanya penurunan disebabkan oleh perubahan susunan lapisan tanah atau adanya pengurangan rongga pori dan air di dalam lapisan tanah tersebut. Berikut perhitungan penurunan tiang tunggal:

$$S = S_s + S_p + S_{ps} \quad (2)$$

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s L)}{A_p E_p} \quad (3)$$

$$S_p = \frac{C_p Q_p}{D q_p} \quad (4)$$

$$S_{ps} = \left( \frac{Q_p}{P} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2 I_{ws}) \quad (5)$$

$$S_p = \frac{C_p Q_p}{D q_p} \quad (6)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} \quad (7)$$

dimana  $S$  ialah Penurunan total pondasi tiang.  $S_s$  ialah Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal.  $S_p$  ialah Penurunan akibat beban pada ujung tiang.  $S_{ps}$  ialah Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang.  $Q_p$  ialah Daya dukung ujung tiang.  $Q_s$  ialah Daya dukung selimut tiang.  $L$  ialah Panjang Tiang.  $A_p$  adalah Luas Ujung tiang bawah.  $E_p$  ialah Modulus elastisitas material tiang.  $\alpha = 0,5$  ialah nilai untuk distribusi gesekan seragam atau parabolik sepanjang tiang sedangkan untuk distribusi berbentuk segitiga nilai ( $\alpha = 0,33$ ).  $C_p$  ialah Koefisien empiris.  $D$  ialah Diameter Tiang.  $q_p$  ialah Daya dukung batas ujung tiang.  $P$  ialah Keliling penampang tiang.  $E_s$  ialah Modulus Elastisitas tanah.  $\mu_s$  ialah Angka poisson.

## 3 Hasil dan Pembahasan

Perencanaan pondasi bored pile dianalisis menggunakan perhitungan manual, dengan 2 kondisi yaitu sebelum dan sesudah dilakukannya reposisi titik. Selain analisis daya dukung pondasi tiang tunggal dan tiang kelompok untuk mengetahui aman

atau tidaknya pondasi yang direncanakan, dianalisis juga penurunan yang terjadi beserta distribusi beban pada setiap tiang yang berada dalam 1 konfigurasi pondasi tiang bor. Kemudian kedua hasil tersebut dibandingkan untuk mengetahui pengaruh reposisi titik terhadap daya dukung dan penurunan.

Analisis pondasi bored pile dilakukan dengan perhitungan berdasarkan data N-SPT dari proyek dengan pembebanan aksial. Analisis ini diawali dengan mencari daya dukung pondasi tiang tunggal, hasil yang didapatkan digunakan untuk mencari daya dukung tiang kelompok sebelum dan sesudah direposisi titik. Kemudian daya dukung yang didapat dibandingkan dengan beban struktur rencana. Jika daya dukung pondasi memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan beban strukturnya maka dapat dikatakan bahwa pondasi aman. Begitu juga jika besar penurunan lebih kecil dari standar yang sudah ditetapkan maka pondasi dapat dikatakan aman.

### 3.1 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Analisis ini menggunakan metode Meyerhof untuk mencari daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut untuk tanah non kohesif. Sedangkan untuk mencari daya dukung selimut pada tanah kohesif menggunakan metode lamda. Dasar lapisan tanah pada kedalaman 30 m yakni pasir, dengan begitu perhitungan daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) menggunakan rumus non kohesif. Hasil perhitungan  $Q_p$  yang didapatkan sebesar 1570 kN.

Kemudian mencari nilai daya dukung selimut dengan metode yang sesuai deskripsi lapisan tanah berdasarkan kedalaman. Berikut hasil perhitungan daya dukung selimut yang disajikan pada **Tabel 2**. Berdasarkan tabel hasil perhitungan yang didapat yaitu tegangan vertikal efektif rata-rata, luas selimut tiang dan sudut geser efektif. Dengan menggunakan nilai  $k$  (koefisien tekanan tanah) sebesar 1 dan menggunakan nilai  $\lambda$  sebesar 2, sehingga hasil  $Q_s$  sebesar 545.10 kN.

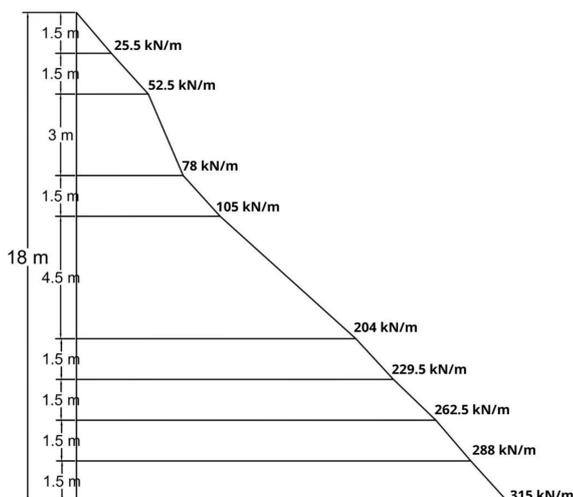
Adanya penjumlahan hasil perhitungan  $Q_s$  dan  $Q_p$  maka didapat hasil daya dukung ultimit ( $Q_u$ ) sebesar 2115.10 kN. Dengan menggunakan nilai safety factor ( $SF$ ) 2.5 maka hasil perhitungan daya dukung tiang ijin  $Q_a$  sebesar 846.04 kN berdasarkan data beban struktur rencana tiang tunggal sebesar 366.02 Dengan begitu hasil daya dukung tiang tunggal lebih besar 2 kali lipat dibandingkan beban yang ada, sehingga nilai ini dapat dikatakan aman.

### 3.2 Distribusi Tegangan

Akibat beban luar yang akan diterima tanah tidak terpusat pada 1 titik tapi akan menyebar pada beberapa area atau luasan daya dukung yang disebut juga dengan distribusi tegangan. Berikut adalah ilustrasi distribusi tegangan menggunakan beban terpusat berdasarkan perhitungan tiap lapisan tanahnya, dapat dilihat ilustrasinya melalui **Gambar 6**. Dengan lapisan ketebalan serta jenis tanah yang berbeda-beda menjadikan bentuk dari distribusi tegangan ini tidak beraturan. Namun perencanaan ini tetap dapat dikatakan aman karena memiliki nilai daya dukung lebih besar dibandingkan beban luar.

**Tabel 2:** Hasil Perhitungan Daya Dukung

Lapis Tanah	Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	Tebal (m)	$\bar{\sigma}'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\delta$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kN)
1	12 - 13,5	Clayey Silt	1,5	1,06	202	0	0,79	63,59
2	13,5 - 15	Silty Sand	1,5	2,19	0	19,5	4,71	3,65
3	15 - 18	Clayey Silt	3	8,63	202	0	0,79	64,78
4	18 - 19,5	Silty Sand	1,5	6,56	0	19,5	4,71	10,95
5	19,5 - 24	Sand	4,5	38,63	0	19,5	14,13	193,27
6	24 - 25,5	Clayey Silt	1,5	12,81	202	0	0,79	65,44
7	25,5 - 27	Sand	1,5	19,44	0	20,5	4,71	34,23
8	27 - 28,5	Clayey Silt	1,5	21,56	202	0	0,79	66,81
9	28,5 - 30	Sand	1,5	24,06	0	20,5	4,71	42,37
Total								545,1



**Gambar 6.** Ilustrasi Distribusi Tegangan

### 3.3 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Kelompok

Analisis ini menggunakan metode Converse-Labarre Formula, dengan 12 tiang tunggal dalam perhitungan, sebagai berikut seperti pada **Tabel 3**.

**Tabel 3:** Daya Dukung Tiang Kelompok

	Sebelum Direposisi	Sesudah Direposisi
$\eta$	0,987	0,951
$Q_{ag}$	10020,47 kN	9939,25 kN

Dari hasil perhitungan terlihat bahwa nilai efisiensi kelompok tiang berbeda, dimana nilai efisiensi sebelum direposisi lebih besar dengan dibandingkan sesudah direposisi. Hal ini dikarenakan penggunaan jarak as ke as tiang. Pada kondisi sebelum direposisi menggunakan jarak 1 m, sedangkan sesudah direposisi menggunakan jarak 0.25 m. Namun hal ini tidak menjadikan daya dukung yang dimiliki sesudah direposisi titik tidak aman, dikarenakan nilai daya dukung tiang kelompok lebih besar dibandingkan dengan beban luar yang ada yakni sebesar 6974.212 kN. Maka nilai yang didapat daya dukung kelompok dapat diterima.

### 3.4 Analisis Distribusi Beban

Berdasarkan nilai daya dukung kelompok tiang maka dapat dicari beban yang akan diterima tiap tiangnya. **Tabel 4** berikut merupakan hasil perhitungan distribusi beban sebelum dan sesudah direposisi titik menggunakan metode Reese & Wright.

**Tabel 4:** Distribusi Beban

Titik	Sebelum Direposisi			Sesudah Direposisi			Beban Struktur Rencana (kN)
	X	Y	P (kN)	X	Y	P (kN)	
P1	-1	1	1002,54	-1,75	1,25	142,03	1483,6
P2	0	1	1235,02	0,25	1,25	176,9	190,09
P3	1	1	159,83	0,75	1	267,35	772,42
P4	-1	0,5	21,79	-0,75	1,75	1140,21	1483,6
P5	0	0,5	254,27	0,25	1,75	1157,65	287,93
P6	1	0,5	486,74	1,25	1	276,06	355,03
P7	-1	0,5	21,79	-0,75	1,25	159,46	733,38
P8	0	0,5	908,1	0	1,5	1071,56	160,87
P9	1	0,5	486,74	1	1,5	229,55	324,72
P10	-1	-1	1002,54	-1,5	-1,25	1062,68	307,47
P11	0	-1	1235,02	0	-1,5	1182,56	509,09
P12	1	-1	159,83	1	-1,5	108,25	366,02
Total	6974,22			Total	6974,24		6974,22

Dilihat dari nilai koordinat x dan y pada tiap bebannya nilai yang sudah di reposisi lebih bervariasi dibandingkan sebelum. Maka nilai beban yang di dapat pada tiap titik nya berbeda, seperti P1 nilai yang didapat sebesar 1002.54 kN sebelum direposisi, sedangkan sesudah direposisi sebesar 142.03 kN nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan sebelum direposisi. Terdapat juga kondisi dimana nilai sesudah direposisi titik lebih besar di dibandingkan sebelum dapat dilihat pada titik P4 sebesar 21.79 kN sebelum direposisi sedangkan nilai sesudah direposisi sebesar 1142.03 kN. Hal ini dapat terjadi dikarenakan jarak antar tiang yang berbeda, sebelum direposisi memiliki jarak antar tiang 1 m sedangkan sesudah direposisi memiliki jarak yang bervariasi. Pada titik P2, P8, P10, dan P11 sebelum dan sesudah direposisi lebih besar hasilnya dibandingkan dengan beban rencana, sedangkan pada P1, P3, P4, P7, dan P12 beban rencana lebih besar dibandingkan sebelum dan sesudah direposisi.

### 3.5 Analisis Penurunan Pondasi Tiang

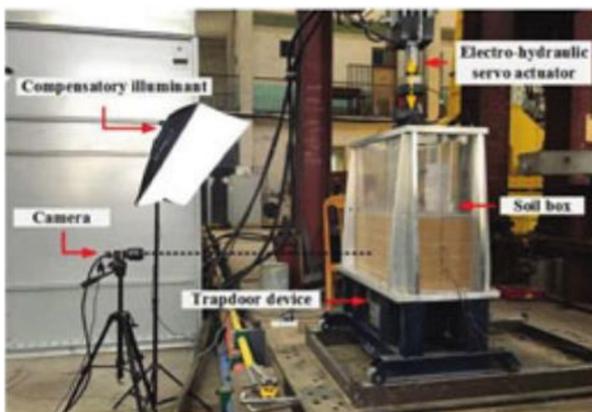
Penurunan pondasi kelompok tiang pada umumnya lebih besar dari penurunan tiang tunggal. Hal ini dikarenakan adanya

pengaruh tegangan pada daerah cakupan yang lebih luas serta lebih dalam. Dari analisis perhitungan penurunan tiang tunggal (S) maka didapat nilai penurunan sebesar 3,9 cm. Sedangkan pada penurunan tiang kelompok (Sg) didapat nilai sebesar 7,8 cm. Tidak adanya perbedaan nilai penurunan pondasi bored pile sebelum direposisi maupun sesudah direposisi dikarenakan rumus yang digunakan satu kesatuan, dengan ini nilai penurunan berlaku pada pondasi sebelum direposisi maupun sesudah di reposisi. Berdasarkan SNI penurunan izin  $< 15 \text{ cm} + b/600$  maka berdasarkan perhitungan analisis penurunan 7,8 cm  $< 15 \text{ cm} + 0.167 \text{ cm}$  maka penurunan yang terjadi dikatakan memenuhi kriteria.

### 3.6 Arching Effect

Menurut Terzaghi (1936) adanya pergerakan tanah melalui sela-sela antar bored pile yang kaku pada kedalaman tanah keras akan membentuk soil arching effect. Hal ini umum dalam sistem yang melibatkan interaksi tanah dan struktur, yang menyebabkan distribusi tegangan dan transfer beban ke komponen struktural di dalam tanah, sehingga mempengaruhi daya dukung dan deformasi struktur. Faktor yang mempengaruhi yaitu kondisi pembebanan statis, dinamis dan jarak antar tiang.

Adanya pengujian yang dilakukan oleh Terzaghi (1943), dengan menggunakan pintu jebakan (trapdoor) untuk mengetahui karakteristik arching effect dan proses perubahan lengkungan yang disebabkan oleh pembebanan hingga keruntuhan yang diperoleh. Dengan faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu perpindahan pintu trapdoor, frekuensi muatan, dan pengisian. Untuk alat pengujian trapdoor dapat dilihat **Gambar 7**. Rasio tegangan meningkat seiring dengan meningkatnya densitas relatif. Namun, pengujian tersebut membuktikan bahwa tegangan ultimit berkurang seiring kepadatan relatif tanah meningkat. Hal ini mungkin disebabkan oleh fakta bahwa nilai tegangan yang diperoleh dari teori Terzaghi sesuai dengan sangat rendahnya perpindahan.



**Gambar 7.** Alat Pengujian Arching Effect (Trapdoor) [8].

Dari pernyataan di atas, hal yang berkaitan dengan penelitian ini adalah keruntuhan atau longsor yang terjadi pada pengeboran tanah saat pelaksanaan pekerjaan pondasi akan menimbulkan

bulkan arching effect, namun tidak berpengaruh pada pondasi bored pile. Dikarenakan

## 4 Kesimpulan

Berdasarkan analisis perencanaan ulang bored pile yang telah diperhitungkan, dengan ini dapat disimpulkan sesuai dengan tujuan analisis:

1. Hasil analisis daya dukung ijin tiang kelompok sebelum direposisi memiliki nilai sebesar 10020.47 kN. Nilai tersebut dikatakan aman dikarenakan lebih besar dibandingkan beban aksial dengan nilai sebesar 6974.212 kN.
2. Hasil analisis daya dukung ijin tiang kelompok sesudah direposisi memiliki nilai sebesar 9939.25 kN. Meskipun nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai sebelum direposisi, masih dikatakan aman karena lebih besar dari beban aksial dengan nilai sebesar 6974.212 kN.
3. Daya dukung ijin tiang kelompok sesudah direposisi lebih kecil dibandingkan sebelum direposisi hal ini karena penggunaan jarak yang lebih kecil. Selain menganalisis daya dukung tiang, analisis stabilitas (penurunan) pondasi harus diperhitungkan. Hasil analisis penurunan yang terjadi pada tiang kelompok diperoleh sebesar 7,8 cm yang lebih kecil dari ketentuan SNI (15,167 cm) sehingga dikatakan aman.

## Daftar Pustaka

- [1] Dody, P., 2020. Perencanaan ulang struktur gedung apartemen Tamansari Amarta Yogyakarta. Laporan Tugas Akhir, Universitas Negeri Semarang.
- [2] Amanda, A.F., 2017. Perencanaan ulang struktur bawah abutment dengan pondasi bored pile (Redesign bottom structure abutment with bored pile foundation). Laporan Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- [3] Yanuar, A.P., 2019. Analisis perbandingan kapasitas daya dukung bored pile dengan menggunakan metode empiris dan dinamik pada Proyek Jalan Tol Pandaan – Malang. Laporan Tugas Akhir, Universitas Jember.
- [4] Izzet, Ikhsan, F., Indrastono, Kresno, W.S., 2017. Analisa perilaku daya dukung tiang tunggal dengan rumus statik dan model fisik pada tanah pasir. Jurnal Karya Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Uilly, N.F. Halimah, T., 2018. Analisa daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data NSPT menurut rumus Reese Wright dan penurunan. Jurnal Teknik Sipil.
- [6] Hardiyatmo, H.C., 2011. Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] Hulu, H.B., 2015. Analisa daya dukung pondasi bored pile dengan menggunakan metode analitis (Studi kasus Proyek Manhattan Mall dan Condominium). Tugas Akhir, Bidang Studi Geoteknik, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.

- [8] Zongqi, B., Quanmei, G., Peijun, G. Qian, C., 2020. Experimental study of the evolution of soil arching effect under cyclic loading based on trapdoor test and particle image velocimetry. *Canadian Geotechnical Journal*, 57(6).