

Kajian Pemilihan Struktur Fondasi Bangunan Empat Lantai (Studi Kasus Desain Gedung GLT 1 dan GLT 3 Institut Teknologi Sumatera)

Received 10th November 2021
Accepted 15th December 2021
Published 31st December 2021

Open Access

Rahmat Kurniawan^{*a}, Syahidus Syuhada^a, Nugraha Bintang Wirawan^a, Tara Editya^a, Fernando Manik^a

^a Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

*Koresponden E-mail: rahmat.kurniawan@si.itera.ac.id

Abstract: Foundation is a construction at the base of the building structure which has function for distributing the load caused by the top structure. In designing building, it is necessary to select a foundation that is efficient in terms of cost and time, without ignoring the requirement in technical criteria. This research was conducted to analyze the type of foundation that is efficient and effective for Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) dan Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3) Institut Teknologi Sumatera, by comparing the cost and time of raft foundation and bored pile foundation. GLT 1 and GLT 3 have similarity in story level, 4 stories including roof top, however there is a difference in column spacing. GLT 1 geometry in length is 56 m, width is 24 m, and column spacing is 8 m. Meanwhile, GLT 3 geometry in length is 72 m, width is 27 m, and column spacing is 6 m. Based on the analysis, foundation work for GLT 1 is concluded that cost for constructing bored pile is cheaper compare to cost for constructing raft foundation. In contrary, constructing bore pile for GLT 3 is a bit more expensive than constructing raft foundation. However, time to construct raft foundation requires longer period than bored pile foundation.

Keywords: *raft foundation, bored pile foundation, cost efficiency, time efficiency*

Abstrak: Fondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban yang disebabkan struktur bangunan bagian atas. Dalam perencanaan suatu bangunan, diperlukan pemilihan fondasi yang efisien dalam hal biaya maupun waktu pengerjaan dan tidak melupakan kriteria desain yang ada. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis jenis fondasi yang efisien dan efektif digunakan pada Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) dan Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3) Institut Teknologi Sumatera dengan membandingkan biaya dan waktu pekerjaan fondasi rakit pelat rata dan fondasi tiang bor. GLT 1 dan GLT 3 mempunyai kesamaan dalam jumlah lantai yaitu 4 lantai termasuk atap, namun berbeda dari jarak antar kolom. GLT 1 memiliki geometri gedung dengan panjang 56 m, lebar 24 m dan jarak antar kolom 8 m. Sedangkan GLT 3 memiliki geometri gedung dengan panjang 72 m, lebar 27 m dan jarak antar kolom 6 m. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, pekerjaan fondasi pada GLT 1 menyimpulkan bahwa dari aspek biaya pekerjaan fondasi tiang bor lebih hemat dibandingkan fondasi rakit. Sebaliknya, pekerjaan fondasi tiang bor pada GLT 3 lebih mahal sedikit dibandingkan pekerjaan fondasi rakit. Dari aspek waktu, pekerjaan fondasi rakit membutuhkan waktu lebih lama dari pekerjaan fondasi tiang bor.

Kata Kunci : *fondasi rakit, fondasi tiang bor, efisiensi biaya, efisiensi waktu*

Pendahuluan

Fondasi merupakan elemen utama dari suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk mengalihkan beban yang dipikul dari struktur atas dan menyalurkan beban ke tanah dasar [1]. Berdasarkan pada kedalaman konstruksinya fondasi dibagi kedalam dua jenis, yaitu fondasi dalam dan fondasi dangkal. Fondasi dangkal yaitu fondasi yang kedalaman tertanamnya 3 (tiga) sampai 4 (empat) dari

lebarnya, selain itu termasuk kedalam fondasi dalam [6]. Fondasi telapak setempat, rakit dan telapak menerus merupakan fondasi dangkal. Fondasi tiang pancang dan tiang bor merupakan contoh dari fondasi dalam.

Sosrodarsono [2] menyimpulkan pemilihan jenis struktur bawah (sub-structure) gedung harus mempertimbangkan 4 (empat) faktor berikut:

1. Keadaan tanah fondasi yang didasarkan pada hasil penyelidikan tanah untuk menentukan jenis tanah, letak tanah keras, muka air tanah dan parameter kekuatan serta penurunan tanah.
2. Transfer beban dari struktur atas baik beban statik maupun beban gempa. Beban aksial dan horizontal yang besar memerlukan daya dukung tanah yang besar pula.
3. Ketergangguan kondisi lingkungan sekitar saat pembangunan.
4. Biaya pembangunan dan waktu pelaksanaan pekerjaan fondasi.

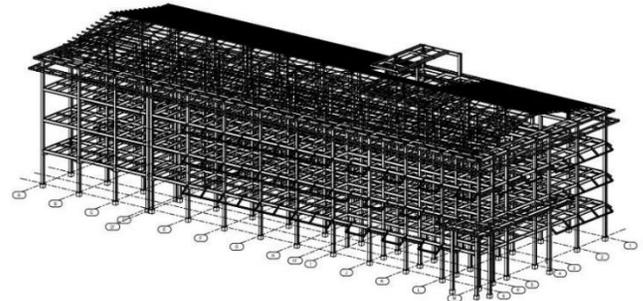
Pada lokasi tanah yang memiliki daya dukung yang baik, penggunaan fondasi dangkal adalah suatu pilihan yang tepat untuk bangunan. Pada pembebanan yang tidak besar, jenis fondasi telapak setempat atau menerus dapat menjadi alternatif penggunaan fondasi dangkal, namun jika beban yang dipikul cukup besar maka dibutuhkan dimensi yang cukup besar untuk menjadikan tegangan akibat bangunan tidak melebihi tegangan izin tanah. Jika lebar fondasi yang digunakan beririsan antar fondasi yang ada pada kolom – kolom bangunan, maka fondasi dapat dibuat menjadi satu kesatuan fondasi yang mencakupi sebagian / seluruh bangunan. Fondasi jenis ini disebut dengan fondasi rakit.

Berdasarkan penelitian dan kajian terdahulu, penggunaan fondasi rakit menjadi rekomendasi penggunaan pondasi karena dinilai lebih ekonomis dibandingkan penggunaan fondasi dalam. Salah satunya ditinjau dari volume galian yang berkurang [3]. Namun, penggunaan fondasi rakit menjadi tidak efektif jika luas bangunan dan jarak antar kolom tergolong jauh. Hal ini menyebabkan distribusi tegangan hanya terjadi pada bagian kolom.

Tanah di sekitar Institut Teknologi Sumatera (ITERA) tergolong cukup kuat. Ini dapat dilihat dari hasil pengujian tanah lapangan berupa *Standard Penetration Test* (SPT) dengan rata – rata nilai jumlah pukulan (NSPT) lebih dari 30 pada 30 cm terakhir pukulan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian terhadap jenis fondasi dari aspek kriteria teknis, biaya, dan waktu pelaksanaannya. Fokus penelitian ini adalah mengkaji jenis fondasi yaitu fondasi bor yang mewakili fondasi dalam dan fondasi rakit pelat rata yang mewakili fondasi dangkal pada dua gedung yang memiliki jumlah lantai yang sama (4 lantai) namun jarak antar kolom yang berbeda.

Metode

Data struktur atas seperti geometri gedung, dimensi struktur, peruntukan ruangan merupakan data yang dibutuhkan dalam analisis fondasi bangunan. Untuk data tersebut, dalam penelitian ini diambil dari gambar struktur atas dari Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) dan Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3) Institut Teknologi Sumatera.



Gambar 1. Bentuk tiga dimensi struktur Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3)

Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) memiliki panjang dan lebar bangunan sebesar 56 m x 24 m dan terdiri dari 4 tingkat dengan lantai yang sejenis. Jarak antar kolom yaitu 8 m x 8 m. Tinggi bangunan sebesar 17.1 m dengan lantai 1 setinggi 4.4 m, lantai 2 setinggi, 4.1 m, lantai 3 setinggi 4.1 m dan lantai 4 setinggi 4.5 m.

Sedangkan, Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3) memiliki panjang dan lebar bangunan sebesar 72 m x 27 m dan terdiri dari 4 tingkat dengan lantai yang sejenis. Jarak antar kolom yaitu 6 m x 6 m dan tinggi bangunan sebesar 20.3 m seperti yang terlihat di **Gambar 1**.

Tabel 1. Data penyelidikan tanah GLT 1

Kedalaman (m)	Deskripsi	N-SPT
0,0 – 2,0	Lempung warna coklat kehitaman	31
2,0 – 4,0	Lempung berpasir warna putih konsistensi tanah keras	42
4,0 – 6,0	Lempung berpasir warna abu-abu putih, konsistensi keras sekali	46
6,0 – 8,0	Lempung berpasir warna putih keabu-abuan, konsistensi keras sekali	55
8,0 – 20,0	Pasir membatu berlempung warna abu-abu konsistensi sangat padat.	> 60

Data penyelidikan tanah juga diperlukan untuk menghitung kebutuhan dan dimensi fondasi [4]. Pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** dapat dilihat ringkasan hasil penyelidikan tanah Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) dan Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3).

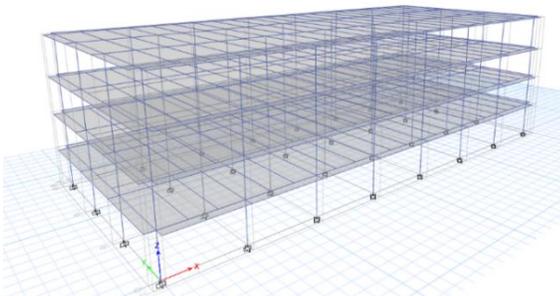
Secara umum, penelitian ini memiliki beberapa tahapan kegiatan diantaranya adalah analisis pembebanan dari struktur atas, perencanaan fondasi tiang bor, perencanaan fondasi rakit, perhitungan biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan fondasi.

Tabel 2. Data penyelidikan tanah GLT 3

Kedalaman (m)	Deskripsi	N-SPT
0 – 2	Lempung konsistensi tanah sangat lunak	28
2 – 4	Lempung berpasir konsistensi tanah keras	42
4 – 6	Lempung berpasir konsistensi tanah sangat kenyal	29
6 – 8	Lempung berpasir konsistensi tanah keras	35
8 – 10	Lempung berkapur konsistensi tanah keras sekali	51
10 – 14	Lempung berbatu konsistensi tanah Keras Sekali	60

Analisis Pembebanan dari Struktur Atas

Dalam analisis fondasi diperlukan beban yang berasal dari struktur atas. Struktur atas dimodelkan dengan bantuan perangkat lunak CSI ETABS, model dapat dilihat pada Gambar 2. Analisis struktur menggunakan dua jenis kombinasi pembebanan yaitu kombinasi beban terfaktor / *Load and Resistant Factor Design* (LRFD) dan kombinasi tegangan izin / *Allowable Stress Design* (ASD) yang ada pada SNI 1727 – 2018 [5].

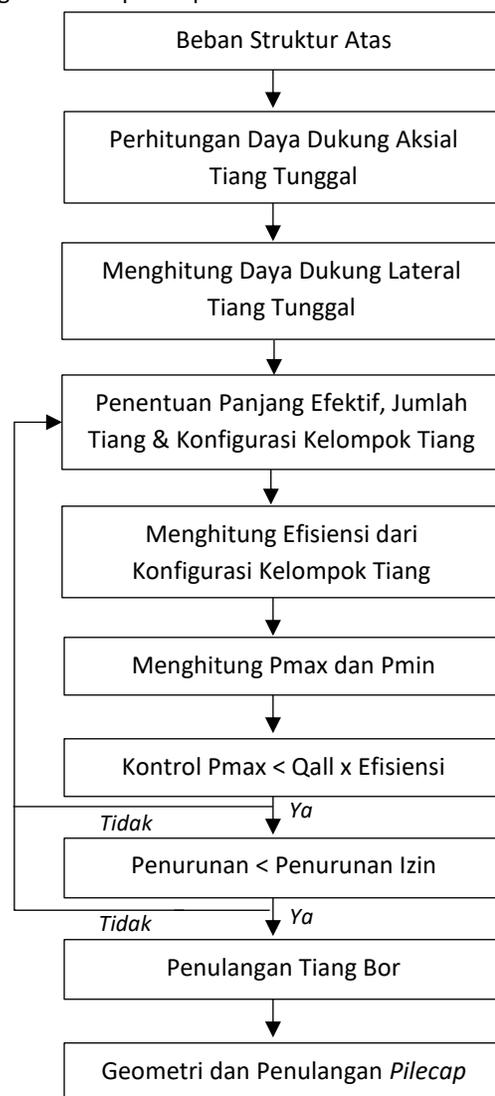


Gambar 1. Permodelan Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1)

Perencanaan Fondasi Tiang Bor (Bore Pile)

Perencanaan fondasi tiang bor terdiri dari perhitungan dimensi penampang, panjang tiang, jumlah tiang yang digunakan, dan perencanaan penulangan dan kuat tekan beton yang digunakan. Perencanaan fondasi bor ini ditentukan dari daya dukung tanah terhadap aksial dan lateral, efek dari efisiensi lateral dan aksial tiang dan gaya dalam yang terjadi pada tiang pondasi.

Metode Meyerhof tahun 1976 digunakan sebagai persamaan empiris untuk menghitung besarnya daya dukung tanah. Metode ini dipilih karena telah diverifikasi secara pengujian lapangan dan numerik [6]. Tahapan perencanaan fondasi tiang bor ditampilkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram alir perencanaan fondasi tiang bor

Perencanaan Fondasi Rakit Pelat Rata

Untuk mendesain fondasi rakit, dapat digunakan dua metode yakni *finite element method* (metode elastis) dan *conventional rigid method* (metode kaku). Menurut American Concrete Institute Commite (ACI 336) tahun 1988, fondasi rakit seharusnya dirancang dengan metode yang sesuai dengan kriteria di bawah ini :

- Metode konvensional kaku jika spasi antar kolom pada suatu baris kurang dari $1,75/\beta$.
- Metode fleksibel elastis jika spasi antar kolom pada suatu baris lebih dari $1,75/\beta$.

Dimana nilai β dihitung menggunakan persamaan :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{L K}{4E_f I_f}} \quad (1)$$

Dengan parameter :

L= Lebar fondasi rakit (m)

K= Modulus *subgrade* tanah dasar (kN/m²)

E_f= Kekakuan fondasi (kN/m²)

I_f= Modulus inersia fondasi (m⁴)

Karena hasil perhitungan menggunakan Persamaan 1 didapatkan spasi antar kolom lebih besar dari $1,75/\beta$, maka digunakan metode elastis dalam analisis.

Perangkat lunak SAFE CSI dengan metoda elastis digunakan dalam menentukan ketebalan dan penulangan fondasi rakit. *Punching shear* harus bernilai kurang dari 1 (satu) sebagai kontrol ketebalan pondasi rakit. Jika nilai *punching shear* bernilai lebih dari 1, maka diindikasikan ketebalan pondasi rakit belum mampu untuk menahan beban geser yang bekerja di setiap kolom [6]. Untuk meningkatkan keamanan terhadap potensi *punching shear* pada pondasi telapak, dilakukan dengan menambah ketebalan pondasi sampai nilai *punching shear* kurang dari 1.

Daya dukung fondasi rakit dihitung menggunakan persamaan dari Meyerhof tahun 1963 [8]. Selanjutnya, daya dukung fondasi rakit digunakan untuk melihat seberapa besar kapasitas tanah yang mampu menahan beban yang diterima.

Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya dilakukan setelah perhitungan teknis fondasi selesai di hitung, karena volume dan jenis fondasi

menentukan besaran biaya yang akan dikeluarkan. Volume yang telah dihitung nanti akan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan sehingga didapatkan harga total dari konstruksi yang akan dibangun [9].

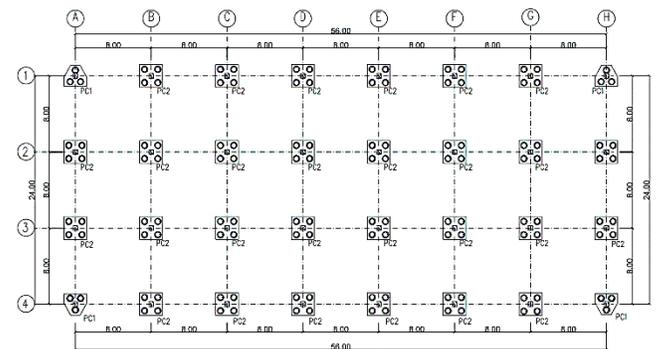
Perencanaan Jadwal Pelaksanaan

Selain harga, waktu pelaksanaan juga menjadi pertimbangan dalam memilih jenis konstruksi yang akan dibangun. Waktu pelaksanaan untuk masing – masing pondasi nanti akan di bandingkan untuk melihat keefektifan fondasi di GLT 1 dan GLT 3.

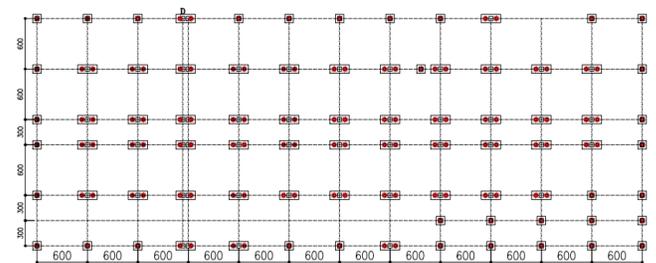
Hasil dan Diskusi

Desain Fondasi Tiang Bor

Kapasitas daya dukung aksial fondasi tiang bor pada Gedung Laboratorium Teknik 1 (GLT 1) didapatkan sebesar 90.307 ton dan daya dukung lateral sebesar 25 ton. Diameter tiang bor yang digunakan adalah 0.7 m dengan kedalaman 10 m. Jumlah fondasi yang digunakan adalah sebanyak 124 tiang. Konfigurasi tiang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Konfigurasi fondasi tiang bor GLT 1



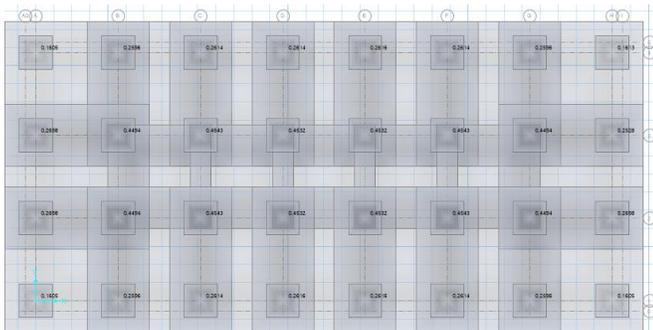
Gambar 5. Konfigurasi fondasi tiang bor GLT 3

Jumlah fondasi tiang yang diperoleh pada Gedung Laboratorium Teknik 3 (GLT 3) lebih sedikit dibandingkan GLT 1. Didapatkan 97 titik fondasi dengan diameter 0.5 m dan

kedalaman 10 m. Untuk konfigurasi tiang pada GLT 3 dapat dilihat pada **Gambar 5**. Hal ini dipengaruhi oleh jarak antar tiang yang mana berpengaruh kepada besarnya beban yang dipikul oleh masing – masing kolom bangunan.

Desain Fondasi Rakit

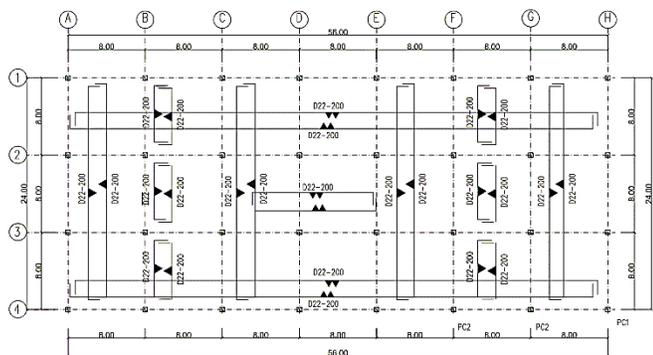
Perangkat lunak SAFE CSI digunakan untuk membantu perencanaan fondasi rakit. Pembebanan pada fondasi rakit didapatkan dari hasil output dari joint reaction perangkat lunak ETABS CSI. **Gambar 6** merupakan pengecekan geser pons menggunakan SAFE CSI untuk menentukan tebal dari fondasi rakit.



Gambar 6. Pengecekan geser pons

Setelah didapatkan ketebalan yang memenuhi kriteria geser pons, selanjutnya dilakukan perhitungan penulangan pelat fondasi. SNI 2847-2013 [10] digunakan untuk perhitungan standar penulangan pelat fondasi berdasarkan gaya dalam yang bekerja. Hasil perhitungan penulangan dapat dilihat pada **Gambar 7**.

Hasil dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan dimensi dari masing – masing fondasi rakit yaitu 58 m x 26 m dengan tebal pelat 1 m untuk GLT 1 dan 74 m x 29 m dengan tebal pelat 0.5 m untuk GLT 3. Untuk penulangan menggunakan sistem penulangan 2 arah.



Gambar 7. Penulangan fondasi rakit GLT 1

Rancangan Anggaran Biaya Pelaksanaan

Rancangan anggaran biaya pelaksanaan didapatkan dari volume pekerjaan dikalikan dengan harga satuan masing – masing pekerjaan. Perhitungan anggaran biaya untuk pekerjaan pelaksanaan fondasi bor di GLT 1 dan GLT 3 dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Total biaya pekerjaan fondasi tiang bor GLT 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Biaya (Rp)
A Pekerjaan Persiapan				
1	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	m	168	11,338,145.28
2	Pembersihan Lahan	m ³	278,4	2,162,807.66
B Pekerjaan Tanah				
1	Galian Pile Cap tipe 1	m ³	8,06	331,401.65
2	Galian Pile cap tipe 2	m ³	58,06	254,618.31
3	Pembuangan Tanah Pile Cap tipe 1	m ³	8,06	168,231.40
4	Pembuangan Tanah Pile Cap tipe 2	m ³	58,06	129,253.42
5	Pasir Urug pile cap tipe 1 t. 10 cm	m ³	2,12	832,710.12
6	Pasir Urug pile cap tipe 2 t. 10 cm	m ³	16,13	666,434.67
C Pekerjaan Struktur Bawah				
Pile Cap Type 1 - 4 Unit				
1	Lantai Kerja Pile Cap t.5 cm	m ³	1,15	2,282,043.45
2	Besi D25	Kg	203,58	127,518,530.59
3	Cor Beton K-300	m ³	7,33	22,084,596.63
4	Bekisting	m ²	6,62	4,530,020.75
Pile Cap Type 2 - 28 Unit				
1	Lantai Kerja Pile Cap t.10	m ³	8,06	16,967,757.31
2	Besi D22	Kg	1408,3	5,437,070.50
3	Cor Beton K-300	m ³	56,45	2,282,043.45
4	Bekisting	m ²	47,04	127,518,530.59
Pekerjaan Sloof				
1	Besi D 16	Kg	15646	488,220,679.32
2	Besi D 10	Kg	3100,3	96,744,132.22
3	Pasir Urug	m ³	10,863	2,810,284.17
4	Lantai Kerja	m ³	21,726	18,840,132.05
5	Bekisting Batako	m ³	473,98	168,081,867.37
6	Cor Beton	m ³	144,45	316,867,044.95
Fondasi Bored Bile - 124 unit				
1	Pekerjaan Fondasi borepile	Ls	1240	1,760,710,849.24
				2,997,999,488.80

Tabel 4. Total biaya pekerjaan fondasi tiang bor GLT 3

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Biaya (Rp)
A Pekerjaan pendahuluan				
1	Pembersihan 1 m ² lapangan dan perataan	m ³	429,2	3,334,328.48
2	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank 1 m ¹	m	206	17,611,998.84
B Pekerjaan Tanah				
1	Penggalian 1 m ³ tanah biasa sedalam 1 m	m ³	554,94	4,230,377.18
2	Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 30 meter	m ³	554,94	2,147,491.65
C Pekerjaan struktur bawah				
1	Pengeboran, penulangan dan pengecoran tiang bor	Bh	97	1,887,535,223.91
3	Buangan lumpur hasil pengeboran tiang bor	m ³	235,69	34,135,161.51
4	Urug pasir urug pilecap 10 cm	m ³	15,78	3,541,696.39
5	Lantai kerja K-125 tebal 5 cm	m ³	7,89	7,766,489.90
6	Pembesian pilecap PC - 1; PC - 2; PC - 3	Kg	13534	166,267,305.00
7	Bekisting PC - 1; PC - 2; PC - 3	m ²	264,6	62,963,557.63
8	Cor beton K-300 pilecap	m ³	86,79	98,749,321.81
9	Pembesian sloof	Kg	420,21 21	8,169,733.30
10	Bekisting sloof	m ³	1034,7 6	235,648,766.26
11	Pengecoran sloof	m ³	124,2	152,318,253.46
Total (Rp)				2,657,095,509.17

Didapatkan besarnya biaya untuk pekerjaan fondasi pada GLT 1 yaitu Rp. 2.997.999.488,00 sedangkan anggaran biaya pada GLT 3 adalah sebesar RP. 2.657.095.509,17. Komponen pekerjaan terbesar adalah yaitu pengeboran, penulangan, dan pengecoran tiang fondasi. Dapat dilihat walaupun jumlah fondasi berbeda, namun anggaran biaya pada GLT 1 dan GLT 3 anggaran biaya tidak jauh berbeda. Hal ini salah satunya disebabkan oleh penggunaan dimensi fondasi yang digunakan cukup signifikan.

Pada kasus fondasi rakit, untuk GLT 1 didapatkan anggaran biaya sebesar Rp. 4.091.887.981.35 sedangkan untuk GLT 3 didapatkan Rp. 2.483.207.802,61. Komponen pekerjaan yang memiliki pengaruh terbesar dalam pembiayaan yaitu pembiayaan pengecoran. Perbedaan yang cukup signifikan ini disebabkan oleh perbedaan ketebalan yang cukup besar

juga. Rincian anggaran pembiayaan dapat dilihat pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Total biaya pekerjaan fondasi rakit GLT 1

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Biaya (Rp)
A Pekerjaan Persiapan				
1	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	m ¹	168	11,472,125.28
2	Pembersihan Lahan	m ³	278,4	2,068,772.55
B Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	m ³	1508	26,567,586.18
2	Pembuangan tanah	m ³	1508	13,486,662.56
3	Pasir Urug t. 10 cm	m ³	150,8	34,895,259.94
C Pekerjaan Fondasi Rakit				
1	Lantai kerja beton K-125	m ³	150,8	95,630,516.69
2	Bekisting pelat fondasi rakit (kayu)	m ²	516	208,290,469.20
3	Pembesian Pelat	kg	84839, 97	1,870,433,944.95
4	Pengecoran Pelat	m ³	1508	1,829,042,644.00
Total (Rp)				4,091,887,981.35

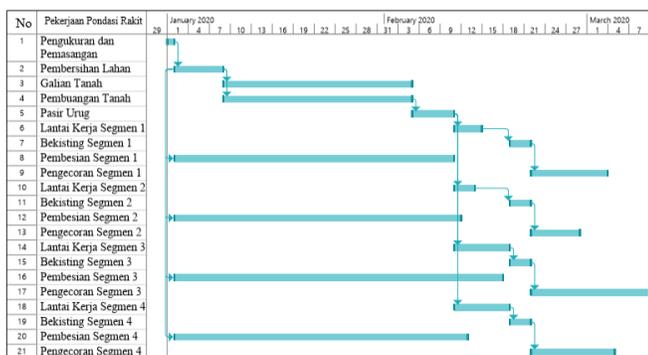
Tabel 6. Total biaya pekerjaan fondasi rakit GLT 3

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Biaya (Rp)
A Pekerjaan Pendahuluan				
1	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank 1 m ¹	m	214	2,478,989.67
2	Perataan dan pembersihan 1 m ³ lapangan	m ³	471,2	18,295,959.96
B Pekerjaan Tanah				
1	Penggalian 1 m ³ tanah	m ³	1394,9	25,692,063.45
2	Pembuangan 1 m ³ tanah sejauh 3 Km	m ³	1394,9	13,042,215.73
3	Pengurangan 1 m ³ dengan pasir urug	m ³	214,6	51,915,850.02
C Pekerjaan fondasi				
1	Lantai kerja K-125	m ³	107,3	113,844,858.78
2	Bekisting pelat fondasi rakit (kayu)	m ²	103	23,456,475.83
3	Pembesian D-22 pelat fondasi rakit	kg	47246	918,559,602.03
4	Pengecoran beton K-300 pelat fondasi rakit	m ³	1073	1,315,921,787.14
Total (Rp)				2,483,207,802,61

Dari segi anggaran biaya yang didapatkan, bisa diambil kesimpulan bahwa pada GLT 1 penggunaan fondasi tiang bor lebih hemat 26.73 % dibandingkan dari fondasi rakit. Sebaliknya, untuk GLT 3 pekerjaan fondasi rakit lebih hemat 6.54 %, sehingga untuk GLT 3, lebih tepat digunakan fondasi rakit dari sisi anggaran biaya.

Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Fondasi

Kapasitas produksi pekerja terhadap volume sangat mempengaruhi durasi pekerjaan. Microsoft project digunakan untuk membantu mempermudah penjadwalan pekerjaan fondasi. Keputusan untuk memilih desain selain dari pertimbangan biaya, juga dilihat dari pertimbangan jadwal (durasi). Pada **Gambar 10** dapat dilihat salah satu contoh penjadwalan untuk fondasi rakit yaitu pada GLT 1 menggunakan *Microsoft Project*.



Gambar 8. Penjadwalan pekerjaan fondasi rakit GLT 1

Tabel 7. Total waktu pelaksanaan pekerjaan fondasi

GEDUNG	TOTAL WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN	
	FONDASI TIANG BOR	FONDASI RAKIT
GLT 1	59 HARI	69 HARI
GLT 3	79 HARI	99 HARI

Berdasarkan pada **Tabel 7** di atas, durasi pelaksanaan pekerjaan fondasi rakit membutuhkan waktu lebih lama daripada pekerjaan fondasi tiang bor. Durasi pekerjaan fondasi tiang bor lebih cepat karena proses perakitan penulangan yang lebih sederhana dibandingkan penulangan fondasi rakit. Pekerjaan pembesian fondasi rakit merupakan komponen dengan durasi paling lama.

Kesimpulan

Setelah melakukan analisis baik dari aspek teknis yang berupa desain fondasi secara geometri maupun struktural, aspek biaya yang didasarkan dari kebutuhan material dan

metode pelaksanaan, dan aspek waktu pelaksanaan pekerjaan. Beberapa kesimpulan yang dapat diberikan yaitu:

1. Karena adanya perbedaan jarak antar kolom menyebabkan perbedaan pembebanan pada titik fondasi. Hal ini berdampak kepada perbedaan dimensi, kedalaman, dan jumlah fondasi bor yang di gunakan di GLT 1 dan GLT 3. Pada GLT 1 digunakan jarak antar kolom sebesar 8 m sedangkan pada GLT 3 digunakan 6 m.
2. Dalam analisis pelat fondasi rakit dapat menggunakan metoda konvensional kaku dan metoda elastis, tergantung kepada jarak antar kolom. Analisis fondasi rakit pada GLT 1 dan GLT 3 ini berdasarkan jarak antar kolom menggunakan metoda elastis menggunakan bantuan perangkat lunak SAFE CSI.
3. Pada GLT 1 penggunaan fondasi tiang bor lebih hemat dibandingkan dari fondasi rakit. Sebaliknya, untuk GLT 3 pekerjaan fondasi rakit lebih hemat sehingga untuk GLT 3.
4. Durasi pekerjaan fondasi rakit lebih lama dibandingkan fondasi bor karena proses penulangan dan perakitan pembesian yang cukup kompleks.

Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] H. C. Hardiyatmo. "Analisis dan Perancangan Fondasi I". Gadjah Mada University Press, 2010.
- [2] S. Sosrodarsono, K. Nakazawa, I. Taulu. "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi". Pradnya Paramita, 1980.
- [3] Hartono. "Perencanaan Pondasi Rakit Dan Pondasi Tiang Dengan Memperhatikan Differential Settlement Studi Kasus Gedung Fasilitas Umum Pendidikan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (UNTAG)". Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [4] Persyaratan Perancangan Geoteknik, SNI 8460:2017, 2017.
- [5] Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. SNI 1727:2018, 2018.
- [6] R. Kurniawan, A. Sitepu, and S. Syuhada, "Studi Numerik Pengaruh Jarak Dan Konfigurasi Kelompok Tiang Terhadap Daya Dukung Aksial Tekan Fondasi Dalam", FROPIL, vol. 8, no. 1, pp. 25-35, Jun. 2020.
- [7] Klemencic, R., Mcfarlane, I. S., Hawkins, N. M., & Nikolaou, S. (2012). Seismic Design of Reinforced Concrete Mat Foundations A Guide for Practicing Engineers, NEHRP Seis(7).

- [8] B. M. Das, "Principles of Foundation Engineering". Cengage Learning, 2016.
- [9] G. Rustira and E. Walujodjati, "ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA PADA PONDASI TELAPAK, BOR PILE DAN TIANG PANCANG DENGAN DAYA DUKUNG YANG SAMA", *Jurnal Konstruksi*, vol. 13, no. 1, Apr. 2016.
- [10] Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013, 2013.