ISSN 2685-0605

Perencanaan Pondasi *Spun Pile* Pada Gedung *Control Room* PT. Perta Arun Gas

Al-Abraar Muazzin[1] Munira Sungkar[2] Hendra Gunawan[3] Yus Yudhyantoro[4] Purwandy Hasibuan[5]
[1] Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia
[2,3,4,5]Dosen, Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.
**corresponding author, email : abraarmuazzin25@gmail.com*

Abstract

The control room building of PT. Perta Arun Gas is 44 years old and the condition of the building is visually in good condition, but its capabilities are still limited located in segment B of the building so that an additional floor is needed in Segment A which will later as operating room or instruments refer room. Planning for additional floors in the control room building of PT. Perta Arun Gas resulted in an additional load so that a suitable foundation was needed to distribute the load of the building. This study aims to plan a spun pile foundation with a single pile from the calculation of the carrying capacity of the Meyerhoff method (1956), Luciano Decourt (1982), Thomlinson (1977), and the reduction of the Vesic method (1977. Based on the calculation results obtained a single pile spun pile foundation with a diameter of 50 cm with a depth of 26 m and has an allowable carrying capacity of 137.39 tons with a decrease in the Vesic method (1977) of 0.91 cm. From the calculation results, it can be concluded that the alternative foundation is at a depth of hard soil and strong to withstand the load of the building.

Keywords: Control Room, Perta Arun Gas, Spun Pile Foundation, Bearing Capacity, Settlement.

Abstrak

Gedung control room milik PT. Perta Arun Gas sudah berumur 44 tahun dan Kondisi bangunan secara visual dalam keadaan baik tetapi kapabilitas yang masih terbatas terletak di ruangan lantai dua segmen bangunan B sehingga dibutuhkan penambahan lantai pada Segmen A yang nanti akan difungsikan menjadi ruangan operator atau ruang instruments refer. Perencanaan penambahan lantai pada gedung control room PT. Perta Arun Gas mengakibatkan penambahan beban sehingga dibutuhkan pondasi yang cocok untuk menyalurkan beban struktur atas bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pondasi spun pile dengan tiang tunggal dari perhitungan daya dukung metode Meyerhoff (1956), Luciano Decourt (1982), Thomlinson (1977) dan penurunan metode Vesic (1977. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh alternatif pondasi tiang tunggal spun pile berdiameter 50 cm dengan kedalaman 26 m dan memiliki daya dukung izin 137,39 ton dengan penurunan metode Vesic (1977) sebesar 0,91 cm. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa alternatif pondasi berada pada kedalaman tanah keras dan kuat menahan beban bangunan.

Kata kunci : Control Room, Perta Arun Gas, Pondasi Spun Pile, Daya Dukung, Penurunan.

1. Pendahuluan

Gedung *control room* PT. Perta Arun Gas terletak pada area 72 yang dibangun oleh perusahaan luar negeri yaitu *Becthel Internasional Limited London* pada tahun 1976 masih dengan gambar kerja manual/*hand drawing* (Perta Arun Gas, 2018) [1]. Gedung ini sudah berumur 44 tahun dan Kondisi bangunan *control room* PT. PAG secara visual dalam keadaan baik tetapi kapabilitas yang masih terbatas terletak di ruangan lantai dua segmen bangunan B. Salah satu penyebabnya yaitu panel-panel dan alat-alat mekanik (*instruments refer)* yang telah bertambah sehingga mengakibatkan ruangan tersebut menjadi sesak dan sempit. Oleh sebab itu, gedung *control room* membutuhkan penambahan ruang dan lantai akibat penuhnya kapasitas beberapa ruangan pada segmen bangunan A gedung *control room* PT. PAG. Penambahan lantai nanti akan difungsikan menjadi ruangan operator atau ruang *instruments refer* dan panel-panel, dengan struktur bangunan penambah lantai rencana dipilih struktur beton bertulang ataupun struktur komposit dilihat keuntungan dan kelemahan setelah dilakukan desain dan analisanya. Putri [2] dalam penelitiannya hanya melakukan analisa kelayakan serta kekuatan elemen struktur untuk penambahan lantai pada gedung *control room* tanpa melakukan perhitungan atau perencanaan struktur bawah bangunan. Dalam proses penambahan ruang, perlu diperhatikan kestabilan antara struktur atas bangunan (*upper structure*) dan struktur bawah bangunan (*sub structure*). Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan perencanaan struktur bawah bangunan yang mampu menahan beban gedung setelah dilakukan penambahan lantai dari 2 lantai menjadi 3 lantai pada banguan segmen A. Salah satu struktur bawah bangunan adalah pondasi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi dari struktur atas ke lapisan tanah dasar. Hardiyatmo [3] menjelaskan pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Keadaan tanah sekitar gedung *control room* termasuk kategori kohesif yang berarti dominan lempung yang bercampur dengan lanau dengan pondasi eksisting pada gedung ini berjenis pondasi telapak dengan lebar 1,5 m. Penambahan lantai mengakibatkan pertambahan beban sehingga harus di uji kelayakan pondasi telapak. Dari hasil uji *Standard Penetration Test (SPT)* di lapangan didapat data bahwa kedalaman tanah keras berada di kedalaman 26 m yang berarti apabila pondasi telapak tidak layak terhadap penambahan

beban maka direncanakan alternatif pondasi *spun pile*. Menurut Das [4] *Spun pile* merupakan salah satu pondasi dalam yang berbentuk bulat dan berongga pada bagian tengah. Pemilihan pondasi spun pile sebagai alternatif karena kekuatan dan kualitas *concrete* tinggi yang diperoleh dari proses *spinning* yang mengakibatkan homogenitas dan kepadatan *concrete.* Tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang tunggal *spun pile* setelah ada penambahan lantai pada gedung *control room* PT. PAG.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Dan Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang diperoleh antara lain :

- Data Tanah (N-SPT) sebanyak 1 titik (BH-01) yang diperoleh dari Laboratorium Penelitian Terpadu Unsyiah (2017) [5];
- As built drawing control room yang diperoleh dari perpustakaan PT. PAG;
- Permodelan dan data beban struktur setelah modifikasi dan penambahan lantai yang diperoleh dari Maharani Putri (2021) [2].

2.2 Teknik Analisis

Teknik analisis yang dilakukan pada penelitian ini berupa perencanaan pondasi *spun pile* berdasarkan perhitungan daya dukung tiang tunggal dalam tiga metode yaitu metode Meyerhoff (1956), metode Luciano Decourt (1982) dan metode Thomlinson (1977) dengan dua diameter berbeda yaitu pondasi *spun pile* diameter 50 cm dan 60 cm. Setelah perhitungan daya dukung dilanjutkan dengan perhitungan penurunan terhadap pondasi tiang tunggal dengan menggunakan metode Vesic (1977) dengan mengambil salah satu daya dukung terkecil dari ketiga metode.

2.2.1 Analisis beban gedung *control room* PT. Perta Arun Gas

Analisis beban gedung setelah penambahan lantai mengambil data yang telah di teliti oleh Putri [2] dengan desain gedung seperti pada Gambar 1.

Gambar 1. Pemodelan gedung *control room* pada Etabs

Sumber : Putri [2]

Tabel 1. Rekap pembebanan setelah penambahan

No.	KOLOM	Pz Ton	Px Ton	Py Ton	Mx Ton-m	My Ton-m
1	A1	51.37	9.01	7.81	12.04	8.79
2	A2	31.82	14.59	14.89	5.86	11.67
3	A3	24.65	0.51	1.51	0.79	5.20
4	A4	20.93	0.55	1.14	1.82	1.10
5	B1	49.03	22.33	7.83	25.03	8.64
6	B2	26.65	14.19	1.91	17.25	14.91
7	B4	23.24	0.39	2.32	1.33	7.75
8	C1	57.00	27.85	5.52	20.36	7.98
9	C2	40.06	15.72	12.25	21.41	20.41
10	C4	32.59	3.01	3.10	6.83	11.73
11	C5	4.11	0.22	0.72	0.55	1.19
12	D1	47.72	21.61	8.17	25.29	9.62
13	D2	32.80	12.23	9.86	9.25	23.03
14	D4	20.61	6.42	4.21	8.22	14.05
15	E1	35.71	3.32	6.49	12.97	8.23
16	E2	31.02	7.46	4.76	16.29	8.03
17	E3	32.43	6.86	1.15	1.61	2.51
18	E4	27.31	1.89	7.91	1.43	6.90
19	E5	4.19	0.25	0.71	0.58	1.06

2.2.2 Analisis Daya Dukung Pada Pondasi *Spun Pile*

Langkah pertama perhitungan adalah perhitungan daya dukung menurut 3 metode yaitu metode Meyerhoff (1956), metode Luciano Decourt (1982) dan metode Thomlinson (1977). Penulis melakukan perhitungan untuk diameter 50 cm atau 60 cm dengan contoh kedalaman berbeda pada setiap metode.

a. Perhitungan Daya Dukung Pondasi Metode Meyerhoff (1956)

Contoh perhitungan daya dukung menurut Meyerhoff [6] pada kedalaman 14 meter untuk tiang pancang berdiameter 50 cm yang memiliki N-SPT = 40 dengan jenis tanah pasir. N1 = N-SPT = 40.

□ □□= γsat – 1 x 0,2 + □' pada lapisan 13,80 m

= 12,48 t/m^2

Pada kedalaman ini dikarenakan pengaruh terhadap tegangan vertikal efektif □ □ = 12,48 t/m^2 lebih

besar dari 7,5 t/m^2, maka N1 perlu dikorelasi berdasarkan Bazaraa sebagai berikut :

$N_2 = \frac{4N_1}{3{,}25+0{,}1\ P'o}$

$N_2 = 35{,}57$

$2N_1 = 80$

Karena N_2 = 35,57< $2N_1$ = 80, maka N yang dipakai adalah 35,57.

Kemudian dilakukan perhitungan N rata-rata 8D keatas dan 4D kebawah yaitu :

8D = 4,0 m

4D = 2,0 m

Maka, N rata-rata = 33,65 (didapat dari rata-rata N pakai pada kedalaman 10 m – 16 m).

Selanjutnya, dilakukan perhitungan tahanan ujung (Qp) yaitu :

Qp = 40$N_{rata\text{-}rata}$ x Ap

Qp = 264,25 ton

Setelah itu, dilakukan perhitungan hambatan geser selimut yaitu :

Fsi = N_2/5 (dikarenakan jenis pasir)
= 7,11 t/m^2

Rsi = fsi x A selimut
= 2,24 ton

∑Rsi (Qs) = ∑Rsi sebelumnya + Rsi

Qs = 144,68 ton

Qult = Qp + Qs
= 408,93 ton

Untuk Q izin (Qall), menurut Meyerhoff (1956) menetapkan bahwa nilai SF minimum untuk pondasi adalah 3.

Qall = Qult/SF
= 136,31 ton

b. Perhitungan Daya Dukung Metode Luciano Decourt (1982)

Contoh perhitungan dengan daya dukung Luciano Decourt dalam Muarif (2020) [7] diameter tiang 50 cm. contoh perhitungan daya dukung pada kedalaman 14 meter yang memiliki nilai NSPT 40 dengan jenis tanah lempung.

Diketahui :

Diameter pondasi (D) = 50 cm

Panjang pondasi = 14 m

Luas penampang pondasi (Ap) = ¼ x π x D^2
= 0,20 m^2

Keliling pondasi (p) = π x D
= 1,57 m

Perhitungan pertama dilakukan koreksi terhadap berat volume efektif dari tanah :

$\gamma' = kedalaman\ x\ \gamma\ sat$

$\gamma' = 27{,}30$ t/m^2

Dilanjutkan dengan perhitungan Faktor koreksi terhadap tekanan efektif overburden (Cn) menggunakan persamaan Seed-Idriss (1982)

$Cn = \frac{2{,}2}{\left(1{,}2+\frac{p'o}{Pa}\right)}$, (Pa = 100 Kpa = 10,91 t/m^2)

$Cn = 0{,}57$

Kemudian menggunakan faktor koreksi Cn untuk mengkoreksi harga N lapangan hasil test, dimana

N1 = Cn x N-SPT

N1 = 22,69

Kemudian dilakukan perhitungan N rata-rata (Np) 4D keatas dan 4D kebawah yaitu :

4D = 2,0 m

Untuk nilai Qp dapat dihitung menggunakan persamaan :

Np = 22,08 (didapat dari rata-rata N1 pada kedalaman 12 m – 16 m)

K = 25 t/m^2 (untuk tanah lanau berpasir)

Qp = $(Np\ x\ K)\ x\ Ap$
= 108,39 ton

Perhitungan selanjutnya adalah daya dukung pada selimut tiang.

β = 1 (koef. Selimut tiang untuk driven pile)

Ns = 22,78 (nilai N1 rata-rata sepanjang tiang terbenam)

Qs = $\beta\left(\frac{Ns}{3}1\right) x\ (Keliling\ x\ kedalaman\ tiang)$
= 189,00 ton

Daya dukung ultimit tiang

Qult = Qp + Qs
= 297,39 ton

Daya dukung izin tiang tunggal

Qall = $\frac{Qult}{SF}$
= 118,96 ton

c. Perhitungan Daya Dukung Thomlinson (1977)

Contoh perhitungan daya dukung menurut Thomlinson [8] pondasi berdiameter 60 cm pada kedalaman 14 meter yang memiliki nilai N-SPT 40 dengan jenis tanah pasir.

Diketahui :

Diameter pondasi (D) = 50 cm

Panjang pondasi = 26 m

Luas penampang (Ap) = ¼ x π x D^2
= 0,28 m^2

Keliling pondasi (p) = π x D
= 1,88 m

- Daya dukung ujung tiang

Perhitungan awal yaitu menghitung berat volume efektif (γ ′) sama seperti pada metode Luciano Decourt. Perbedaannya adalah pada metode Thomlinson (γ ′) dianggap konstan setelah kedalaman 15D.

15D = 9 m → γ' = 16,47 t/m^2

Berarti pada kedalaman 9 m – 30 m nilai γ' dianggap 16,47 t/m^2.

Cu = 42 t/m^2 (kedalaman 25,8 m – 30 m)

Untuk daya dukung ujung (Qp) dapat dihitung menggunakan persamaan :

Qp = Ap x Cu x Nc

= 74,22 ton

- Daya dukung selimut tiang

As = p x kedalaman tiang (m)

= 40,84 m

f = gesekan selimut tiang

- Untuk tanah lempung

α = 0,5 (berdasarkan Gambar 4.6)

f = α x Cu

= 21 t/m^2

Untuk perhitungan daya dukung selimut tiang (Qs) pada kedalaman 26 m (tanah pasir) dapat menggunakan persamaan :

Qs = As x f

= 857,65 ton

- Daya dukung ultimit

Qult = Qp + Qs

= 931,87 ton

- Daya dukung izin

Qall = $\frac{Qult}{SF}$

= 372,75 ton

2.2.3. Analisis Penurunan Tiang Tunggal pada Pondasi *Spun Pile*

Penurunan pada pondasi tiang tunggal *spun pile* dapat dihitung dengan metode *Vesic* (1977) [9] menggunakan persamaan berikut :

Dimana :

Se = Total penurunan tiang pancang

Se(1) = Penurunan elastis tiang pancang

Se(2) = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban pada ujung tiang

Se(3) = Penurunan tiang pancang dikarenakan beban yang ditransmisikan sepanjang kulit tiang

1. Penurunan Pondasi Spun Pile untuk Diameter 50 cm

Diketahui dari perhitungan daya dukung spun pile dengan diameter pondasi 50 cm pada kedalaman 26 m menggunakan metode Luciano Decourt (1982).

Q_{wp} = 47,31ton

Q_{ws} = 296,16 ton

Penurunan Se $_{(1)}$ yaitu :

E beton = 3389218,2 t/m^2

L = 26 m

ξ = 0,67

Ap = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$

= 0,20 m^2

Se $_{(1)}$ = $\frac{Q_{wp} + \xi\, Q_{ws}}{A_p \times E} L$

= 0,0087 m

= 0,87 cm

Penurunan Se$_{(2)}$ yaitu :

qWp = $\frac{Q_{wp}}{Ap}$

= 240,95 ton

μ = 0,4

Se$_{(2)}$ = $\frac{qWp\ D}{Es}(1 - \mu s^2)\, l_{wp}$

= 0,029 cm

Penurunan Se$_{(3)}$ yaitu :

lws = $\left(2 + 0{,}35\sqrt{L/D}\right)$

= 4.52

Se$_{(3)}$ = $\frac{Q_{ws\,D}}{p\ L\ Es}(1 - \mu s^2)\, l_{ws}$

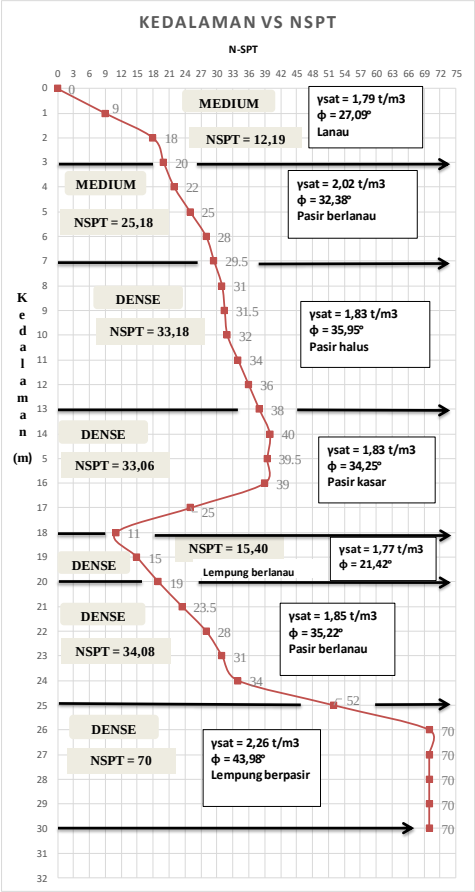
= 0,0023 cm

Penurunan Total tiang tunggal (S_e) adalah :

S_e = Se$_{(1)}$+Se$_{(2)}$+S3$_{(3)}$

= 0,91 cm

Penurunan yang diizinkan (S_{izin}) menurut Terzaghi (1969) [10] :



S_{izin} = 10% x D

= 5 cm

$S_e < S_{izin}$ = 0,91 cm < 5 cm (OK)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

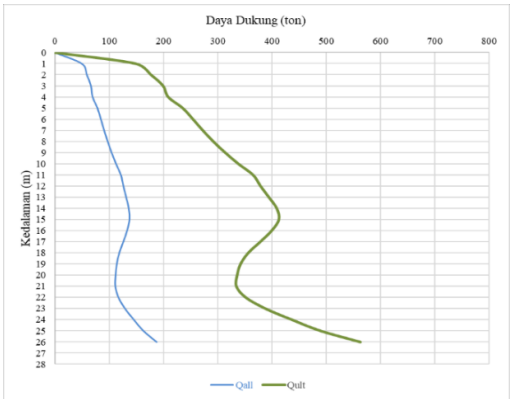
3.1.1. Korelasi Parameter Tanah

Berikut hasil korelasi parameter terhadap nilai N-SPT sampai kedalaman 30 meter. Parameter ini yang digunakan untuk perhitungan daya dukung pondasi *spun pile.*

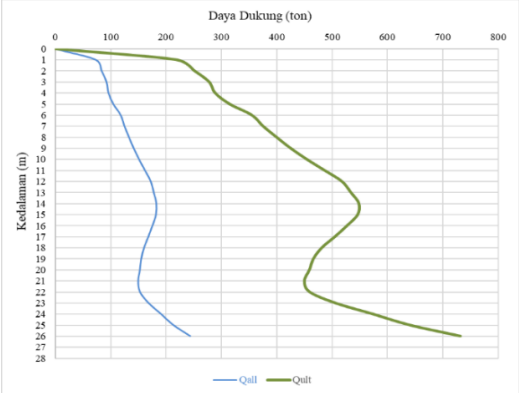
Gambar 2. Hubungan kedalman dan nilai NSPT

3.1.2 Daya Dukung Pondasi *Spun Pile*

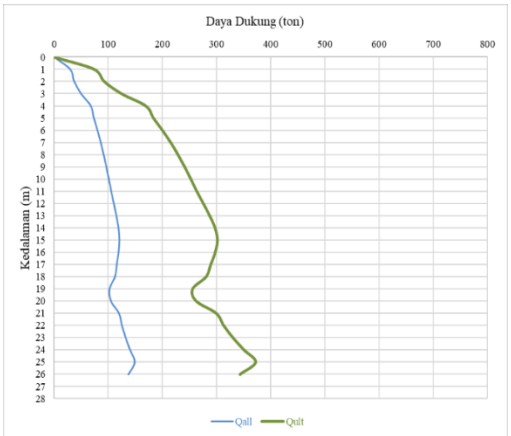
Dari parameter tanah didapat daya dukung pondasi spun pile dengan diameter 50 cm dan 60 cm.



Gambar 3. Daya dukung *spun pile* metode Meyerhoff (1956) diameter 50 cm

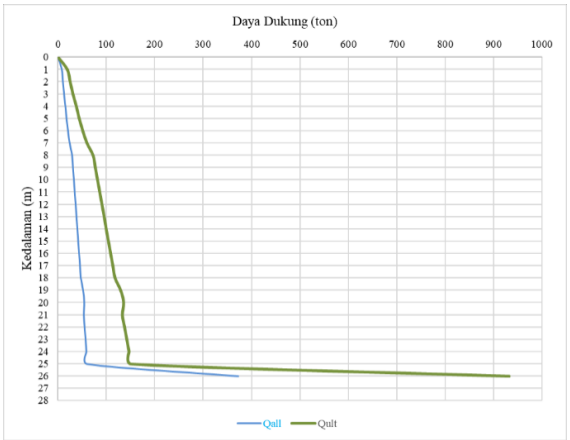


Gambar 4. Daya dukung spun pile metode Meyerhoff (1956) diameter 60 cm

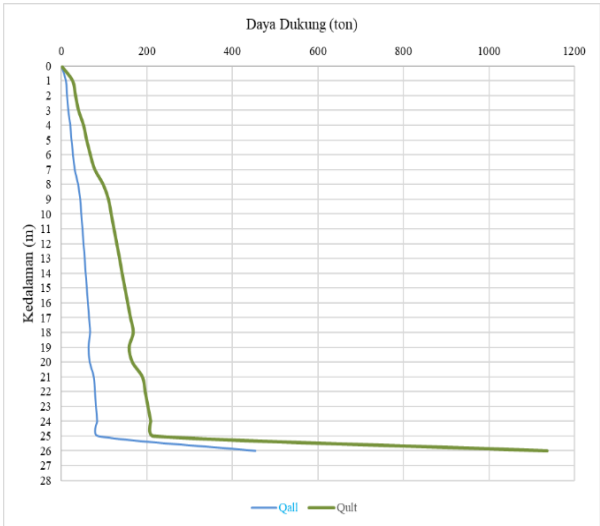


Gambar 5. Daya dukung *spun pile* metode Luciano Decourt (1982) diameter 50 cm

Gambar 6. Daya dukung *spun pile* metode Luciano Decourt (1982) diameter 60 cm



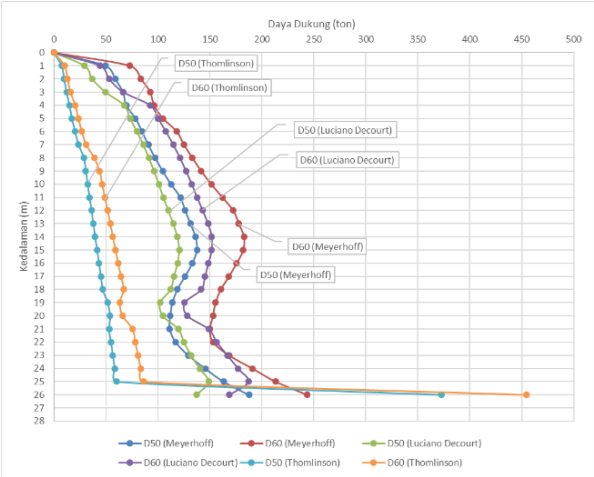
Gambar 7. Daya dukung *spun pile* metode Thomlinson (1977) diameter 50 cm



Gambar 8. Daya dukung *spun pile* metode Thomlinson (1977) diameter 60 cm

Berdasarkan perbandingan ketiga metode, daya dukung izin terbesar pada kedalaman 26 meter adalah daya dukung pondasi berdiameter 60 cm dengan Thomlinson (1977) sedangkan daya dukung izin terkecil adalah pada pondasi berdiameter 50 cm dengan metode

Luciano Decourt (1982) . Hubungan daya dukung izin ketiga metode dengan kedalaman dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Daya dukung izin pondasi *spun pile* diameter 50 cm dan 60 cm

Penulis merangkum daya dukung pondasi tiang tunggal *spun pile* pada setiap metode sebagai perbandingan berdasarkan 2 diameter berbeda yaitu diameter 50 cm dan 60 cm pada kedalaman 26 meter yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan daya dukung pada kedalaman 26 m

Metode	D	Depth	Qult	Qall
	m	m	ton	ton
Meyerhoff (1956)	0.5	26	562.86	187.62
	0.6		731.33	243.78
Luciano Decourt (1982)	0.5	26	343.47	137.39
	0.6		421.92	168.77
Thomlinson (1977)	0.5	26	931.87	372.75
	0.6		1136.06	454.43

3.1.3 Penurunan Pondasi *Spun Pile*

Penurunan pondasi tiang tunggal *spun pile* menggunakan metode Vesic (1977) dibagi menjadi 3 tahap, yaitu pada tahap pertama merupakan perhitungan penurunan elastis tiang pancang [$Se_{(1)}$], selanjutnya pada tahap kedua yaitu penurunan tiang pancang dikarenakan beban pada ujung tiang [$Se_{(2)}$], dan tahap ketiga yaitu penurunan tiang pancang dikarenakan beban yang ditransmisikan sepanjang kulit tiang [$Se_{(3)}$]. Penurunan Total (Se) didapat dari penjumlahan ketiga tahap perhtiungan tersebut. Penurunan Total yang diizinkan (S_{izin}) pada tiang tunggal menurut Terzaghi (1969) [10] sebesar 10% dari ukuran diameter *spun pile* dimana untuk diamater 50 cm penurunan yang diizinkan kurang dari 5 cm dan untuk diameter 60 cm kurang dari 6 cm. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal pondasi *spun pile* menggunakan metode Vesic (1977) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekap nilai penurunan pondasi *spun pile*

D	Depth	$Se_{(1)}$	$Se_{(2)}$	$Se_{(3)}$	Se	CEK
(m)	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
0.50	26.00	0.8791	0.0287	0.0023	0.9101	Aman
0.60	26.00	0.7590	0.0336	0.0031	0.7958	Aman

3.2 Pembahasan

Pada perencanaan pondasi *spun pile*, dari gambar 1 dapat dilihat bahwa daya dukung izin pondasi *spun pile* pada kedalaman 26 m terbesar yaitu dengan metode Thomlinson (1977) dengan diameter tiang 60 cm. Daya dukung terkecil pada metode Luciano Decourt (1982) dengan diameter tiang 50 cm. Penulis mengambil daya dukung terkecil yaitu metode Luciano Decourt (1982) diameter 50 cm dengan Qp sebesar 47,31 ton, Qs sebesar 296,16 ton, Qult sebesar 343,47 ton dan Qall sebesar 137,39 ton sebagai acuan untuk perhitungan penurunan karena pada kedalaman 26 meter sudah termasuk tanah keras dengan jenis lempung berpasir sesuai dengan data SPT.

Pada perhitungan penurunan pondasi *spun pile*, Vesic (1977) menyarankan bahwa penurunan total tiang tunggal (Se) < 10% D. yang berarti kedua diameter pondasi telah aman terhadap penurunan seperti terlihat pada Tabel 6. Penulis merekomendasikan pondasi *spun pile* dengan diameter 50 cm pada kedalaman 26 m pada gedung *control room* setelah penambahan lantai.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil perhitungan dan analisis terhadap perencanaan pondasi spun pile pada Gedung Control Room PT. Perta Arun Gas Lhokseumawe, dapat disimpulkan bahwa data tanah yang digunakan dalam perhitungan adalah data Standard Penetration Test (SPT) berjumlah 1 titik (BH-01) yang dilakukan oleh Laboratorium Penelitian Terpadu Unsyiah pada Tahun 2017. Pondasi yang direkomendasikan sesuai dengan perencanaan daya dukung dan penurunan adalah pondasi spun pile dengan tiang tunggal berdiameter 50 cm pada kedalaman 26 meter dengan daya dukung izin 137,39 ton, penurunan 0,91 cm. Pemilihan pada kedalaman 26 dikarenakan pada kedalaman teresbut sudah tanah keras dengan jenis lempung berpasir.

4.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan dengan judul "Perencanaan Pondasi *Spun Pile* pada Gedung *Control Room* PT. Perta Arun Gas" dapat disimpulkan beberapa saran yaitu membandingkan hasil perencanaan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga seperti perangkat lunak (*software*) *Plaxis* atau *pcaColumn* dan saran lainnya yaitu menghitung perencanaan pondasi tiang kelompok dengan dimensi pondasi lebih kecil.

Daftar Pustaka

[1] Perta Arun Gas, (2018). *http://www. pertaarungas.pertamina.com* (diakses 3 Maret, 2021).

[2] Putri, M., (2021) *Evaluasi Elemen Struktur Gedung Control Room PT. Perta Arun Gas Akibat Penambahan Ruang Dan Lantai.* Tugas Akhir. Banda Aceh : Universitas Syiah Kuala.

[3] Hardiyatmo, H. C., (2011), *Analisis Perancangan Fondasi Bagian I*, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

[4] Das, M. Braja, dkk, (1994), *Mekanika Tanah II (Prinsip- prinsip Rekayasa Geoteknik)* jilid 1 dan 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.

[5] Yudhyantoro, Y., 2017, *Laporan Penyelidikan Geoteknik Di Lokasi Unloading Condensat Dan Sulfur Area Perta Arun Gas*, Laboratorium Penelitian Terpadu Universitas Syiah Kuala.

[6] Meyerhoff, G.G. (1956), *"Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil"* American Society of Civil Engineers. Vol. 82. No. SM-1. pp. 1-19.

[7] Muarif (2020), *Alternatif Perencanaan Struktur Penahan Tanah Dan Pondasi Di Apartemen The Arundaya Surabaya*, Tugas Akhir. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[8] Tomlinson, M.J. & Woodward, J. (1997). *Pile Design and Construction Practice. 5th Edition.* London: E&FN Spon.

[9] Vesic, AS. 1977. *Designof Pile Foundations*. NCHRRP Synthesis nof Practice. No.42. Transportation Research Board. Washington DC.

[10] Terzaghi, K. & Peck, R.,S. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 2 nd. Ed. John Wiley and Sons. New York.