

PONDASI PADA TANAH BATUAN *LIMESTONE* BERDASARKAN HASIL UJI SPT (STUDI KASUS DI AMARI PECATU)

Putu Diaparna, Evin Yudhi Setyono

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, PO BOX 1064 Tuban Badung Bali
Phone (0361)701981, email: putudiaparna@yahoo.co.id

Abstrak: Amari Pecatu merupakan suatu resort wisata yang berada di Pecatu Graha, Badung-Bali. Resort ini berdiri di atas tanah *limestone* yang keras. Namun, dikhawatirkan terdapat rongga-rongga yang terdapat di dalam lapisan tanah. Oleh karena itu dibutuhkan pengujian tanah untuk menentukan desain pondasi yaitu mengenai jenis pondasi, dimensi pondasi, serta kedalaman pondasi. Uji SPT dilakukan dengan pengeboran sebanyak 3 titik sedalam 15 meter dengan selang interval 2 meter. Berdasarkan hasil pengujian tanah pada titik BH.11 dan BH.12 diusulkan pondasi telapak dari beton bertulang sedalam 2 meter, lebar pondasi 0,8 meter dan tegangan ijin tanah 12,20 kg/cm². Pada titik bor BH.13 terdapat elevasi batuan *limestone* dengan potensi berongga sehingga digunakan pondasi *bor pile* beton bertulang berdiameter 50 cm dengan kedalaman 9 meter serta daya dukung ijin tekan tiang tunggal 46 ton.

Kata kunci : *Limestone*, Pondasi Telapak, *bor pile*

Foundation on Limestone Soil Based on SPT Test (Case Study in Amari Pecatu)

Abstract: Amari Pecatu is a Resort located in Pecatu Graha, Badung-Bali. This resort is built on hard limestone soil. However, it is feared that there are cavities contained in the subsoil. Therefore, it is needed soil test to determine the design of the foundation, the type of foundation, the dimensions of the foundation, as well as the depth of the foundation. SPT test was done by drilling at three points as deep as 15 meters with an interval of 2 meters. Based on the test results that at BH.11 and BH.12 are recommended to use footing foundation with 2 meters deep, 0.8 wide and $\sigma = 12.20 \text{ kg/cm}^2$. While voids are detected at BH.13, therefore the point is recommended to use bore pile foundation with 50 cm diameters, 9 meters deep and capacity 46 tons.

Keywords: *Limestone*, foundation, bore pile

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dalam kaitan perencanaan pondasi bangunan tentu saja harus diadakan penyelidikan tanah untuk mengetahui karakteristik tanah baik secara fisik maupun mekanis. Hasil analisis data tanah yang didapatkan melalui pengujian laboratorium dan pengujian lapangan dapat menentukan nilai daya dukung ijin tanah, yaitu kemampuan tanah untuk dapat dengan aman mendukung beban konstruksi yang ada melalui pondasi bangunan. Dari nilai daya dukung ijin tanah inilah selanjutnya dapat dilakukan analisis lanjut untuk menentukan jenis pondasi, dimensi pondasi dan kedalaman pondasi.

Perhitungan daya dukung tanah salah satunya adalah dengan uji penetrasi standar (SPT). Hasil metode penyelidikan tanah ini dapat dipakai sebagai pendugaan dalam menentukan jenis pondasi pada pekerjaan Teknik Sipil. Hasil penyelidikan tanah tersebut juga harus mampu memberikan informasi-informasi bahwa tidak terdapat lapisan tanah yang lunak di bawah kedalaman pondasi yang

direncanakan untuk menghindari penurunan yang melebihi toleransi yang bisa diterima. Jika dalam proyek direncanakan menggunakan tiang pancang, kondisi ujung bawah tiang pancang tersebut harus benar-benar diketahui, untuk meyakinkan bahwa ujung tiang berada di atas lapisan tanah dengan daya dukung yang aman.

Proyek Amari Pecatu oleh PT. Synergi Pecatu Indah ini berlokasi di Pecatu Graha Badung-Bali yang berdiri di atas tanah batuan *limestone*. Tanah jenis ini merupakan jenis tanah yang keras sehingga biasanya tidak memerlukan pondasi yang dalam. Tipe pondasi yang biasa digunakan adalah tipe pondasi telapak. Namun, pada tanah batuan *limestone* ini juga dikhawatirkan mengandung rongga-rongga pada kedalaman tertentu yang dapat menyebabkan keruntuhan. Oleh karena itu, pihak perencana menginginkan untuk dilakukannya penyelidikan tanah pada lokasi proyek. Pengeboran dilakukan pada 13 titik lokasi yaitu BH.1 s.d. BH.13 hingga kedalaman 15 meter dengan selang interval 2 meter. Namun, dalam tulisan ini akan dibatasi pada

penyelidikan tanah pada titik BH.11, BH.12, dan BH.13.

Diharapkan melalui pengeboran pada beberapa titik tersebut mampu mengidentifikasi karakteristik lapisan tanah dan memprediksi adanya rongga dalam lapisan. Hasil uji SPT pada titik-titik tersebut diharapkan mampu memberikan informasi kepada pihak perencana proyek dalam menentukan desain pondasi yang diperlukan.

1.2 Tujuan

Penyelidikan tanah lapangan ini bertujuan untuk :

1. Menentukan jenis lapisan tanah di bawah rencana bangunan
2. Menentukan daya dukung tanah pada areal proyek dan rekomendasi tentang desain pondasi meliputi jenis, ukuran dan kedalaman pondasi

1.3 Manfaat

Penyelidikan tanah lapangan ini memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi kepada pihak perencana mengenai kondisi tanah pada areal proyek.
2. Memberikan rekomendasi desain pondasi yang digunakan dalam proyek berdasarkan kajian daya dukung tanah dari hasil uji SPT.

II. Metode Penelitian

2.1 Uji Penetrasi Standar (SPT)

Uji Penetrasi Standar (SPT) adalah metode penyelidikan tanah yang merupakan uji penetrasi dinamik. Pelaksanaannya adalah dengan menggunakan suatu tabung pengambil sampel yang memiliki diameter luar 50 mm, diameter dalam 35 mm dan panjang 650 mm yang disambung pada ujung batang bor [4]. Tabung pengambil sampel tersebut dimasukkan ke dalam dasar lubang lalu dipancang dengan menggunakan palu seberat 63,5 kg yang dijatuhkan dari ketinggian 75 cm. Setelah dipancang sedalam 15 cm, selanjutnya dicatat jumlah pukulan yang diperlukan untuk memancang sedalam 30 cm. Jumlah pukulan ini disebut dengan nilai N [6].

Nilai N pada SPT tidak secara otomatis menunjukkan daya dukung tanah. Terzaghi dan Peck mengemukakan bahwa dari nilai tahanan penetrasi standar N dapat ditentukan klasifikasi dari pasir, mulai dari klasifikasi sangat lepas, lepas, agak rapat, rapat dan sangat rapat. Tanah yang memiliki nilai N lebih besar dari 50 biasanya memiliki karakteristik tanah yang sangat rapat (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Kerapatan relatif pasir [1]

(1) Nilai N	(2) Klasifikasi	(3) D _r (%)	(4) (N ₁) ₆₀
0-4	Sangat lepas	0-15	0-3
4-10	Lepas	15-35	3-8
10-30	Agak rapat	35-65	8-25
30-50	Rapat	65-85	25-42
>50	Sangat rapat	85-100	42-58

Sedangkan hubungan antara nilai N dengan nilai q_u dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Hubungan antara kerapatan relatif, N, Tahanan konus dan sudut geser dalam menurut Meyerhof [5]

Nilai N	Konsistensi	Kuat tekan bebas (q _u) (kN/m ²)
<2	Sangat lunak	<25
2-4	Lunak	25-50
4-8	Sedang	50-100
8-15	Kaku	100-200
15-30	Sangat kaku	200-400
>30	Keras	>400

2.2 Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Pengujian SPT

Dalam hal analisis daya dukung tanah menggunakan rumus Meyerhof yang berlaku untuk pondasi dangkal/telapak sebagai hubungan antara nilai N dan lebar pondasi B sebagai berikut :

$$a. \sigma_{ijin} = \frac{N}{0,05 \left(1 + \frac{0,33 D_f}{B}\right)}$$

Dengan ketentuan :

B ≤ 1,20 meter, D_f/B maksimum berharga = 1

$$b. \sigma_{ijin} = \frac{N}{0,08 \left(1 + \frac{0,3}{B}\right)^2}$$

Dengan ketentuan :

B > 1,20 meter

σ_{ijin} = daya dukung tanah yang diijinkan pada penurunan pondasi yang diijinkan sebesar 1 inchi

N = nilai jumlah pukulan SPT

B = ukuran lebar pondasi

D_f = kedalaman pondasi

Analisis daya dukung tanah berdasarkan data lab menggunakan rumus dari Terzaghi [..] dengan memakai pola keruntuhan geser umum yang berlaku untuk tanah-tanah yang kondisinya padat adalah :

Pola keruntuhan : geser umum

Rumus Terzaghi :

$$\sigma_{ult.} = C. N_c + q. N_q + 0,5 \gamma. B. N_\gamma$$

$$\sigma_{ijin} = q_{ult.} / 3$$

dimana :

σ_{ult.} = Daya dukung ultimate tanah [kg/cm²]

σ_{ijin} = Daya dukung ijin tanah [kg/cm²]

C = Nilai kohesi tanah dari hasil pengujian geser [kg/cm²]

q = Tegangan *overburden* tanah diatas telapak [kg/cm³]

γ = Berat volume tanah [kg/cm³]

B = Lebar pondasi [cm]

N_c, N_q, N_γ = Faktor daya dukung tanah dari Terzaghi yang besarnya tergantung dari sudut gesek tanah (φ)

Pola keruntuhan : geser lokal

Apabila tanahnya lunak/remah/lepas, dipakai pola keruntuhan geser lokal yang ketentuannya adalah :

- nilai kohesi tanah $C' = 2/3 C$
- Faktor daya dukungnya adalah faktor daya dukung Terzaghi untuk pola keruntuhan geser lokal yaitu : Nc' , Nq' , $N\gamma'$ yang nilainya lebih kecil dari ketentuan keruntuhan pola geser umum sesuai dengan tabel faktor daya dukung dari Terzaghi.

Analisis daya dukung aksial pondasi tiang tunggal menggunakan rumus Wesley sebagai berikut

$$Q_{sp} = \frac{(f_b \cdot A_b)}{F_b} + \frac{(f_s \cdot A_s)}{F_s}$$

dengan:

- Q_{sp} = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (kN)
- f_b = intensitas tahanan ujung tiang (kN/m²)
- A_b = luas penampang ujung tiang (m²)
- F_s = intensitas tahanan geser tiang (kN/m²)
- A_s = luas selimut tiang (m²)
- F_b = faktor keamanan (diambil 3)
- F_s = faktor keamanan (diambil 5)

Intensitas tahanan ujung tiang :

Untuk tiang pancang (driven pile)

- Pasir halus/sedang : $f_b = 40 N. D/B \leq 400 N$
- Pasir kasar : $f_b = 40 N. D/B \leq 300 N$

Intensitas tahanan geser tiang :

Untuk tiang pancang

- Diameter besar : $f_s = 2N$
- Diameter kecil : $f_s = N$
- Untuk tiang bor : $f_s = 0,67N$

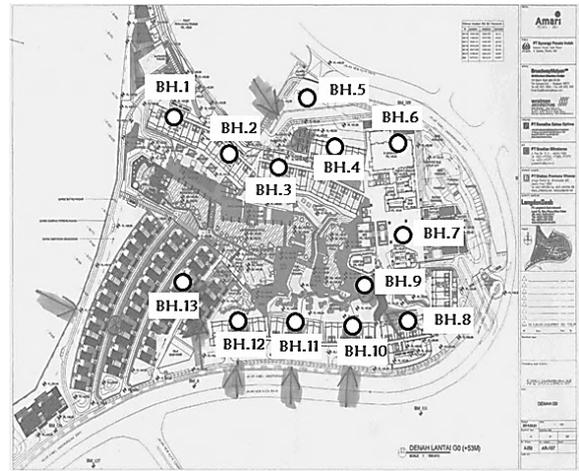
dengan :

- N = nilai SPT ujung tiang yang tidak dikoreksi
- N = nilai SPT rata-rata sepanjang tiang yang tidak dikoreksi
- D = panjang tiang (m)
- B = diameter tiang (m)

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji SPT pada Lokasi Proyek Amari Pecatu

Penyelidikan tanah dengan uji penetrasi standar (SPT) dilakukan pada 13 titik yakni BH. 1 s/d BH. 13. Sebaran lokasi pengeboran pada lokasi proyek dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini :

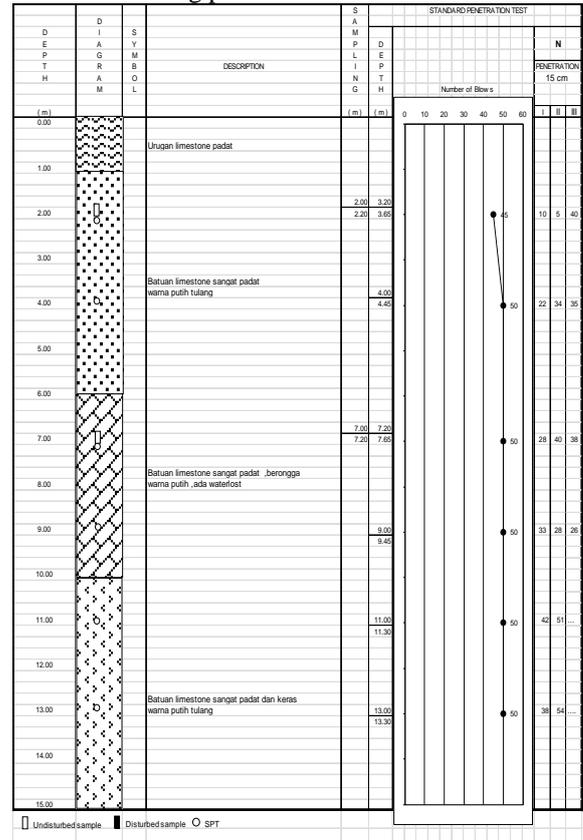


Gambar 3. Sebaran lokasi penyelidikan tanah di proyek Amari Pecatu

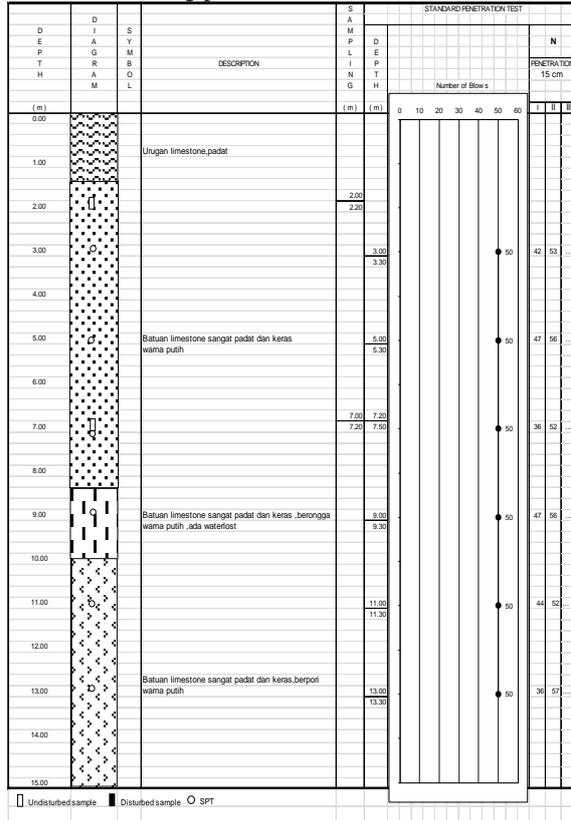
Pada tulisan ini, penyelidikan tanah akan dibatasi pada 3 titik meliputi titik BH.11, BH.12, dan BH.13 seperti yang terlihat pada gambar 3 diatas.

Uji SPT dilakukan hingga kedalaman 15 meter. Hasil uji penetrasi standar (SPT) pada titik BH.11, BH.12, dan BH.13 ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Bor log pada BH.11



Tabel 3.2 Bor log pada BH.12



Berikut hasil daya dukung tanah berdasarkan nilai SPT pada masing-masing titik pengeboran.

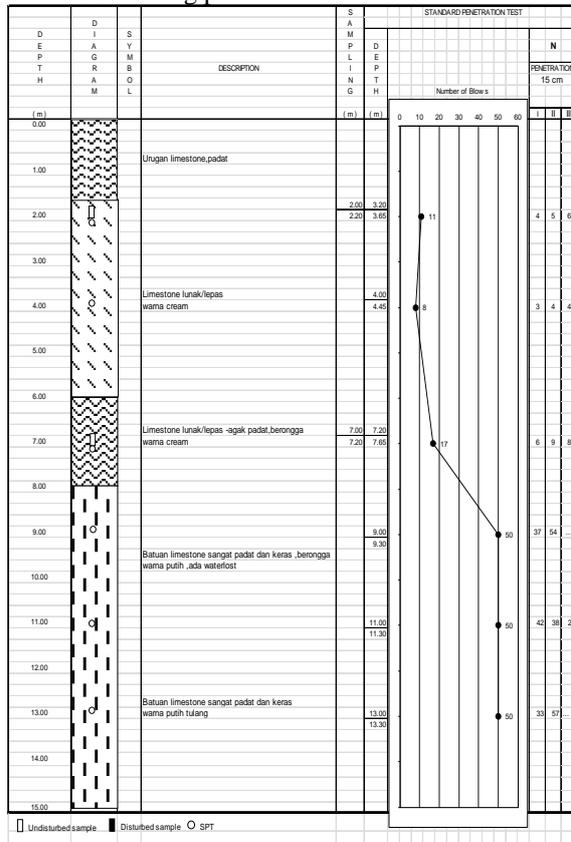
Tabel 3.4 Hasil pengujian SPT pada BH. 11

Kedalaman (meter)	Hasil / Nilai Tes SPT Penetrasi per 15 cm			Nilai (N) Yang diperhitungkan	Daya Dukung Jln Tanah $\sigma = (\text{kg/cm}^2)$										
	I.	II.	III.		Untuk berbagai ukuran / lebar pondasi										
					B=0,6 m	B=0,8 m	B=1,0m	B=1,2 m	B=1,4 m	B=1,6 m	B=1,8 m	B=2,0 m	B=2,2 m	B=2,4 m	B=2,6 m
2.00	10	5	40	45	12.20	12.20	12.20	12.20	8.46	8.09	7.81	7.59	7.41	7.26	7.13
4.00	22	34	45	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
7.00	28	40	38	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
9.00	33	28	26	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
11.00	42	51	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
13.00	38	54	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93

Tabel 3.5 Hasil pengujian SPT pada BH. 12

Kedalaman (meter)	Hasil / Nilai Tes SPT Penetrasi per 15 cm			Nilai (N) Yang diperhitungkan	Daya Dukung Jln Tanah $\sigma = (\text{kg/cm}^2)$										
	I.	II.	III.		Untuk berbagai ukuran / lebar pondasi										
					B=0,6 m	B=0,8 m	B=1,0m	B=1,2 m	B=1,4 m	B=1,6 m	B=1,8 m	B=2,0 m	B=2,2 m	B=2,4 m	B=2,6 m
3.00	42	53	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
5.00	47	56	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
7.00	36	52	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
9.00	47	56	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
11.00	44	52	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
13.00	36	57	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93

Tabel 3.3 Bor log pada BH.13



Tabel 3.6 Hasil pengujian SPT pada BH. 11

Kedalaman (meter)	Hasil / Nilai Tes SPT Penetrasi per 15 cm			Nilai (N) Yang diperhitungkan	Daya Dukung Jln Tanah $\sigma = (\text{kg/cm}^2)$										
	I.	II.	III.		Untuk berbagai ukuran / lebar pondasi										
					B=0,6 m	B=0,8 m	B=1,0m	B=1,2 m	B=1,4 m	B=1,6 m	B=1,8 m	B=2,0 m	B=2,2 m	B=2,4 m	B=2,6 m
2.00	4	5	6	11	2.98	2.98	2.98	2.98	2.07	1.98	1.91	1.85	1.81	1.77	1.74
4.00	3	4	4	8	2.17	2.17	2.17	2.17	1.50	1.44	1.39	1.35	1.32	1.29	1.27
7.00	6	9	8	17	4.61	4.61	4.61	4.61	3.19	3.05	2.95	2.87	2.80	2.74	2.69
9.00	37	54	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
11.00	42	38	22	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93
13.00	33	57	...	50	13.56	13.56	13.56	13.56	9.40	8.99	8.68	8.43	8.23	8.07	7.93

3.2 Pembahasan

Dari hasil bor yang dilakukan menggunakan bor mesin pada sampel tiga titik lokasi yakni BH. 11, BH. 12, dan BH. 13, diperoleh gambaran kondisi hampir secara keseluruhan berupa batuan limestone dengan konsistensi sangat padat dan keras dengan nilai SPT lebih besar dari 50. Muka air tidak teridentifikasi pada keseluruhan titik pengeboran dari awal sampai akhir pengeboran di kedalaman 15 meter. Namun, pada titik pengeboran BH. 13 mulai dari permukaan sampai kedalaman 8 meter berupa limestone lepas/lunak dengan nilai SPT berkisar 8 sampai 15. Pada titik tersebut terdapat elevasi batuan limestone dengan potensi berpori/berongga sehingga menyebabkan terjadinya waterlost (kehilangan air sirkulasi) selama pengerjaan pengeboran, tapi

konsistensi batuan di sini pada umumnya adalah padat atau sangat padat dan keras.

Berdasarkan hasil SPT dan analisis, maka dapat direkomendasikan jenis pondasi pada masing-masing titik pengeboran.

Tabel 3.7 Jenis pondasi dan dimensinya

Titik Bor	Jenis Pondasi	Dimensi
BH. 11	Telapak dari beton bertulang	Kedalaman (Df) = 2,0 meter Ukuran lebar pondasi minimal (B) = 0,8 meter Tegangan ijin tanah pada dasar telapak = 12,20 kg/cm ²
BH. 12	Telapak dari beton bertulang	Kedalaman (Df) = 2,0 meter Ukuran lebar pondasi minimal (B) = 0,8 meter Tegangan ijin tanah pada dasar telapak = 12,20 kg/cm ²
BH. 13	Bor pile dari beton bertulang penampang bulat	Kedalaman (Df) = 9,0 meter Diameter tiang = 50 cm Kapasitas dukung ijin tekan tiang tunggal = 46 ton Kapasitas dukung ijin tarik tiang tunggal = 7 ton

Perbedaan pemilihan jenis pondasi tersebut didasari oleh perbedaan daya dukung tanah pada tiap-tiap titik pengeboran. Pada lokasi BH. 11 dan BH. 12, daya dukung tanahnya sudah sangat baik pada kedalaman 2,0 meter dengan nilai penetrasi SPT > 40. Oleh karena itu, direkomendasikan memakai jenis pondasi telapak pada kedalaman 2,0 meter. Pada lokasi BH. 13, daya dukung tanah yang baik baru ditemui pada kedalaman 8,0 meter dengan nilai SPT > 50 maka direkomendasikan pemakaian jenis pondasi *bore pile* dari beton bertulang dengan kedalaman penetrasi mencapai 9,0 meter.

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Secara umum kondisi tanah merupakan batuan *limestone* dengan konsistensi sangat padat dan keras, namun pada BH. 13 ditemui adanya *waterlost* karena adanya elevasi batuan *limestone* dengan potensi berongga. Dari hasil analisis dalam kaitannya dengan perencanaan pondasi maka dapat direkomendasikan pemakaian pondasi sebagai berikut :

a) untuk lokasi BH. 11 dan BH. 12

Pada dua titik ini menggunakan jenis pondasi telapak dari beton bertulang dengan ketentuan sebagai berikut :

kedalaman pondasi (Df) : 2,0 meter
ukuran lebar pondasi minimal (B) : 0,8 meter
tegangan ijin tanah pada dasar telapak : 12,20 kg/cm²

b) untuk lokasi BH. 13

Pada titik ini menggunakan jenis pondasi *bore pile* dari beton bertulang penampang bulat dengan ketentuan sebagai berikut :

kedalaman pondasi (Df) : 9,0 meter
ukuran diameter tiang : 50 cm
kapasitas dukung ijin tekan tiang tunggal : 46 ton
kapasitas dukung ijin tarik tiang tunggal : 7 ton

4.2 Saran

Apabila terdapat kekhawatiran dari pihak konsultan mengenai daya dukung pondasi *bore pile* pada kedalaman 9,0 meter di titik BH. 13, dimana pada titik tersebut terdapat rongga-rongga yang menyebabkan struktur tanah/batuan menjadi tidak massif, maka bisa dilakukan injeksi sementasi mulai dari ujung bore pile sampai ke bawah sehingga struktur tanah/batuan diharapkan akan menjadi lebih massif.

Daftar Pustaka

- [1]. Craig R.F., "*Mekanika Tanah*", Erlangga, Jakarta, 1986.
- [2]. Joseph E Bowels, "*Analisa dan Disain Pondasi Jilid I.* ", Erlangga, Jakarta, 1986.
- [3]. Joseph E Bowels, "*Analisa dan Disain Pondasi Jilid II.* ", Erlangga, Jakarta, 1986.
- [4]. Roski R I Legrans, Sesty Imbar, "Tinjauan Daya Dukung Pondasi tiang Pancang Pada Tanah BERlapis Berdasarkan Hasil uji Penetrasi Standar (SPT)", *jurnal Tekno-Sipil*, vol 09, No. 56, Agustus, 2011.
- [5]. Wayan Wiraga, "Investigasi dan Uji Daya dukung Tanah di Areal PLN Pesanggaran dalam Rangka Pemilihan Pondasi yang Tepat untuk Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PLN", *jurnal Matrix*, vol 1, No 1, Maret, 2011.
- [6]. Wayan Wiraga, "Pondasi Diatas Timbunan Limestone", *jurnal Matrix*, vol 3, No 3, November, 2013.