

Analisis Pembangunan Rumah Sakit berdasarkan Data Sondir di Desa Waingapu, Nusa Tenggara Timur

Hospital Construction Analyst based on Sondir Data in Waingapu Village, East Nusa

Tenggara

Bima Putra Pamungkas¹, Miftacul Ulum², Tri Hariyati³, Alfandias Seysna Putra⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

¹bimapsht22@gmail.com,* ². hariyati.putritri@gmail.com ³miftachululum714@gmail.com, *

⁴alfandias@pelitabangsa.ac.id *

Abstract

Waingapu Village is one of the areas that is developing from year to year in various sectors, one of which is the health sector. Along with the development of the health sector in Waingapu Village, East Nusa Tenggara, the demand for facilities and infrastructure to support the health sector and services is growing rapidly. One of the important supporting facilities is hospital facilities. To find out the carrying capacity of the soil in Waingapu Village, East Nusa Tenggara, it is necessary to carry out a soil investigation (Soil Investigation). To find out the soil structure and soil carrying capacity at the planning site for the hospital construction project in Waingapu Village, West Nusa Tenggara, an analysis of soil bearing capacity calculations was carried out using sondir data from seventeen sondir points using three methods, namely the Van Der Ween method, the Philipponant method, and the Mayerhoff method, Boring Log testing method and Laboratory testing, the soil layer is dominated by rock types with a medium to very dense consistency with N-SPT values between 11 to > 60. sondir test results are as follows, s-1 to s-17 points are stopped because the cone value has up to 250 kg/cm². Namely at a depth of between 0.6 m to 1.0 m. for sondir testing it is stopped according to the maximum capacity of light sondir is 2.5 tons. based on the observations of M.A.T at the location, the groundwater level at the boring point was detected at depths between 9.0 M – 10.0 M from the local ground level. for undisturbed samples cannot be taken, because the soil layer is quite hard to penetrate with the Shelby tube. for the use of deep foundations, you can use bore pile foundations that are adjusted to the design load. As for the selection and type of foundation to be used, it is entirely up to the planner.

Keywords: *sondir, sondir data, soil investigation, soil carrying capacity*

Abstrak

Desa Waingapu sebagai salah satu wilayah yang sedang berkembang dari tahun ke tahun dalam berbagai sektor, Salah satunya yaitu pada sektor kesehatan. Seiring dengan berkembangnya sector kesehatan di Desa Waingapu Nusa Tenggara Timur, berkembang pesat pula permintaan akan sarana dan prasarana penunjang sektor kesehatan dan jasa tersebut. Salah satu fasilitas penunjang yang cukup penting adalah fasilitas rumah sakit. Untuk mengetahui daya dukung tanah di Desa Waingapu Nusa Tenggara Timur perlu dilakukan penyelidikan tanah (*Soil Investigation*). Untuk mengetahui struktur tanah dan daya dukung tanah di lokasi perencanaan proyek pembangunan rumah sakit di Desa Waingapu, Nusa Tenggara Barat maka dilakukan analisis perhitungan daya dukung tanah menggunakan data sondir dari tujuh belas titik sondir dengan menggunakan tiga metode yaitu metode Van Der Ween, metode Philipponant, dan metode Mayerhoff, metode pengetesan *Boring Log* dan pengujian Laboratorium. lapisan tanah didominasi dengan jenis batuan dengan konsistensi medium s/d very dense dengan nilai N-SPT antara 11 s/d > 60. hasil tes sondir adalah sebagai berikut, titik s-1 s/d titik s-17 dihentikan karena nilai konus telah mencapai 250 kg/cm². Yaitu di kedalaman antara 0.6 M s/d 1.0 m. untuk pengujian sondir dihentikan sesuai dengan kapasitas maksimal sondir ringan 2,5 ton. berdasarkan pengamatan M.A.T di lokasi, muka air tanah pada titik boring terdeteksi di kedalaman antara 9.0 M – 10.0 M dari muka tanah setempat. untuk sampel undisturbed tidak dapat diambil, karena lapisan tanah cukup keras ditembus dengan tabung Shelby. untuk penggunaan pondasi

dalam bisa menggunakan pondasi *bore pile* yang disesuaikan dengan beban rencana. Sedangkan untuk pemilihan dan jenis pondasi yang akan digunakan diserahkan sepenuhnya kepada pihak perencana.

Kata kunci: sondir, data sondir, penyelidikan tanah, daya dukung tanah.

Pendahuluan

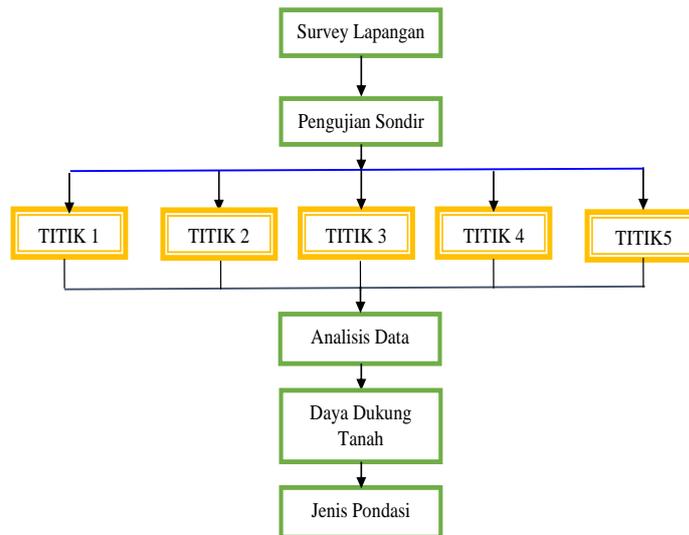
Sondir adalah alat berbentuk silinder dengan ujungnya berupa konus. yang berfungsi untuk mengetahui letak kedalaman tanah keras, yang nantinya dapat diperkirakan seberapa kuat tanah tersebut dalam menahan beban yang didirikan di atasnya. Data yang didapatkan dari tes ini nantinya berupa besaran gaya perlawanan dari tanah terhadap konus, serta hambatan pelekat dari tanah yang dimaksud. Hambatan pelekat adalah perlawanan geser dari tanah tersebut yang bekerja pada selubung bikonus alat sondir dalam gaya per satuan panjang. Hasil dari tes sondir ini dipakai untuk Menentukan tipe atau jenis pondasi apa yang mau dipakai, Menghitung daya dukung tanah asli, Menentukan seberapa dalam pondasi harus diletakkan nantinya.

CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus menerus dari permukaan tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila menerima tekanan. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan dalam tanah pondasi melampaui kekuatan geser tanah maka akan mengakibatkan keruntuhan geser tanah tersebut. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah didasarkan pada karakteristik tanah dasar dan dipertimbangkan terhadap kriteria penurunan dan stabilitas yang diisyaratkan, termasuk faktor aman terhadap keruntuhan. Secara umum analisis daya dukung tanah ditentukan dari daya dukung ultimate dibagi faktor aman yang sesuai dan dilakukan dengan cara pendekatan empiris untuk memudahkan perhitungan [1]. Daya dukung yang diijinkan Daya dukung ijin berkaitan dengan nilai N- SPT.

Metode Penelitian

Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*) merupakan fase awal dalam desain konstruksi sipil, seperti contohnya dalam perencanaan pondasi, pemadatan timbunan, bendungan maupun kestabilan lereng [2]. Secara umum maksud dari pekerjaan penyelidikan tanah adalah untuk mendapatkan data teknis atau parameter tanah yang dapat mewakili kondisi tanah setempat untuk digunakan sebagai parameter desain. Penyelidikan tanah (*soil investigation*) adalah proses pengambilan contoh (*sample*) tanah yang bertujuan untuk menyelidiki karakteristik tanah tersebut [4]. Dalam mendesain pondasi, penting bagi para *engineer* untuk mengetahui sifat setiap lapisan tanah (seperti berat isi tanah, daya dukung, ataupun daya rembes) dan juga ketinggian muka air tanah [3]. Oleh sebab itu, *soil investigation* adalah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan akan menggunakan jenis pondasi dangkal atau pondasi dalam [4].

Penyelidikan tanah di lapangan dapat dilakukan penelitian di laboratorium untuk menghitung daya dukung tanah yang meliputi uji fisik tanah dan uji mekanika [6]. Penyelidikan tanah di lapangan juga perlu dilakukan penelitian tanah di laboratorium untuk menghitung daya dukung tanah yang meliputi uji fisik tanah dan uji mekanik. Uji fisik tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik untuk memperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah. Uji fisik tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dan uji mekanik juga diperoleh nilai sudut geser dan kohesi tanah dengan di fisik tanah dapat ditinjau [7] Menurut standar cara uji alat sondir [5], agar mengetahui klasifikasi, jenis dan sifat tanah yang terdapat *Physical Properties (Index Properties)* : *Natural Water Content* (ω) (SNI 03-1965-2008/ASTM D-2216-71/AASHTO T265-79), *Unit Weight* (γ) (SNI 03-3637-1994), *Specific Gravity* (G_s) (SNI-03-1964-2008/ASTM D-854-58/ AASHTO T100-74), *Atterberg Limits* (SNI.03-1964-2008/ASTM D-423-66.70/AASHTO T 89/.90-74), *Gradation by Sieve Analysis & Hydrometer Analysis* (SNI1968-2012/ASTM C-36-46) 14, *Soil Proportion by Gradation Curves* (SNI 3423-2008/ASTM D-422-72). *Engineering Properties* : *Direct Shear* (SNI 03-3420-1994/ASTM D-3080-72/AASHTO – 236-72, *UCS (Unconfined Compressive Strength)* (SNI 3638-2012/ASTM D-2166-66/AASHTO T-208-70), *Consolidation Test* (SNI 2812-2011/ASTM D-2435-70/AASHTO T-216-74).



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Survey lapangan dilakukan untuk memperoleh data tanah yang akan digunakan untuk merencanakan pondasi pada area proyek pembangunan hotel Waingapu Nusa Tenggara Timur. Test laboratorium dilakukan untuk mendapatkan parameter tanah yang tidak didapatkan dari pengetesan lapangan. Parameter yang didapatkan dari test laboratorium ini dikelompokkan dalam dua kelompok yaitu, *index properties* and *engineering properties*. *Index properties* adalah parameter natural tanah, dimana pada test ini sample tanah tidak dibebani dengan beban dari luar atau treatment luar lainnya. *Engineering parameter* tanah adalah parameter yang menunjukkan kekuatan dan perilaku tanah terhadap beban dari luar [9]. Analisa daya dukung pondasi dengan data sondir menggunakan tiga metode yaitu [10]:

Metode Van Der Ween dengan mencari daya dukung ujung tiang (Q_p): $Q_p = q_c / 3a \times A_p$, Dimana: Q_p = daya dukung ujung, (q_c = Harga rata-rata conus disepanjang), (3.5B diatas dasa pondasi sampai 1B dibawah pondasi dasar), (3 = Angka keamanan), (a = Koefisien tergantung pada jenis tanah dan tiang), (A_p = Luasan penampang tiang). Mencari daya dukung selimut (Q_s): $Q_s = \frac{1}{2} P \times JHP$, Dimana: Q_s = Daya dukung selimut, P = Keliling tiang, JHP = Jumlah hambatan pelekat [11].

Selanjutnya Metode Philipponant dengan mencari daya dukung ujung tiang (Q_p): $q_p = A_p \cdot R_p$ Dimana : Q_p = Daya dukung ujung tiang, R_p = Nilai conus rata-rata sepanjang 3D diatas , tiang dan 3D dibawah tiang, A_p = Luas penampang tiang, 3 = Angka keamanan , a_p = Koefisien, B = Diameter tiang. Mencari daya dukung selimut (Q_s): $Q_s = p/3 \times JHP$ Dimana: P = Keliling tiang, 3 = Angka keamanan, JHP = Jumlah hambatan pelekat. Mencari daya dukung ultimit (Q_{ult}): $Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K11)$ Dimana: Q_{ult} = Daya dukung ultimit, q_c = Tahanan ujung sondir, A_p = Luas penampang tiang, JHL = Jumlah hambatan lekat , $K11$ = Keliling tiang [11].

Lalu ada Metode Mayerhoff dengan Mencari daya dukung ultimit (Q_{ult}): $Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K11)$ Dimana: Q_{ult} = Daya dukung ultimit, q_c = Tahanan ujung sondir, A_p = Luas penampang tiang, JHL = Jumlah hambatan lekat, $K11$ = Keliling tiang [11].

Parameter yang akan ditest adalah : *Index properties* : *Soil density* ASTM D 1557, *Water content* ASTM D 2216, *Specific Gravity* ASTM D 854, *Hydrometer analysis* ASTM D 422, *Attarberg Limit Test* ASTM D 4318, *Grain size analysis* ASTM D 422. *Engineering properties*: *Direct shear test / triaxial test* ASTM D 2850, *Consolidation* ASTM D 2435 [12][13].



Gambar2. Denah Titik Penelitian

Gambar diatas merupakan wilayah Desa Waingapu Nusa Tenggara Timur, adapun beberapa titik yang menjadi tempat penelitian, lingkaran berwarna merah merupakan symbol pengujian menggunakan boring-Log (BH-1,BH-2,BH-3,BH-4,BH-5), sedangkan yang segitiga merupakan pengujian dengan sondir (S-1,S-2,S-3,S-4,S-5,S-6,S-7,S-8,S-9,S-10,S-11,S-12,S-13,S-14,S-15,S-16,S-17).

Hasil dan Pembahasan

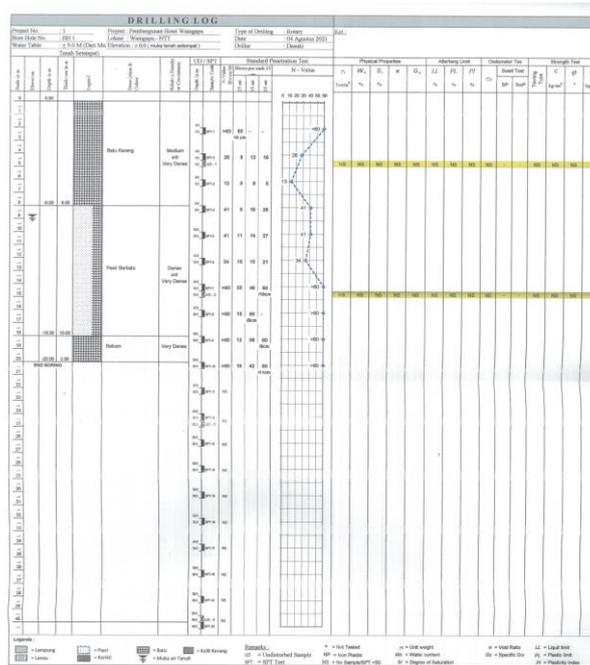
Pengeboran dilakukan untuk pengamatan lapisan tanah, variasi, dan tekstur tanah, yang kemudian dicatat dan digunakan untuk penggambaran boring log. Pengeboran dilakukan dengan bor mesin untuk kedalaman pengeboran sampai 40m atau pengeboran dapat dihentikan bila telah mendapatkan lapisan tanah dengan $SPT > 50 \text{ blow/feet}$ setebal minimum 5m. posisi titik titik penyelidikan tersebar seperti data pada gambar sket Bor log hasil pengeboran selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Undisturbed sample diambil pada jenis tanah berbutir halus atau atau tanah cohesive, untuk dilakukan tes laboratorium, pengambilan undisturbed sampel sesuai dengan ASTM D-1587 [15]. *Undisturbed* sample diambil 4 sampel pertitik. *Undisturbed soil* sample diambil dengan tabung Shelby, dengan diameter 6,25 dan Panjang 60 cm. Tabung ini kemudian dibersihkan dan diberi label untuk menunjukkan titik bor, kedalamam dan informasi lainnya. Yang terkait dengan indentifikasi lapisan tanah.

Standar penetration test (SPT) dilakukan pada setiap titik Boring dengan interval 2 meter pada kedalaman 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m,16m, 18m,20m, 22m, 24m, 26m, 28m, 30m, 32m, 34m, 36m, 38m, 40m. Metode test SPT mengikuti prosedur ASTM D 1586-84. ” *Standar Method for Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soils*”. Perlawanan tanah dinyatakan sebagai” N-SPT”. Tabung”sample” (*Split Spoon*) dipukul masuk dipenetrasikan pada tanah asli pada dasar pengeboran dengan menggunakan hammer standar. Berat pemukul adalah 63,5 kh dengan tinggi jatuh 175 cm.Jumlah pukulan yang diperlukan untuk setiap penetrasi 15 cm dicatat hingga penetrasi total mencapai 45 cm. Nilai ” N-SPT” adalah jumlah total pukulan pada penetrasi 30 cm terakhir. Pada lapisan tanah keras, dimana diperlukan jumlah pukulan lebih besar dari 50 pukulan per 15 cm, maka dapat dilakukan pengetesan SPT untun penetrasi total kurang dari 45 cm dengan diberikan catatan khusus. Hasil dari pengetesan dicantumkan pada Boring – Log.

Tabel 1 Titik Bor : BH-1

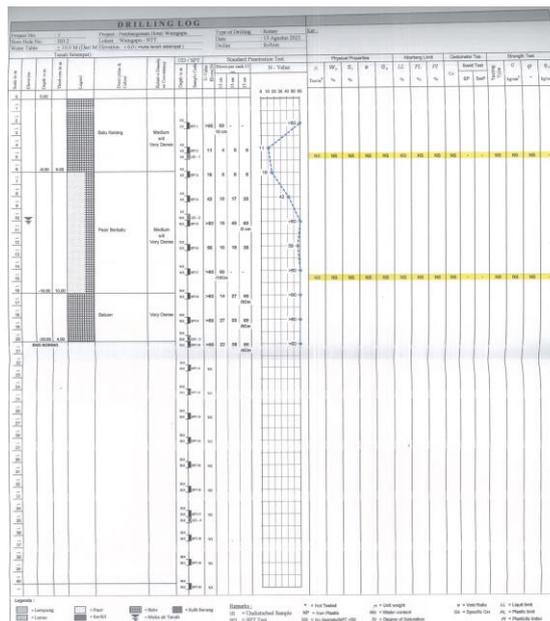
kedalaman	Jenis tanah	Konsistensi	Keterangan
0-8	Batu karang putih kecoklatan	Medium s/d very dense	Nilai SPT 13->60 pukulan/30 cm
8-18	Pasir berbatu coklat	Dense s/d very dense	Nilai SPT 34->60 pukulan /30 cm
18-20	Batuan putih	Very dense	Nilai SPT > 60 pukulan /30 cm



Gambar 3 Grafik Titik Bor BH-1

Tabel 2 Titik Bor : BH-2

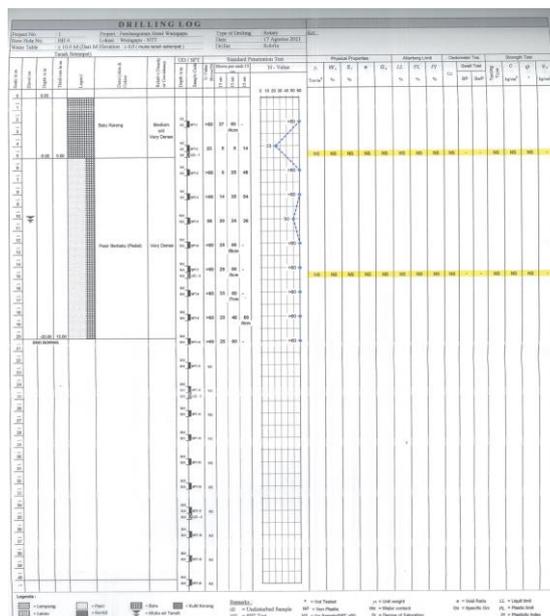
kedalaman	Jenis tanah	Konsistensi	Keterangan
0-6	Batu karang putih kecoklatan	Medium s/d very dense	Nilai SPT 11->60 pukulan/30 cm
6-16	Pasir berbatu coklat	Medium s/d very dense	Nilai SPT 16->60 pukulan /30 cm
16-20	Batuan putih	Very dense	Nilai SPT > 60 pukulan /30 cm



Gambar 4 Grafik Titik Bor BH-2

Tabel 3 Titik Bor : BH-3

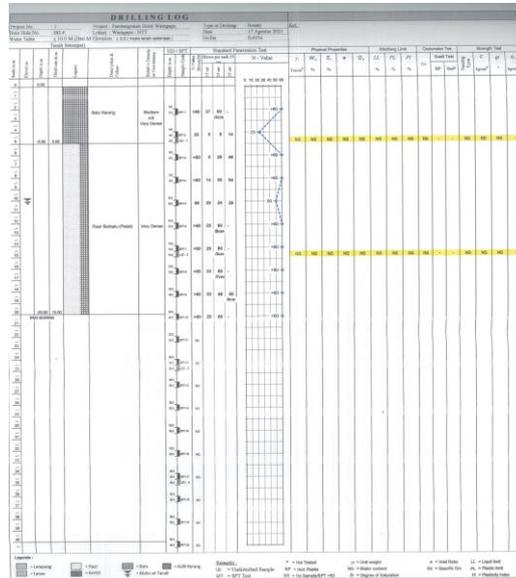
kedalaman	Jenis tanah	Konsistensi	Keterangan
0-11	Batu karang putih kecoklatan	Medium s/d very dense	Nilai SPT 28->60 pukulan/30 cm
11-16	Pasir berbatu coklat	very dense	Nilai SPT >60 pukulan /30 cm
16-20	Batuan putih	Very dense	Nilai SPT > 60 pukulan /30 cm



Gambar 5 Grafik Titik Bor BH-3

Tabel 4 Titik Bor : BH-4

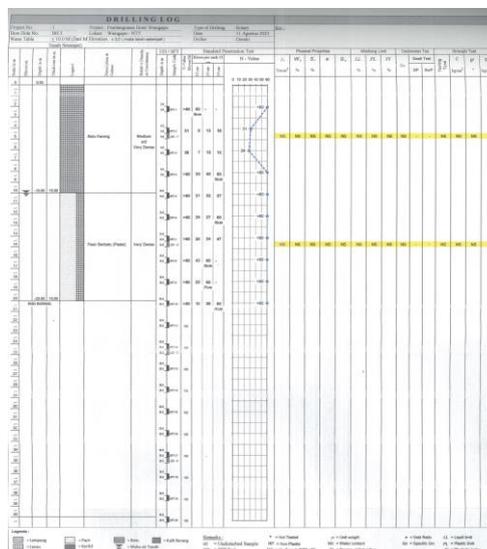
kedalaman	Jenis tanah	Konsistensi	Keterangan
0-5	Batu karang putih kecoklatan	Medium s/d very dense	Nilai SPT 23->60 pukulan/30 cm
5-20	Pasir berbatu coklat	very dense	Nilai SPT >60 pukulan /30 cm



Gambar 6 Grafik Titik Bor BH-4

Tabel 5 Titik Bor : BH-5

kedalaman	Jenis tanah	Konsistensi	Keterangan
0-10	Batu karang putih kecoklatan	Medium s/d very dense	Nilai SPT 28->60 pukulan/30 cm
10-20	Pasir berbatu coklat	very dense	Nilai SPT >60 pukulan /30 cm



Gambar 7 Grafik Titik Bor BH-5

Berdasarkan hasil pengeboran dilapangan untuk titik BH 1s/d BH 5 menunjukkan lapisan tanah didominasi dengan jenis batuan dengan konsistensi *medium s/d very dense* dengan nilai N-SPT antara 11 s/d > 60.

Dari data hasil pembacaan manometer pada alat sondir yaitu perlawanan ujung/konus (*end resistance/cone resistant*) dengan qc dinyatakan dalam kg/cm² dan total perlawanan dinyatakan dalam kg/cm, maka dilakukan perhitungan hambatan lekat symbol SF dinyatakan dalam kg/cm² dan jumlah hambatan lekat *symbol* TSF dinyatakan dalam kg/cm. Berdasarkan hasil pengujian penetrasi sondir yaitu data perlawanan konus (qc), tingkat kepadatan *relative* dari lapisan tanah dapat diketahui : qc (kg/cm²) : 0-16 sangat lepas, qc (kg/cm²) : 16-40 lepas, : qc (kg/cm²) 40-120 sedang, qc (kg/cm²) : 120-200 padat, qc (kg/cm²) : > 200 sangat padat.

Tabel 6 Hasil Pengujian Sondir

No	Titik Sondir	Kedalaman Akhir Titik Sondir	qc	JHP
1.	S-1	0.8 M	250 kg/cm ²	100 kg/cm
2.	S-2	0.8 M	250 kg/cm ²	80 kg/cm
3.	S-3	0.6 M	250 kg/cm ²	60 kg/cm
4.	S-4	0.8 M	250 kg/cm ²	80 kg/cm
5.	S-5	1.0 M	250 kg/cm ²	140 kg/cm
6.	S-6	1.0 M	250 kg/cm ²	130 kg/cm
7.	S-7	0.8 M	250 kg/cm ²	60 kg/cm
8.	S-8	1.0 M	250 kg/cm ²	90 kg/cm
9.	S-9	0.8 M	250 kg/cm ²	70 kg/cm
10.	S-10	0.8 M	250 kg/cm ²	100 kg/cm
11.	S-11	1.0 M	250 kg/cm ²	120 kg/cm
12.	S-12	0.8 M	250 kg/cm ²	80 kg/cm
13.	S-13	0.8 M	250 kg/cm ²	80 kg/cm
14.	S-14	0.8 M	250 kg/cm ²	90 kg/cm
15.	S-15	0.8 M	250 kg/cm ²	100 kg/cm
16.	S-16	1.0 M	250 kg/cm ²	130 kg/cm
17.	S-17	0.8 M	250 kg/cm ²	90 kg/cm

Penyodiran ini dilakukan hingga mencapai kedalaman 30m, nilai konus 250kg/cm² atau kumulatif JHP 2500 kg/cm mana yang tercapai lebih dulu. Hasil penyodiran berupa nilai tahanan *conus* (qc) dan *total friction* (JHP) pada setiap penetrasi 20 cm terhadap kedalaman..

Kesimpulan & Saran

Berdasarkan hasil pengeboran dilapangan untuk titik BH 1s/d BH 5 menunjukkan lapisan tanah didominasi dengan jenis batuan dengan konsistensi *medium s/d very dense* dengan nilai N-SPT antara 11 s/d > 60. Hasil tes sondir adalah sebagai berikut, titik s-1 s/d titik s-17 dihentikan karena nilai konus telah mencapai 250 kg/cm². Yaitu di kedalaman antara 0.6 M s/d 1.0 m. untuk pengujian sondir dihentikan sesuai dengan kapasitas maksimal sondir ringan 2,5 ton. Berdasarkan pengamatan M.A.T di lokasi, muka air tanah pada titik boring terdeteksi di kedalaman antara 9.0 M – 10.0 M dari muka tanah setempat. Untuk sampel undisturbed tidak dapat diambil, karena lapisan tanah cukup keras ditembus dengan tabung Shelby. Untuk penggunaan pondasi dalam bisa menggunakan pondasi *bore pile* yang disesuaikan dengan beban rencana. Sedangkan untuk pemilihan dan jenis pondasi yang akan digunakan diserahkan sepenuhnya kepada pihak perencana.

Daftar Rujukan

- [1] Najoran. "Intepretasi Hasil Uji dan Penyusunan Laporan Penyelidikan Geoteknik". Badan Litbang PU, Departemen Pekerjaan Umum. 2002
- [2] A. Faruha dan M. Ridwan. "Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dibandingkan Dengan Daya Dukung Hydraulik Jacking System Dan Pile Driving Analyzer (PDA) Test Pada Proyek

- Pembangunan Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri Kediri*". Rekayasa Teknik Sipil, Vol 2, No 2. 2018
- [3] A. Yusti dan F. Farhani. "*Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyser Test Dan Capwap*". Jurnal Fropil, Vol 2, No 1. 2014.
- [4] JE. Bowles dan JK. Hainim, "*Sifat-Sifat Fisik Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*". Jakarta: Penerbit Erlangga. 1991
- [5] Badan Standarisasi Nasional. Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir. SNI 2827 - 2008
- [6] B. Chairullah. "*Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Moetoda SPT, CPT, Dan Mayerhof Pada Lokasi Rencana Konstruksi PLTU Nagan Raya Provinsi Aceh*". Teras Jurnal, Vol 3, No. 1. 2013
- [7] JE. Bowles. *Analisis dan Desain Fondasi I*, Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga. 1997
- [8] Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. "*Daftar Standar Dan Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil*". 2018.
- [9] D. Aznald, I. Farni, dan R. Rahmat. "*Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Beban Vertikal Pada Proyek Pembangunan Gedung Dinas Prasarana Jalan, Tata Ruang, dan Permukiman Sumatera Barat*". Kumpulan Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil, Vol 1, No. 2. 2014.
- [10] H. Wahyudi. "*Daya Dukung Pondasi Dalam*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 1999
- [11] S. Sosrodarsono dan K. Nakazawa. "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*". Jakarta: Pradnya Paramita. 2000.
- [12] H. T. Wibowo, "*Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Peningkatan Kekuatan Tanah Sangat Lunak Di Lokasi Gate House Dalam Pekerjaan "Grouting At Semarang Pumping Station & Retarding Pond"*", Geological Engineering E-Journal, vol. 5, no. 2, pp. 362-368, Oct. 2013
- [13] J. Purba, N. M. Rangkuti, and M. Ardan, "*Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Perhotelan/ Apartemen/ Kondominium di Jalan Ring Road Medan*", JCEBT, vol. 1, no. 1, pp. 19–26, May 2017
- [14] Geo Inti Perkasa, PT. 2020. Report On Soil Investigation. Banjarnaru.
- [15] H.C. Hardiyatmo. "*Mekanika Tanah 2*". Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2018.