

Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Powerplan PT Gunung Patapaan Abadi di Kawasan Industri Suryacipta Kecamatan Ciampel Kabupaten Karawang Provinsi Jawa Barat

Surya Saputra*, Febri Hirnawan, Indra Karna Wijaksana

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*Suryasaputraindonesia@gmail.com

Abstract. The practice of mining general bearing capacity of the soil against the foundation can be associated with some infrastructure that will be used in mining activities, like the Smelter, workshop dst. Knowledge of bearing capacity is important, important considering that all activities will be related to the foundation of the land on which it is located. The research methodology used in this research such as literature study, data collection (field observation and laboratory testing), and Analysis used is to correlate all data that has been processed using manual calculations based on Mayerhoff's theoretical approach and converse labate. Research Soil bearing capacity aims (1)to determine the soil characteristics that will be used to calculate the bearing capacity of the pile foundation, (2) obtain soil bearing capacity (q_u) from SPT results and (3) soil shear strength parameters, (4) Obtain SF value from single pole capacity, and obtain ultimate group pile capacity (q_{un}). From field observations, drilling activities and laboratory test results it is known that the research area is dominated by clay material CH and MH. From the results of SF calculations on the Bearing capacity of the lab test results obtained a value of 1.7234 and from the Bearing capacity of the SPT obtained an SF value of 1.6681, the following are the results of all observation points on the 6m depth foundation. From the calculation results obtained the value of the pile foundation permit Bearing capacity of 2205 kN.

Keywords: Mayerhoff, Bearing Capacity, Pile Fondation, Safety Factor .

Abstrak. Dalam dunia pertambangan daya dukung tanah terhadap pondasi secara umum dapat dikaitkan dengan beberapa infrastruktur yang akan digunakan dalam kegiatan pertambangan, seperti pada *Smelter, workshop dst*. Pengetahuan mengenai daya dukung merupakan hal yang penting mengingat segala kegiatan akan berhubungan dengan tumpuan tanah yang tempat berdirinya. Metodologi penelitian yang digunakan meliputi beberapa tahapan seperti studi literatur, pengambilan sata (observasi lapangan dan pengujian laboratorium), dan Analisis yang digunakan adalah mengkorelasikan semua data yang telah di olah dengan menggunakan perhitungan manual berdasarkan pendekatan teori Mayerhoff dan converse labate. Penelitian Daya dukung tanah bertujuan

(1) mengetahui karakteristik tanah yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang, (2) memperoleh daya dukung tanah (q_u) dari hasil SPT dan (3) parameter kuat geser tanah, (4) memperoleh nilai SF dari kapasitas tiang tunggal, serta memperoleh kapasitas ijin kelompok tiang (q_{um}). Dari kegiatan observasi lapangan, kegiatan pengeboran dan hasil uji laboratorium diketahui bahwa area penelitian di dominasi oleh material tanah lempung berlanau.CH dan MH. Dari hasil perhitungan SF pada daya dukung dari hasil Uji lab didapat nilai sebesar 1.7234 dan dari daya dukung SPT didapat nilai SF sebesar 1.6681, berikut merupakan hasil dari seluruh titik pengamatan pada pondasi kedalaman 6m. Dari hasil perhitungan didapat nilai daya dukung ijin pondasi tiang kelompok sebesar 2205 kN.

Kata Kunci: Mayerhoff, Daya dukung, pondasi tiang, Faktor Keamanan.

1. Pendahuluan

Dalam sebuah pembangunan atau pembukaan lokasi baru baik untuk Infrastruktur pertambangan, Perminyakan atau beragam kegiatan konstruksi lainnya dengan kekuatan pondasi yang akan menjadi tumpuan pembangunan. Setiap pondasi bangunan perlu direncanakan berdasarkan jenis kekuatan dan daya dukung tanah tempat berdirinya. Bagi tanah yang stabil dan memiliki daya dukung yang baik, maka pondasinya membutuhkan konstruksi yang sederhana, namun jika tanahnya kompleks dan memiliki daya dukung yang buruk, maka perlu mendatkan pondasi yang lebih kompleks agar lebih kuat dalam menopangnya.

Dalam dunia pertambangan daya dukung tanah terhadap pondasi secara umum dapat dikaitkan dengan beberapa infrastruktur yang akan digunakan dalam kegiatan pertambangan, seperti pada *Smelter, workshop dst.* Pengetahuan mengenai daya dukung merupakan hal yang penting mengingat segala kegiatan akan berhubungan dengan tumpuan tanah yang tempat berdirinya. Untuk itu maka perlu dilakukan penelitian mengenai daya dukung tanah terhadap pondasi secara umum tujuannya agar mengetahui kekuatan nilai daya dukung dan kelayakan pondasi suatu bangunan.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung tanah untuk pondasi bangunan powerplan pada masterplan yang telah dibuat di PT Gunung Patapaan Abadi Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui karakteristik tanah yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang.
2. Memperoleh daya dukung tanah (q_u) dari hasil SPT dan parameter Kuat geser Tanah .
3. Memperoleh nilai SF dari kapasitas tiang tunggal
4. Memperoleh kapasitas ijin kelompok tiang (q_{um}).

1.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian skripsi ini meliputi beberapa tahapan dan langkah kerja sebagai berikut:

1. Studi literature / Metode kepustakaan, yaitu pengumpulan data dari laporan penelitian sebelumnya, jurnal maupun buku-buku penunjang yang berhubungan dengan kegiatan penelitian
2. *Field Method* (pengambilan data lapangan secara langsung)
Mencakup pengambilan data secara langsung dari lapangan (*field Method*), *Observasi*, melakukan *sampling*, dan melakukan uji lapangan secara langsung seperti : Cone Penetration Test/CPT (Sondir), Standard Penetration Test/SPT, dan Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Sebagai data tambahan.
3. Pengujian Labolatorium dilakukan untuk mendapatkan data parameter fisik dan mekanik tanah berupa density jenuh (γ_{wet}), density kering (γ_{dry}), kohesi (C), ϕ (sudut

geser dalam) serta data data yang di butuhkan guna menunjang penelitian.

Analisis yang digunakan adalah mengkorelasikan semua data yang telah di olah dengan menggunakan perhitungan manual berdasarkan pendekatan teori Mayerhoff dan *converse labate*. sehingga dapat mengetahui daya dukung dari pondasi tiang pancang untuk bangunan *powerplant*

2. Landasan Teori

Analisis Dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban dari struktur-struktur yang terletak diatasnya. Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya. (Hardiyatmo, 2002)

Pemikiran Mayerhoff ini dinyatakan dengan persamaan :

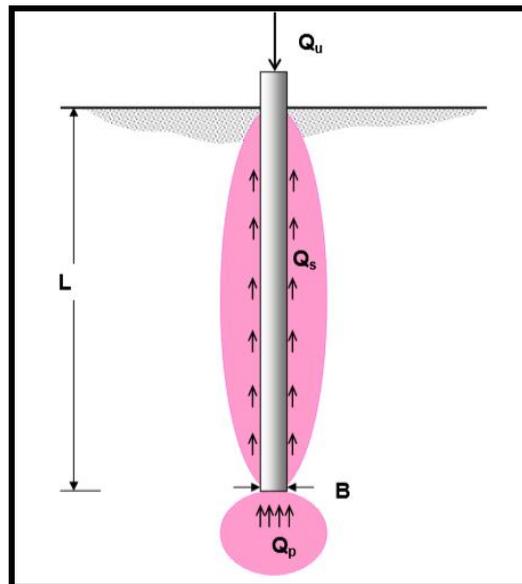
$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

Q_u = kapasitas daya dukung beban pondasi

Q_p = kapasitas daya dukung ujung (didasar) pondasi

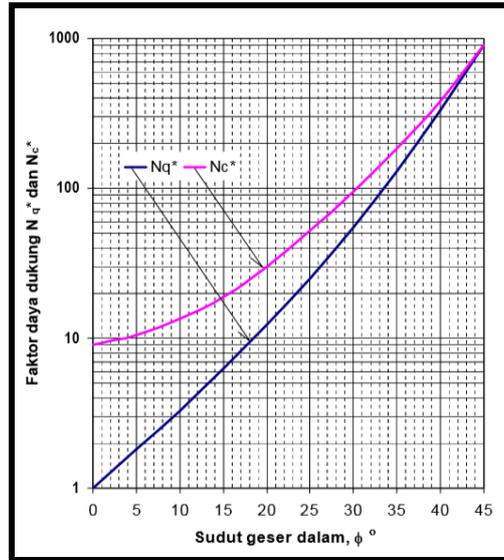
Q_s = kapasitas daya dukung sisi (gesekan) sepanjang pondasi



Sumber : (Meyerhof, 1956)

Gambar 1. Daya dukung Tiang

Metoda untuk mengestimasi kapasitas daya dukung ujung pondasi tiang yang bagian ujungnya ditanam dalam lapisan tanah lempung (dominan lempung) masih menggunakan persamaan umum yang sama dengan tanah pasir. Perbedaan yang ada hanyalah bahwa faktor kapasitas daya dukung ujung N_c^* juga dimasukkan di dalam perhitungan daya dukung. Namun masih tetap saja seperti teori klasik lainnya, faktor-faktor daya dukung N_c^* dan N_q^* didapatkan hanya dari nilai sudut geser dalam tanah, ϕ .



Sumber : (Meyerhof, 1956)

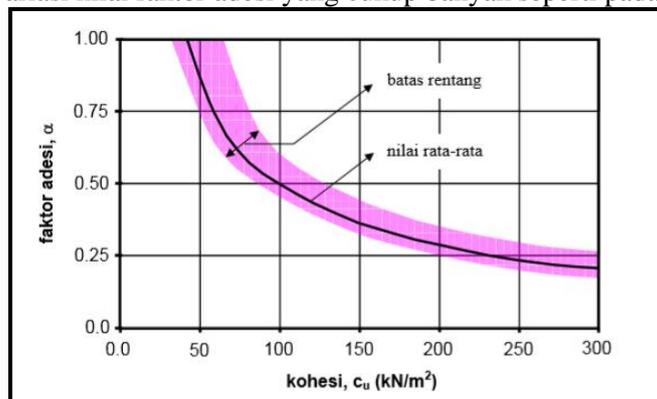
Gambar 2. Grafik sudut dalam dan Faktor Mayerhoff

$$Q_p = cN_c^* + q' N_q^* \dots\dots\dots (2)$$

- c = nilai kohesi tanah dibawah dasar (ujung) pondasi
- q' = $\Sigma \gamma' L$ adalah tegangan efektif tanah akibat berat diatas ujung tiang
- γ' = berat volume tanah efektif diatas dasar pondasi
- L = panjang tiang yang tertanam dalam tanah
- N c * dan Nq* adalah faktor kapasitas daya dukung tanpa satuan (non-dimensional) yang didapatkan hanya dari nilai sudut geser dalam tanah, ϕ .

2.1 Daya Dukung Sisi untuk Tanah Lempung

Usulan Tomlinson dan American Petroleum Institute terhadap nilai faktor adhesi (α) mulanya berkisar antara 0.5 hingga 1.25 dan untuk lempung kaku dan sangat kaku (*stiff and very stiff clay*). Pada perkembangan selanjutnya formula ini dikembangkan untuk tanah lempung lunak sekalipun, dengan variasi nilai faktor adhesi yang cukup banyak seperti pada (Das, 1990).



Sumber : Tomlinson 1971

Gambar 3. Faktor adhesi

$$A_s = \Theta_i . L_i \dots\dots\dots (3)$$

A_s = Luas bidang kontak, A_s

Θ_i = keliling Pondasi
 Li = Tinggi Pondasi

2.2 Kapasitas daya dukung Tiang pancang dari hasil SPT

Berdasarkan catatan dari kasus-kasus di lapangan, Meyerhof (1976) mengusulkan untuk mengestimasi daya dukung ujung pondasi tiang yang ditanam di dalam tanah homogen menggunakan nilai pukulan uji penetrasi standard (Nspt), dengan persamaan pendekatan:

$$Q_p = 40 \times N_{desain} \times A_p \dots\dots\dots (4)$$

Tanah kohesif :

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p \dots\dots\dots (5)$$

$N_{desain} = (N1+N2)/2$, dengan $N1$ adalah nilai rata-rata N-SPT dari ujung tiang ke 10D diameter tiang ke atas dan $N2$ adalah nilai rata-rata N-SPT dari ujung tiang ke 4D diameter tiang ke atas.

2.3 Daya Dukung Geser Selimut (Skin Friction)

Untuk menghitung tahanan geser selimut tiang pada tanah pasir digunakan metode korelasi empiris terhadap N-SPT berdasarkan Naval Engineering Facilities Command untuk tipe tiang deformasi besar. Persamaan tahanan geser selimut untuk tiang pancang dan tiang bor dapat dituliskan sebagai berikut

$$Q_s = \alpha \times C_u \times Li \times p \dots\dots\dots (6)$$

p = keliling lingkaran tiang
 Li =tinggi tinjauan tiang

Tabel 1. Nilai Tumbukan Pada SPT

Sands		Clays	
Number of blows per ft, N	Relative Density	Number of blows per ft, N	Consistency
		Below 2	Very Soft
0-4	Very loose	2-4	Soft
4-10	Loose	4-8	Medium
10-30	Medium	8-15	Stiff
30-50	Dense	15-30	Very stiff
Over 50	Very dense	Over 30	Hard

Sumber : (mayerhof,1956)

2.4 Daya Dukung Tiang Terhadap Gaya Cabut.

Nicola dan Radolph (1993) menyatakan bahwa tanah kohesif berbutir halus, dengan pembebanan diasumsikan bekerja pada kondisi *undrained*, tahanan selimut terhadap gaya tekan maupun gaya Tarik akan sama besarnya , sedangkan pada tanah non-kohesif, dinyatakan bahwa tahanan selimut Tarik diasumsikan sebesar 70 % dari tahanan selimut tekan.

Persamaan untuk menghitung besarnya daya dukung cabut adalah sebagai berikut:

- Q_{uplift} = $0.70 \times Q_s + w'$ pile
- Q_s = daya dukung *Friction* tiang tekan
- W' pile = Berat efektif pondasi tiang

2.5 Faktor Keamanan

Faktor aman (SF) dalam tinjauan kapasitas daya dukung ultimit neto didefinisikan sebagai :

$$SF = \frac{qun}{qn} = \frac{qu - \gamma Df}{q - \gamma Df} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

γ = berat volume tanah di atas dasar pondasi

Df = Kedalaman pondasi

qu = Daya dukung ultimit

q = Tekanan pondasi total ($q = \frac{P}{A}$)

qu = Daya dukung ultimit neto

Fondasi nantinya akan menahan beban aksial dan lateral yang berasal dari struktur atas. Sehingga perlu ada batasan untuk menjamin bahwa struktur cukup aman. Faktor keamanan aksial fondasi adalah sebagai berikut.

- a. $SF = 2,5$ untuk kondisi layan (SNI 8460: Persyaratan Perancangan Geoteknik 2017);
- b. $SF = 2$ untuk kondisi gempa nominal (Komisi Keamanan Jembatan Panjang dan Terowongan Jalan 2016);

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Tanah.

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai daya dukung untuk pondasi, maka dari itu diperlukannya pengujian guna mengetahui karakteristik tanah yang optimal. Karakteristik tanah di lokasi rencana konstruksi, seperti plastisitas dan retakan tanah permukaan, jenis tanaman dan pola drainasenya, harus diperiksa untuk mendapatkan bahan pertimbangan analisis daya dukung tanah fondasi. Kegiatan observasi lapangan, pengujian SPT, kegiatan pengeboran dan hasil uji laboratorium diketahui bahwa area penelitian di dominasi oleh material tanah lempung berlanau. CH dan MH, berdasarkan nilai kekerasan tanah material Lempung CH pada daerah penelitian merupakan material tanah yang cukup keras (*Hard clay*) hal tersebut ditunjang dengan parameter deksripsi kekuatan tanah. Dalah para meter tersebut dikorelasikan data N SPT dan kondisi tanah.

Dari data tersebut dapat dikatakan tanah pada daerah penelitian memiliki kekuatan yang baik, sehingga daya dukung pondasi tidak akan berada pada kedalaman yang terlalu jauh. Sehingga akan tanah akan mampu menopang dengan lebih optimal ketimbang jenis tanah yang lebih lunak.

3.2 Input Parameter Dari Hasil Uji Laboratorium.

Input parameter yang digunakan dalam perhitungan daya dukung dengan pendekatan teori terzhagi sebagai referensi dan penggunaan rumus empirisnya. Data yang dibutuhkan guna menghitung daya dukung adalah berupa kohesi (c), sudut gesek dalam (Φ), tekanan teknanan overburden P_o . Data tersebut di peroleh dari Semakin tinggi nilai kohesi dan sudut gesek dalam yang menjadi input parameter maka semakin tinggi nilai *daya dukung ijin* (qa) nya. sebagaimana yang telah dibuktikan perhitungan daya dukung tanah dengan perbandingan tiap kedalaman dan nilai C yang berbeda.

Perkiraan kuat geser tanah kohesif tidak terdrainase (c_u) biasanya merupakan karakteristik sementara, karena tekanan air pori dalam tanah fondasi kedap air akan meningkat segera setelah pemasangan beban struktural. Tanah yang mengalami konsolidasi akibat beban fondasi yang bekerja akan menyebabkan c_u meningkat seiring dengan waktu. Oleh karena itu, daya dukung tanah akan meningkat seiring dengan waktu. Untuk itu perlu dipertimbangkan evaluasi uji laboratorium

3.3 Pengaruh Rekayasa Pondasi Terhadap Daya Dukung Tanah

Pengaruh bentuk pondasi pada daya dukung bergantung pada jenis struktur tanahnya apabila tanah di dekat permukaan mampu memdukung beban struktur, maka jenis pondasi dangkal dapat digunakan namun apabila tanah dekat permukaan tidak dapat mendukung beban, maka di perlukan pondasi yang ditanam lebih dalam, hal tersebut berkorelasi dengan karakteristik tanah di daerah penelitian, sehingga digunakan pondasi tiang untuk rancangan powerplan tersebut.

Fondasi tiang dapat mendukung beban stuktur yang sangat besar, karena kedalamannya dapat dibuat sedemikian rupa sehingga mampu mendukung beban yang tinggi. Lebar fondasi berpengaruh pada daya dukung batas tanah nonkohesif dan penurunan, yang merupakan faktor penting dalam menentukan beban desain.

3.4 Nilai Daya Dukung

Daya dukung pondasi tiang pancang pada proyek pembangunan dilokasi penelitian diperoleh berdasarkan analisa yang dilakukan dengan menggunakan data hasil lapangan berupa Pengujian SPT dan hasil Lab. Kuat geser tanah. Analisis daya dukung berdasarkan SPT dapat dihitung berdasarkan nilai konus pada ujung tiang. Jika tanah memiliki nilai SPT yang kecil, maka tahanan ujung kecil pula begitu sebaliknya, bila nilai SPT besar maka nilai daya dukung nya pula akan besar. Sedangkan pada pengujian laboratorium kuat geser tanah yang akan paling berpengaruh adalah nilai C dan ϕ . apabial keduanya besar maka perhitungan daya dukung yang di peroleh akan besar pula untuk memperoleh nilai daya dukung tiang pancang digunakan beberapa metode diantaranya Mayerhoff.

Dari data hasil pengolahan didapat nilai daya dukung tiang pancang seperti berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Uji SPT 6m

CODE	QS	Qp	Qult
BH16	238.65	54.86	293.51
BH18	368.88	84.80	453.68
BH24	379.73	87.29	467.02
BH37	390.58	89.79	480.37

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Uji SPT 6m

CODE	QS	Qp	Qult
BH16	243.8647	59.85902	303.7237
BH18	376.8818	96.63676	473.5186
BH24	387.9666	82.58525	470.5518
BH37	399.05	73.59	472.64

Dari hasil analisis perhitungan dengan kedua metode tersebut didapat data daya dukung terendah dari masing masing metode yaitu, pada SPT terdapat pada BH18 dengan nilai Qult 293.51 kN dan pada uji lab terdapat pada BH16 dengan nilai Qult 303.7237 kN. Selanjutnya dapat dihitung nilai SF (*safety Factor*) dari kedua nilai perhidtungan daya dukung guna mengetahui apakah daya dukung akan aman terhadap beban yang akan bekerja diatasnya. Dan apabila daya dukung tiang tunggal telah diketahui, maka daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan dengan mengkorelasikan terhadap efisiensi kelompok tiang pancang dengan menggunakan metode converge labare.

Daya dukung tiang kelompok digunakan untuk memperkuat kapasitas daya dukung apabila daya dukung tiang tunggal tidak mampu menahan atau menopak pembebanan diatasnya. Setelah dilakukan perhitungan didapat nilai Qult (kelompok) sebesar 5519.6056 kN dan daya dukung ijin sebesar 2205 kN

3.5 Nilai SF (Safety Factor)

Dari hasil pembebanan yang diacu berdasarkan SNI 1727 2013, PPPURG 1987 serta Gambar Recana Powerplan didapat beban total sebesar 175.95 kN, dengan mengkorelasikan nilai daya dukung tiang pancang terhadap beban total nya maka akan dapat memperoleh nilai SF sebagai acuan bahwa daya dukung tanah pada pondasi tiang tersebut aman atau tidak.

Dari hasil perhitungan SF pada daya dukung dari hasil Uji lab didapat nilai sebesar 1.7234 dan dari daya dukung SPT didapat nilai SF sebesar 1.593, berikut merupakan hasil dari seluruh titik pengamatan pada pondasi kedalaman 6m. dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa daya dukung tersebut *Tidak aman*. berdasarkan (SNI 8460: Persyaratan Perancangan Geoteknik 2017) dengan minimal nilai SF 2.5. sehingga pada titik pengamatan tersebut perlu dilakukan rekayasa pondasi penanganan lebih lanjut agar nilai sf terpenuhi.

Berikut adalah data rekapitulasi hasil perhitungan SF pada pondasi tiang Tunggal :

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai SF

Nilai Safety Factor		
CODE	SPT	Uji Lab. Kuat geser
BH16	1.668144	1.726193
BH18	2.57846	2.691211
BH24	2.654277	2.67435
BH37	2.730151	2.686227

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai daya dukung untuk pondasi, maka dari itu diperlukannya pengujian guna mengetahui karakteristik tanah yang optimal. Dari kegiatan observasi lapangan, kegiatan pengeboran dan hasil uji laboratorium diketahui bahwa area penelitian di dominasi oleh material tanah lempung berlanau.CH dan MH.
2. Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal berdasarkan SPT dan Parameter kuat geser tanah secara berurutan BH16, BH18, BH24,BH37 adalah sebagai berikut SPT 293.51,453.68 467.02, 480.37 Paraameter kuat geser 303.72, 473.51, 470.551, 472.64 kN
3. Hasil perhitungan nilai *safety factor* tiang tunggal pada lokasi penelitian secara berurutan BH16, BH18, BH24,BH37 adalah sebagai berikut berdasarkan SPT 1.668144, 2.57846, 2.654277, 2.730151, berdasarkan parameter kuat geser 1.726193, 2.691211, 2.67435, 2.686227.
4. Dari hasil perhitungan didapat nilai daya dukung ijin pondasi tiang kelompok sebesar 2205 kN, data tersebut dihitung dengan menggunakan metode *converce labareketika* merasa haus sekaligus ingin membandingkan dengan produk air mineral merek lain.

5. Saran

1. Pada penelitian ini diperlukan rekayasa geoteknik lebih lanjut pada daya dukung tiang tunggal pada titik pengamatan BH16. Serta lebih baik menggunakan rancangan pondasi tiang kelompok, karena daya dukung nya jauh lebih besar dibandingkan dengan daya dukung tiang tunggal.
2. Sebaiknya data gambar kerja diberikan agar pembebanan secara actual bisa dihitung, sehingga perhitungan lebih akurat.

Daftar Pustaka

- [1] Anonymous. 2012 “.SNI 1726: Perencanaan Bangunan Tahan Gempa. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [2] Anonymous 2013. SNI 1727: Pembebanan Minimal Bangunan Rumah Dan Gedung. . Badan Standarisasi Nasional. jakarta
- [3] Budi, Gogot Setyo. 2011. Pengujian tanah di Laboratorium. Graha Ilmu, Yogyakarta

- [4] Budi Santosa, Heri suprapto. 1982 Mekanika Tanah Lanjutan. Gunadarma, Jakarta.
- [5] Bowles, J. E., (1992), Engineering Properties of Soils and Their Measurement, Mc Graw-Hill
- [6] Bowles, J. E., 1988, Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- [7] Braja. M. Das (diterjemahkan oleh Mochtar.N.E and Mochtar.I.B) 1988. Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [8] Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. Mekanika Tanah I . Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [9] Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. Mekanika Tanah II . Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- [10] Koerner, Robert. 1933. Desinging with geosyntetic. Neywjersey : preasen inc
- [11] Meyerhof, G.G. (1976), 'Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations', Journal of the Geotechnical Engineering Division, American Society of Civil Engineers, vol. 102, No.GT3, pp. 197-22
- [12] Meyerhof, 1956. Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils. Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, SM1(102), pp. 1-12.
- [13] Nicola and Radolph M F. 1993 "Tensile And Compressive Shaft Capacity Of Pile In Sand" Journal of geotechnical Engineering American Sosiety of Civil Engineeers. Vol 119,108,Gt12. April hal 599-620
- [14] Reese. 1998. Analysis and Design of Shallow and Deep Foundation. O'neal . califonia
- [15] Sunggono, Kh. 2002. Mekanika Tanah. Bandung, Nova
- [16] Terzaghi, K. (1943), Theoretical Soil Mechanics, Wiley, New York
- [17] Tomlinson, M.J., (1971), 'Some Effects of Pile Driving on Skin Friction', Proc. Conference on Behaviour of Piles, ICE, London, pp. 107-114
- [18] Soedarmono,Ir. G. Djatmoko, Ir. S. J. Edy Purnomo. Mekanika Tanah I. Kanisius, Jakarta.