

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI *STRAUSS PILE* PADA PEMBANGUNAN GEDUNG MINI HOSPITAL UNIVERSITAS KADIRI

Agata Iwan Candra

Fakultas Teknik, Universitas Kediri
email: iwan_candra@unik-kediri.ac.id

ABSTRACT

The foundation is an important building structure in the field of construction because it functions as the support of a building. The foundation must be planned appropriately to maintain the stability of the building. Strauss foundation is one type of foundation that is used to carry the burden if hard soil that has a strong carrying capacity is very deep from the ground surface. This study aims to calculate the carrying capacity of the Strauss foundation using the Meyerhof method. To estimate the carrying capacity of the soil, field testing is carried out using a CPT (Cone Penetration Test). The results of the analysis show that the carrying capacity of the deepest shallow foundation is 2 meters with an ultimate carrying capacity of 188 kg. While the carrying capacity of foundations in the depth of 3 to 5 meters. The most efficient result by Meyerhof's calculation was the number of poles as much as 2 at a depth of 4 meters with a pile group capacity of 74.13 tons, greater than the maximum load (69.42 tons)

Keywords: *Carrying capacity, CPT (Cone Penetration Test), Strauss Foundation, Meyerhof.*

ABSTRAK

Pondasi merupakan struktur bangunan yang penting dalam bidang konstruksi karena berfungsi sebagai penompang sebuah bangunan. Pondasi harus direncanakan dengan tepat untuk menjaga kestabilan bangunan. Pondasi strauss merupakan salah satu jenis pondasi yang digunakan untuk memikul beban apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang kuat letaknya sangat dalam dari permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung tanah pondasi strauss menggunakan metode Meyerhof. Untuk memperkirakan daya dukung tanah dilakukan pengujian lapangan dengan menggunakan CPT (Cone Penetration Test). Hasil analisis menunjukkan bahwa daya dukung pondasi dangkal terdalam pada 2 meter dengan daya dukung ultimit 188 kg. Sedangkan daya dukung pondasi dalam terdapat pada kedalaman 3 hingga 5 meter. Hasil paling efisien dengan perhitungan Meyerhof didapat jumlah tiang sebanyak 2 pada kedalaman 4 meter dengan kapasitas kelompok tiang yaitu 74.13 ton, lebih besar dibandingkan dengan beban maksimum (69.42 ton)

Kata kunci : *Daya dukung, CPT (Cone Penetration Test), Pondasi Strauss, Meyerhof.*

1. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan pembangunan dewasa ini, semakin banyak didirikan gedung-gedung bertingkat tinggi. Secara umum bagaunan dalam bidang konstruksi terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas meliputi konstruksi kolom, balok dan plat sedangkan struktur bawah meliputi konstruksi pondasi. [1]

Pondasi merupakan bagian penting dalam konstruksi bangunan. [2][3] Pondasi harus direncanakan dan diperhitungkan dengan tepat agar dapat menjamin kestabilan bangunan [4] sesuai dengan daya dukung tanah yang diijinkan sehingga konstruksi mampu berdiri dengan sempurna tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah, dan penurunan (*settlement*) tanah/Pondasi yang berlebihan sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada bangunan. [5][6]

Pondasi berfungsi untuk meneruskan beban yang berasal dari beban bangunan itu sendiri ataupun beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya. [7] Beban dari struktur bangunan tersebut didistribusikan melalui kolom dengan intensitas tegangan yang di ijjinkan menurut nilai daya dukung tanah.

Struktur bawah sebagai pondasi juga secara umum dapat dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.[8] Pemilihan jenis pondasi ini tergantung kepada jenis struktur atas, apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga jenis tanahnya.[9] Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi lapisan tanah permukaan cukup baik, biasanya jenis pondasi dangkal sudah memadai.[10] Pondasi dangkal lebih banyak digunakan dalam bidang konstruksi karena dianggap lebih efektif. [11]

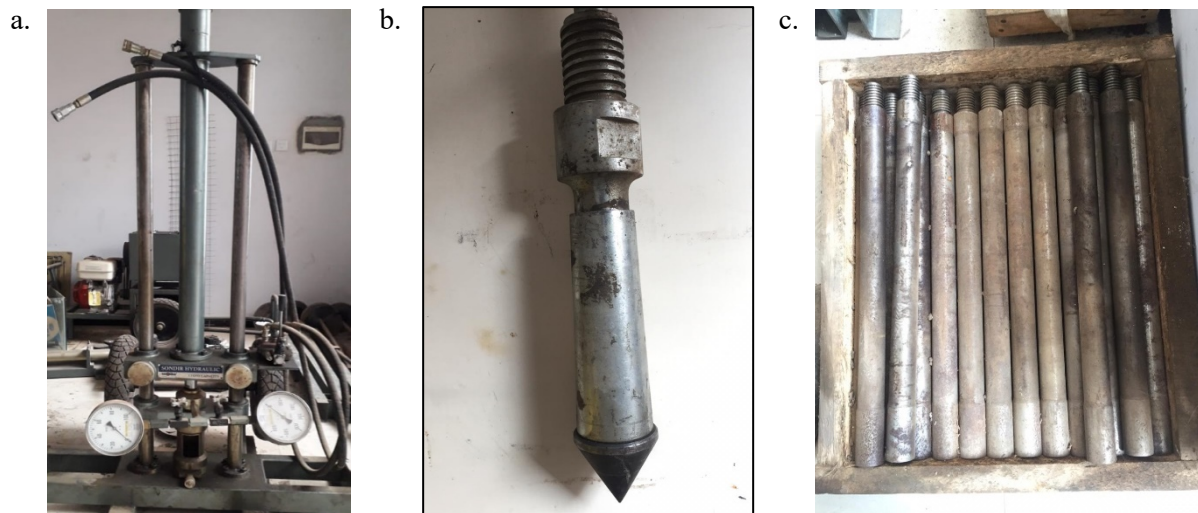
Permasalahan yang sering timbul dalam pembangunan bidang konstruksi diakibatkan oleh kondisi tanah. [12] Hal tersebut karena tanah tempat berdirinya bangunan merupakan daerah yang memiliki tanah labil sehingga menimbulkan masalah dalam menentukan jenis pondasi yang layak dipergunakan. Hal ini terjadi pula pada pembangunan gedung Mini Hospital Universitas Kadiri pada waktu diadakan penyelidikan tanah (*CPT*), menunjukan lapisan tanah keras letaknya tidak terlalu dalam dari permukaan tanah.

Dengan diketahui kondisi lapisan tanah, dimana letak lapisan tanah keras berada tidak terlalu dalam dari permukaan tanah maka pemilihan jenis pondasi menggunakan sistem pondasi tiang (*Strauss Pile*). Tujuan dari perencanaan ini yaitu untuk menghitung daya dukung *Strauss* terhadap hasil *CPT* (*Concrete Penetration Test*) pada pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri. Analisis ini hanya akan menghitung daya dukung tiang berdasarkan kekuatan tanah, perhitungan daya dukung tiang kelompok, dan data pembebanan berdasarkan data struktur atas dari perhitungan SAP2000.

2. METODOLOGI

2.1 Daya Dukung Pondasi

Daya dukung atau *bearing capacity* merupakan kemampuan tanah yang berada di bawah ataupun disekitar pondasi unuuk menahan beban yang berada di struktur atasnya. [13][14] Daya dukung dan penurunan pondasi dapat dihitung berdasarkan data tanah yang didapat dari pengujian laboratorium dan juga pengujian lapangan. Pengujian laboratorium menghasilkan data berupa sifat fisik dan sifat mekanis tanah.[15] Pengujian lapangan dilakukan dengan cara pengujian pembebanan atau biasa disebut *loading test*. [16] Berdasarkan pengujian pembebanan akan didapat diperkirakan besarnya daya dukung ultimit dan penurunan. *Cone Penetration Test* (CPT) atau uji sondir merupakan salah satu jenis pengujian untuk memperkirakan besarnya daya dukung tanah pada pondasi dalam dan juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis tanah.[17][18] Pengujian dilakukan dengan mendorong konus (kerucut) kedalam tanah dan perlawanan tanah terhadap ujung konus maupun lekatan tanah terhadap selimut batang konus diukur, sehingga didapatkan nilai tahanan ujung (q_c) dan lekatan selimut (f_s). [19][20] Daya dukung dan penurunan pondasi dalam dapat dihitung dengan metode *Meyerhof*.



Gambar 1.(a) *Cone Penetration Test*, (b) Ujung konus (c) Pipa Sondir

Tabel 1. Tingkat konsistensi tanah dari sondir (*Terzaghi dan Peck, 1948*)[21]

| Konsistensi | q_c (kg/cm ²) |
|---------------------|-----------------------------|
| Tanah Sangat Lunak | < 5 |
| Tanah Lunak | 5 - 10 |
| Tanah Agak Lunak | 10 - 35 |
| Tanah Sedang / Kaku | 30 - 60 |
| Tanah Agak Keras | 60 - 120 |
| Tanah Keras | > 120 |

2.2 Daya Dukung Tanah Menggunakan Pondasi Dangkal

Untuk pondasi-pondasi dangkal pada tanah pasir maupun lempung menurut *Meyerhof* (1976) [22] dihitung dengan persamaan berikut.

$$q_{ult} = q_c \cdot B \cdot \left(1 + \frac{d}{B}\right) \cdot \frac{1}{40} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

q_{ult} = kapasitas dukung ultimit pondasi

q_c = tahanan konus dari sondir / PK

d = kedalaman pondasi

B = lebar pondasi

2.3 Daya Dukung Tanah Menggunakan Pondasi Tiang Metode Meyerhof

Untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang tunggal berdasarkan pada penyajian data hasil sondir, maka beban ijin (*Pall*) dihitung menggunakan metode *Meyerhof* (1956) [22] Perhitungan daya dukung tiang menurut metode *Meyerhof* menggunakan persamaan 2:

$$P_{ult} = q_{cr} \cdot A_p + \sum f_s \cdot A_s$$

$$P_{all} = \frac{P_{ult}}{FK} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

P_{ult} = beban maksimum

P_{all} = kapasitas beban yang diijinkan

A_p = luas penampang dasar pondasi tiang

A_s = keliling pondasi tiang

q_{cr} = q_c rata-rata, sepanjang 4D bagian atas rencana ujung tiang dan 1D dibawah ujung tiang

f_s = hambatan lekat

FK = factor keamanan nilainya antara 2,5 s/d 3

2.4 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang [23]

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperlihatkan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Eg = 1 - \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{90.m.n} \right] . \theta$$

$$\theta = \text{Arc tg} . D/s$$

$$Pg = Eg . nt . Pall \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

Eg = efisiensi kelompok tiang

M = banyaknya tiang dalam arah X

n = banyaknya tiang dalam arah Y

D = diameter tiang = 30 cm

s = jarak tiang = 2,5D

Pg = kapasitas kelompok tiang

Pall = kapasitas beban ijin tiang tunggal

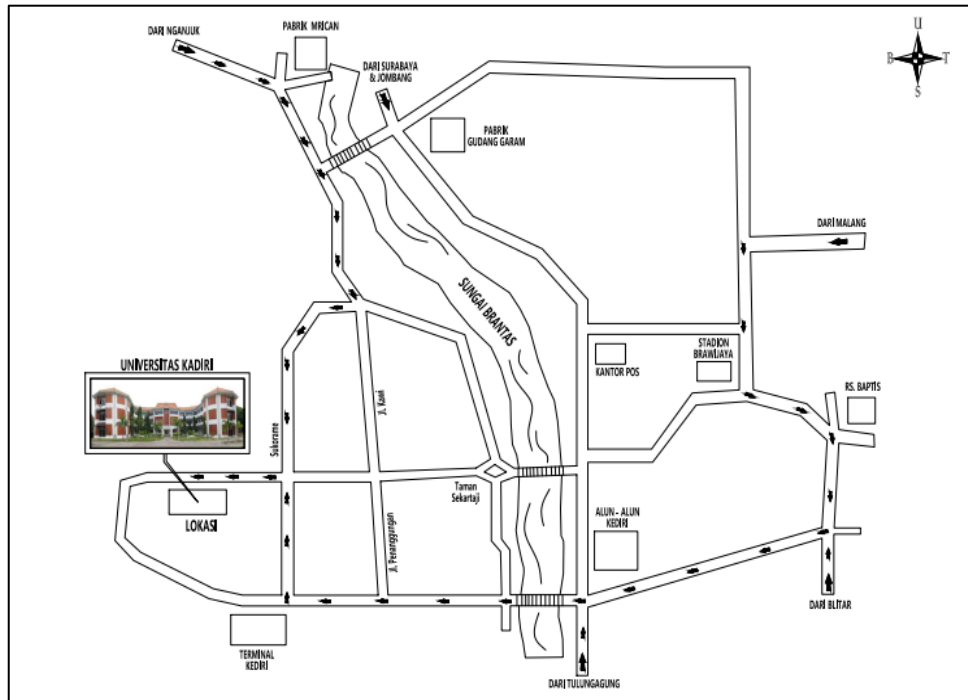
nt = jumlah tiang

2.5 Rancangan Analisis Data

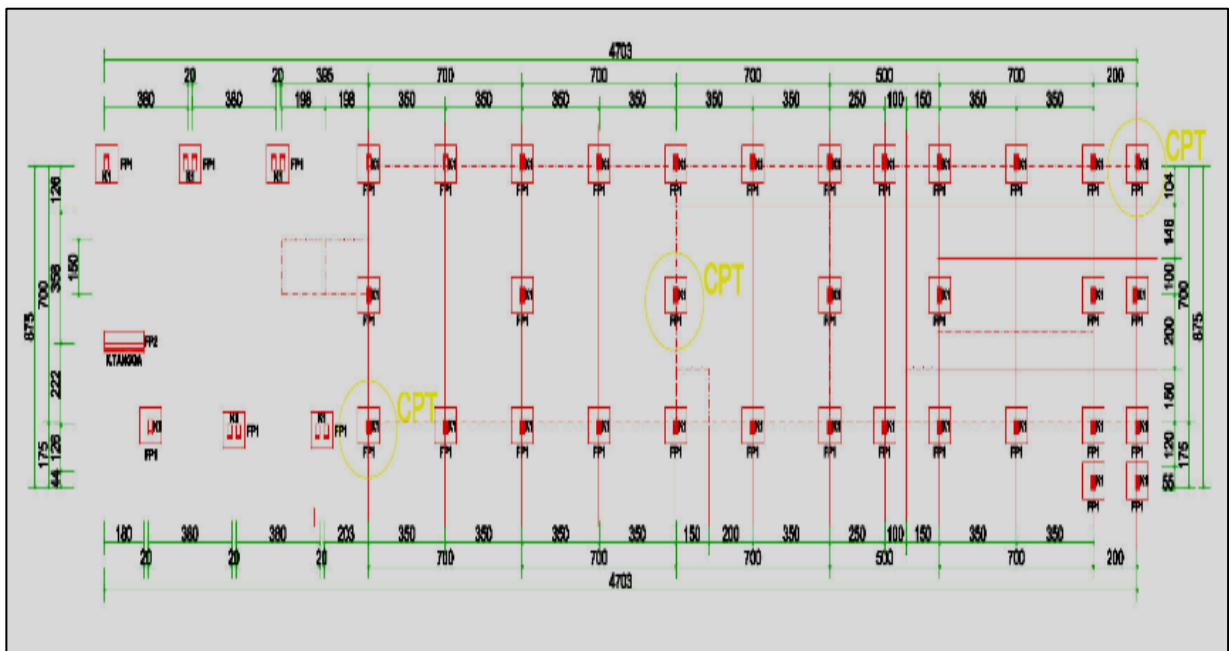
Bahan untuk menganalisis daya dukung pondasi menggunakan data pondasi tiang. Beberapa metode pengumpulan data antara lain:

1. Metode observasi dengan mengambil data yang berhubungan dengan data teknis gedung dan pondasi diperoleh langsung dari proyek.
2. Pengambilan data meliputi gambar lengkap (denah, potongan, detail-detail, denah pondasi, detail pondasi), data penyelidikan tanah yaitu data sondir.
3. Membaca studi kepustakaan dengan membaca dan mengutip isi buku yang berhubungan dengan permasalahan yang ditinjau untuk melengkapi dan menyelesaikan tulisan artikel ini.
4. Menghitung daya dukung pondasi berdasarkan data sondir dengan menggunakan metode *Meyerhof* yang kemudian digunakan untuk menentukan jumlah tiang dengan mempertimbangkan daya dukung tiang kelompok, kemudian disimpulkan.

2.6 Lokasi Pengujian



Gambar 2. Denah Lokasi Pengujian *Cone Penetration Test (CPT)*

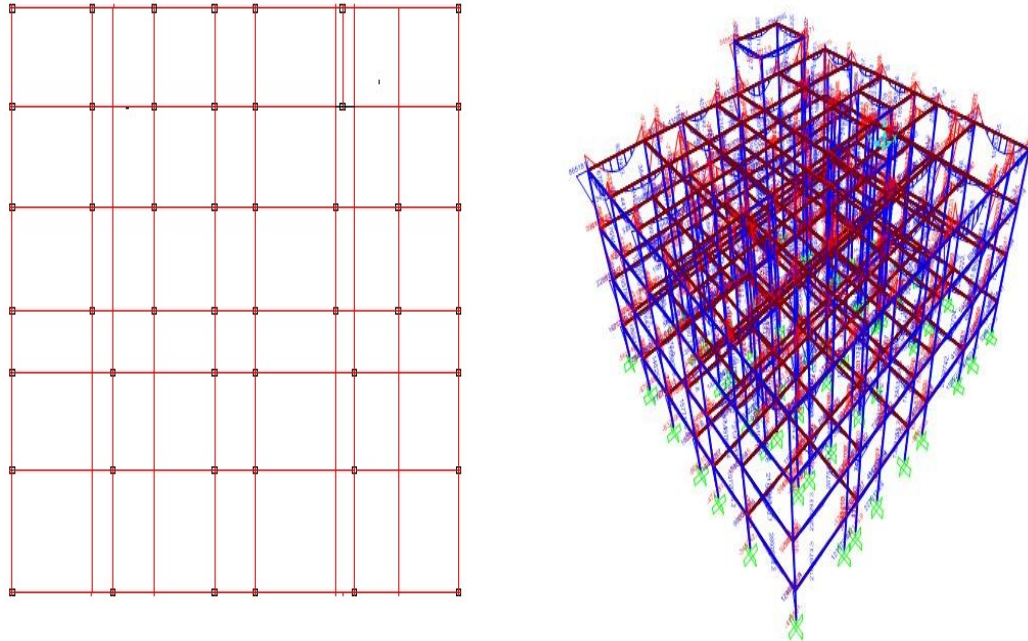


Gambar 3. Titik Pengujian *Cone Penetration Test (CPT)*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Beban Struktur Bangunan

Hasil perhitungan analisa pembebanan dengan bantuan SAP2000,[24][25] untuk beban maksimal bangunan yang bekerja pada pondasi (P_{max}) = 69420,36 kg = 69,42 ton



Gambar 4. (a) Grid Line Diagram (b) 3D Modeling SAP2000

3.2 Hasil Pengujian CPT (*Cone Penetration Test*)



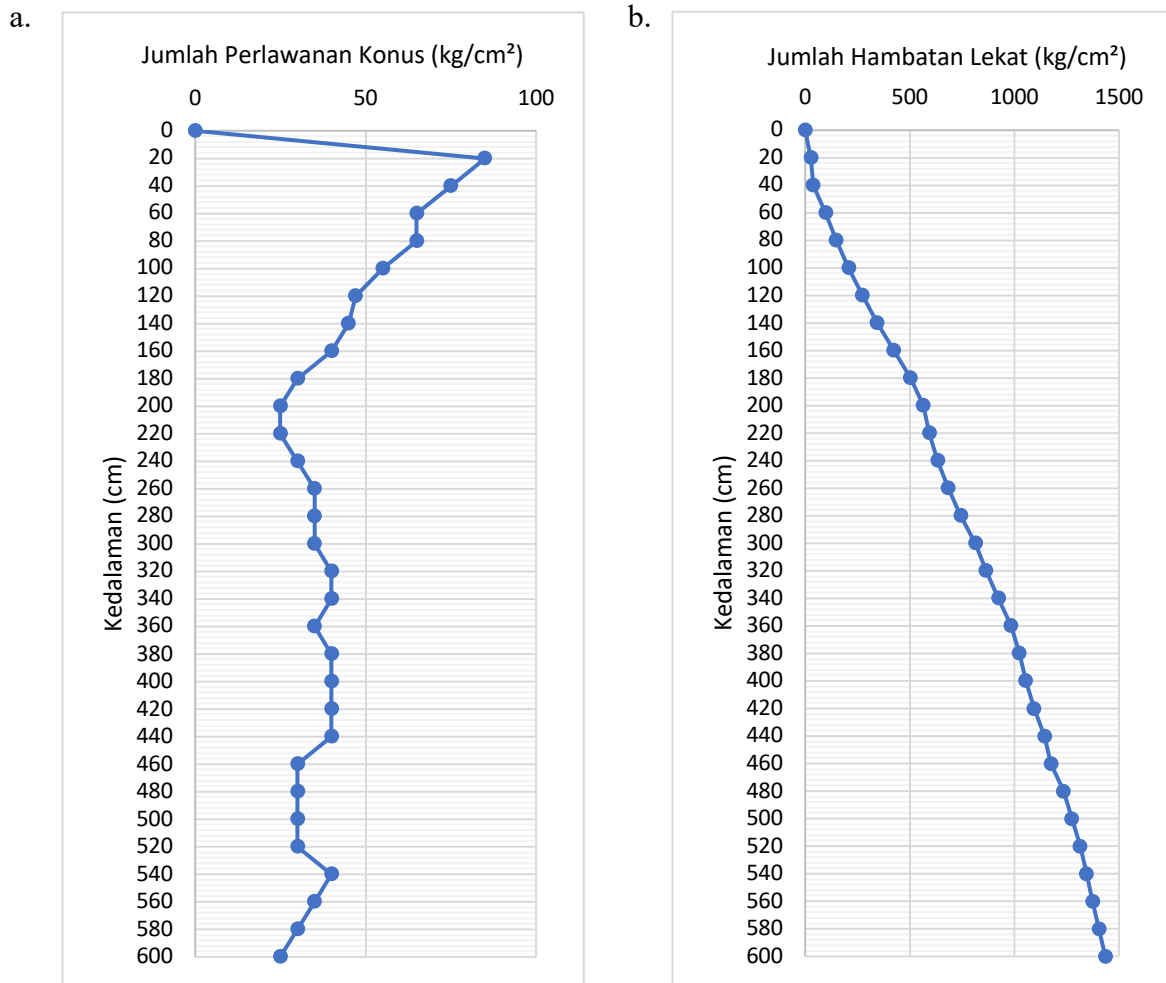
Gambar 5. Kegiatan Pengujian Sondir

Hasil pengujian CPT (*Cone Penetration Test*) disajikan pada table 2 dengan uraian sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil uji CPT lapangan

| Kedalaman M.T. | Perlawanan penetrasi konus | Jumlah Perlawanan | Hambatan Lekat | HL2 | Jumlah Hambatan Lekat | Hambatan Setempat |
|----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------------|
| (m) | (PK) (kg/cm ²) | (JP) (kg/cm ²) | HL=JP-PK (kg/cm ²) | (kg/cm) | (JHL) (kg/cm ²) | HS=HL/10 (kg/cm ²) |
| 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 85 | 99 | 14 | 28 | 28 | 1,4 |
| 40 | 75 | 80 | 5 | 10 | 38 | 0,5 |
| 60 | 65 | 95 | 30 | 60 | 98 | 3,0 |
| 80 | 65 | 90 | 25 | 50 | 148 | 2,5 |
| 1.00 | 55 | 85 | 30 | 60 | 208 | 3,0 |
| 20 | 47 | 80 | 33 | 66 | 274 | 3,3 |
| 40 | 45 | 80 | 35 | 70 | 344 | 3,5 |
| 60 | 40 | 80 | 40 | 80 | 424 | 4,0 |
| 80 | 30 | 70 | 40 | 80 | 504 | 4,0 |
| 2.00 | 25 | 55 | 30 | 60 | 564 | 3,0 |
| 20 | 25 | 40 | 15 | 30 | 594 | 1,5 |
| 40 | 30 | 50 | 20 | 40 | 634 | 2,0 |
| 60 | 35 | 60 | 25 | 50 | 684 | 2,5 |
| 80 | 35 | 65 | 30 | 60 | 744 | 3,0 |
| 3.00 | 35 | 70 | 35 | 70 | 814 | 3,5 |
| 20 | 40 | 65 | 25 | 50 | 864 | 2,5 |
| 40 | 40 | 70 | 30 | 60 | 924 | 3,0 |
| 60 | 35 | 65 | 30 | 60 | 984 | 3,0 |
| 80 | 40 | 60 | 20 | 40 | 1024 | 2,0 |
| 4.00 | 40 | 55 | 15 | 30 | 1054 | 1,5 |
| 20 | 40 | 60 | 20 | 40 | 1094 | 2,0 |
| 40 | 40 | 65 | 25 | 50 | 1144 | 2,5 |
| 60 | 30 | 45 | 15 | 30 | 1174 | 1,5 |
| 80 | 30 | 60 | 30 | 60 | 1234 | 3,0 |
| 5.00 | 30 | 50 | 20 | 40 | 1274 | 2,0 |
| 20 | 30 | 50 | 20 | 40 | 1314 | 2,0 |
| 40 | 40 | 55 | 15 | 30 | 1344 | 1,5 |
| 60 | 35 | 50 | 15 | 30 | 1374 | 1,5 |
| 80 | 30 | 45 | 15 | 30 | 1404 | 1,5 |
| 6.00 | 25 | 40 | 15 | 30 | 1434 | 1,5 |

Sumber : Tes Sondir tahun 2017



Gambar 6. (a) Grafik data sondir kedalaman vs jumlah perlawanan konus (b) Grafik data sondir kedalaman vs jumlah hambatan lekat

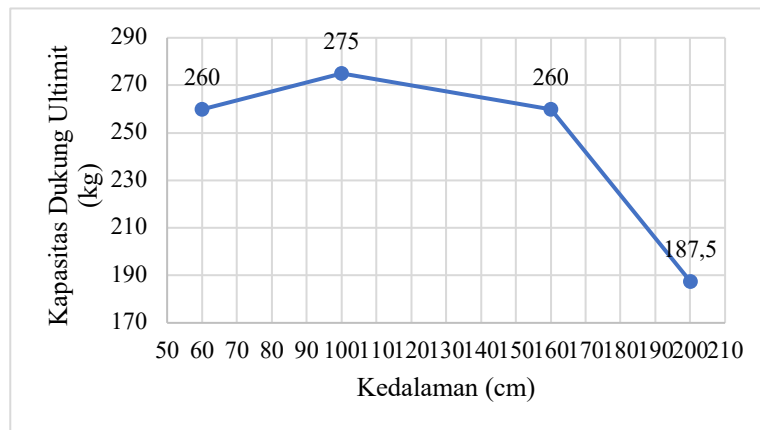
3.3 Daya Dukung Pondasi Dangkal

Hasil analisis daya dukung pondasi dangkal dengan metode Meyerhof (1976) dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Daya Dukung Pondasi Dangkal

| Kedalaman Pondasi | Lebar Pondasi | Tahanan Konus | Kapasitas Dukung Ultimit |
|-------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| D (cm) | B (cm) | qc (kg/cm ²) | qult (kg) |
| 60 | 100 | 65 | 260 |
| 100 | 100 | 55 | 275 |
| 160 | 100 | 40 | 260 |
| 200 | 100 | 25 | 188 |

Sumber : Data diolah



Gambar 7. Hubungan kedalaman dengan kapasitas dukung ultimit

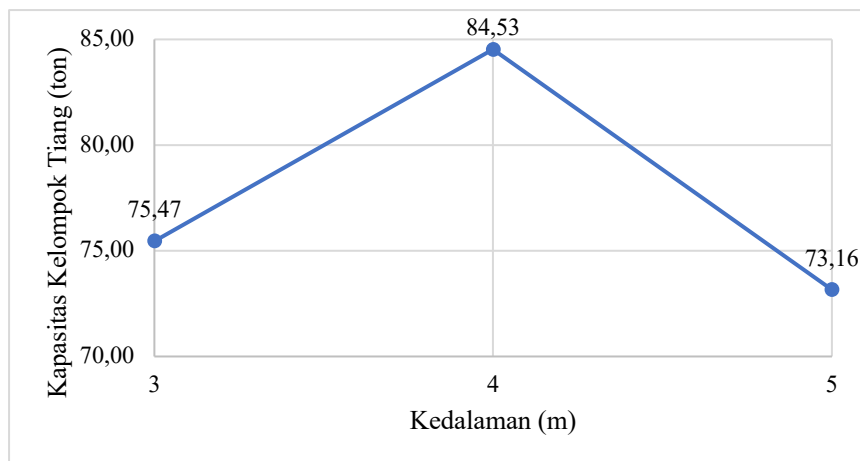
Pada tabel 3 dan gambar 7 Menunjukkan bahwa nilai maksimum perhitungan daya dukung pondasi dangkal menggunakan metode *Meyerhof (1976)* terdapat pada kedalaman 100 cm dengan kapasitas daya dukung ultimit 275 kg.

3.4 Daya Dukung Pondasi Tiang

Hasil analisis daya dukung pondasi tiang dengan metode Meyerhof (1956) dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Daya Dukung Pondasi Tiang (*Meyerhof*)

| Kedalaman (m) | Lebar Pondasi D (cm) | Kapasitas Tiang Pall(kg) | Jumlah Tiang Nt | Efisiensi Grup Eg | Kapasitas Kelompok Tiang Pg (ton) | Beban Maksimum Pmax(ton) | Pg > Pmax |
|---------------|----------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------|
| 3.00 | 30 | 33278.77 | 3 | 0.76 | 75.87 | 69.42 | OK |
| 4.00 | 30 | 42123.10 | 2 | 0.88 | 74.13 | 69.42 | OK |
| 5.00 | 30 | 48376.93 | 2 | 0.88 | 85.14 | 69.42 | OK |



Gambar 8. Hubungan kedalaman dengan kapasitas kelompok tiang

Tabel 4 dan gambar 8 Menunjukkan bahwa dengan metode *mayerhoff* didapat perhitungan paling efisien pada kedalaman 4 meter dengan jumlah tiang 2 dan kapasitas kelompok tiang yaitu 74.13 ton .

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis daya dukung pondasi pada pembangunan Gedung Mini Hospital Universitas Kadiri dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis daya dukung pondasi dangkal dengan metode *Meyerhof* (1976) dengan lebar pondasi 100 cm pada kedalaman 60 cm didapat daya dukung ultimit (qult) sebesar 260 kg, pada kedalaman 100 cm didapat daya dukung ultimit (qult) sebesar 275 kg, pada kedalaman 160 cm didapat daya dukung ultimit (qult) sebesar 260 kg, pada kedalaman 60 cm didapat daya dukung ultimit (qult) sebesar 187.5 kg,
2. Berdasarkan analisis daya dukung pondasi dalam dengan metode *Meyerhof* (1956) dengan lebar pondasi 30 cm pada kedalaman 3 m dengan jumlah tiang sebanyak 3 didapat kapasitas kelompok tiang sebesar 75.87 ton, pada kedalaman 4 m dengan jumlah tiang sebanyak 32 didapat kapasitas kelompok tiang sebesar 74.13 ton, pada kedalaman 5 m dengan jumlah tiang sebanyak 2 didapat kapasitas kelompok tiang sebesar 85.14 ton
3. Jumlah tiang pancang sangat mempengaruhi nilai daya dukung tiang kelompok, semakin banyak tiang pancang yang digunakan, maka nilai daya dukung tiang kelompok semakin besar dan semakin aman untuk memikul beban bangunan, akan tetapi kurang ekonomis dari pertimbangan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Yusti, "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan Capwap," *Fropil*, vol. 2, no. 1, pp. 19–31, 2014.
- [2] J. Tambunan, "Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang," *J. Ranc. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 21–30, 2012.
- [3] B. Chairullah, "Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Metoda SPT, CPT, DAN MEYERHOF Pada Lokasi Rencana Konstruksi PLTU Nagan Raya Provinsi Aceh," vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2013.
- [4] R. Katzenbach, S. Leppla, H. Ramm, M. Seip, and H. Kuttig, "Design and construction of deep foundation systems and retaining structures in urban areas in difficult soil and groundwater conditions," *Procedia Eng.*, vol. 57, pp. 540–548, 2013.
- [5] F. Fahriani and Y. Apriyanti, "Analisis Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka," *Forum Prof. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 89–95, 2015.
- [6] H. Zhong and M. Yang, "Dynamic effect of foundation settlement on bridge-vehicle interaction," *Eng. Struct.*, vol. 135, pp. 149–160, 2017.
- [7] Z. Arifin, "Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung Dengan Beberapa Metode Analisis Tesis," pp. 1–126, 2007.
- [8] M. S. Zazkya Fitri Sylvarez, Tri Indra Wijaksana, S.Sos., "Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile dengan Menggunakan Metode Analitis (Studi Kasus Proyek Manhattan Mall dan Condominium)," *e-Proceeding Manag. ISSN 2355-9357*, vol. 3, no. 1 April, pp. 477–484, 2016.
- [9] J. Pagehgi, "ANALISIS PENGGUNAAN PONDASI MINI PILE DAN PONDASI BORPILE TERHADAP BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN PEMBANGUNAN RUANG KELAS SMPN 10 DENPASAR Juniada Pagehgi," vol. 8, no. 1, 2015.
- [10] P. N. Lhokseumawe, K. Pengantar, rahayu deny danar dan alvi furwanti Alwie, A. B. Prasetio, and R. Andespa, "ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG KANWIL DJP DAN KPP SUMBAGUT I JALAN SUKA MULIA MEDAN," *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2010.
- [11] R. Rajapakse, "Shallow Foundation Fundamentals," *Geotech. Eng. Calc. Rules Thumb*, pp. 71–75, 2008.
- [12] M. Hji, A. V. Lyamin, and S. W. Sloan, "Bearing capacity of a cohesive-frictional soil under non-eccentric inclined loading," *Comput. Geotech.*, vol. 31, no. 6, pp. 491–516, 2004.
- [13] R. Rajapakse, "Bearing capacity computation (general equation for cohesive and noncohesive soils)," *Geotech. Eng. Calc. Rules Thumb*, pp. 95–133, 2016.
- [14] Q. Chen and M. Abu-Farsakh, "Ultimate bearing capacity analysis of strip footings on reinforced soil foundation," *Soils Found.*, vol. 55, no. 1, pp. 74–85, 2015.
- [15] J. K. Lee, S. Jeong, and S. Lee, "Undrained bearing capacity factors for ring footings in heterogeneous soil," *Comput. Geotech.*, vol. 75, pp. 103–111, 2016.
- [16] N. Djarwanti and G. Maharani, "Komparasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT , dan Hasil Loading Test pada Tanah Granuler," no. September, pp. 720–725, 2015.
- [17] U. Jusi, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test)," *SIKLUS J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 50–82, 2015.
- [18] T. Matsumoto, L. T. Phan, A. Oshima, and S. Shimono, "Measurements of driving energy in SPT and various dynamic cone penetration tests," *Soils Found.*, vol. 55, no. 1, pp. 201–212, 2015.
- [19] E. S. Randyanto, "Menggunakan Metode Statik Dan Calendring Studi Kasus : Proyek

- Pembangunan Manado Town Square 3,” vol. 3, no. 9, pp. 631–643, 2015.
- [20] M. H. Baziar, A. Kashkooli, and A. Saeedi-Azizkandi, “Prediction of pile shaft resistance using cone penetration tests (CPTs),” *Comput. Geotech.*, vol. 45, pp. 74–82, 2012.
- [21] A. J. Lutenegro and D. J. Degroot, “SETTLEMENT OF SHALLOW FOUNDATIONS,” 1995.
- [22] G. G. Meyerhof, “The ultimate bearing capacity of foundations,” *Geotechnique*, vol. 2, no. 4, pp. 301–332, 1951.
- [23] P. A. Tuan, “A Simplified Formular For Analysis Group Efficiency of Piles in Granular Soil,” vol. 7, no. 7, 2016.
- [24] R. Patil, S. Anoor, S. Desai, and M. Kumar, “ANALYSIS AND DESIGN OF RESIDENTIAL BUILDING BY USING SAP-2000,” pp. 2491–2497, 2017.
- [25] M. Gen, K. Hu, Y. Yang, S. Mu, and G. Qu, “Procedia Engineering Study on High-rise Structure with Oblique Columns by,” vol. 00, no. 2011, 2012.