

# SHALLOW FOUNDATION BEARING CAPACITY ANALYSIS BASED ON CONE PENETRATION TEST

Undayani Cita Sari <sup>[1]</sup>, Nur Fithriani Fatma Cholida <sup>[2]</sup>, Moh Nur Sholeh <sup>[3]</sup>, M.  
Mirza Abdillah Pratama <sup>[4]</sup>

<sup>[1]</sup> Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Diponegoro,  
Indonesia

<sup>[2]</sup> Lecturer, Civil Engineering, Universitas Semarang, Indonesia

<sup>[3]</sup> Lecturer, Department of Civil Engineering and Planning, Vocational School, Universitas  
Diponegoro, Indonesia

<sup>[4]</sup> Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Malang,  
Indonesia

Email: [undayanicit@live.undip.ac.id](mailto:undayanicit@live.undip.ac.id), [nurfatma@usm.ac.id](mailto:nurfatma@usm.ac.id), [mohnursholeh@live.undip.ac.id](mailto:mohnursholeh@live.undip.ac.id),  
[mirza.abdillah.ft@um.ac.id](mailto:mirza.abdillah.ft@um.ac.id)

Received: 30 June 2021 / Accepted: 05 August 2021

DOI [10.28932/jts.v18i1.3760](https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3760)

How to cited this article:

Sari, U.C., Cholida, N. F.F., Sholeh, M. N., Pratama, M. A., (2022). Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal berdasarkan Pengujian *Cone Penetration Test*. Jurnal Teknik Sipil, 18(1), 01–11. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3760>

## ABSTRACT

*In the simple buildings, shallow foundations can be used to support the construction above them. This shallow foundation has various types, including the type of footplate which can be calculated using the Terzaghi equation. In the Terzaghi equation, it requires dimension parameters of the footing and soil material parameters such as cohesion and soil volume weight which requires laboratory testing to obtain it. Meanwhile, Schmertmann provides an equation to obtain the Terzaghi bearing capacity factor in the form of  $N_q$  and  $N_\gamma$  by using the Cone Penetration Test (CPT). This bearing capacity factor value can be used to calculate the bearing capacity using the Terzaghi Equation. In addition, Schmertmann also provides an equation to directly calculate the bearing capacity value based on CPT data. Based on this problem, this study analyzes the bearing capacity of various footplate dimensions using the Schmertmann approach. The study took place in the Argoboga, Salatiga which the type of soil based on the CPT test value generally is sandy soil. The results show that the bearing capacity calculated by the  $N_q$  correlation method is greater than the  $N_\gamma$  correlation method and the direct correlation method. In addition, the greater the difference between the dimensions and the depth of the foundation, the greater the deviation of the bearing capacity results between each method.*

**Keywords:** Bearing Capacity, CPT, Footplate, Schmertmann Approach, Terzaghi Equation

## ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI DANGKAL BERDASARKAN PENGUJIAN CONE PENETRATION TEST

### ABSTRAK

Pada bangunan sederhana, pondasi dangkal dapat digunakan sebagai penopang konstruksi di atasnya. Pondasi dangkal ini memiliki berbagai macam jenis, diantaranya adalah tipe pondasi telapak, dimana dapat dianalisis menggunakan Persamaan Terzaghi. Pada Persamaan Terzaghi, membutuhkan parameter dimensi pondasi telapak dan parameter material tanah seperti kohesi dan berat volume tanah dimana memerlukan pengujian laboratorium untuk mendapatkannya. Sementara itu, Schmertmann memberikan persamaan untuk memperoleh faktor daya dukung Terzaghi berupa  $N_q$

dan  $N_\gamma$  dengan menggunakan uji penetrasi kerucut (*Cone Penetration Test (CPT)*/ Sondir). Nilai faktor daya dukung ini selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung dengan menggunakan Persamaan Terzaghi. Selain itu, Schmertmann juga memberikan persamaan untuk langsung menghitung nilai kapasitas daya dukung berdasarkan korelasi langsung dengan data CPT. Berdasarkan hal tersebut, pada studi ini menganalisis nilai kapasitas daya dukung berbagai variasi dimensi pondasi telapak dengan menggunakan pendekatan Schmertmann. Studi mengambil lokasi di daerah Argoboga, Salatiga dimana jenis tanah berdasarkan nilai pengujian CPT secara umum adalah tanah pasir. Hasil menunjukkan bahwa nilai kapasitas daya dukung yang dihitung dengan metode korelasi  $N_q$  lebih besar dari pada dengan korelasi  $N_\gamma$  dan metode korelasi langsung. Selain itu, semakin besar perbedaan antara dimensi pondasi dengan kedalaman pondasi, maka semakin besar pula deviasi hasil kapasitas daya dukung antara setiap metode.

**Kata kunci:** CPT, Kapasitas Daya Dukung, Pendekatan Schmertmann, Persamaan Terzaghi, Pondasi Telapak

## 1. PENDAHULUAN

Pondasi pada suatu bangunan merupakan struktur yang penting sebagai penopang konstruksi di atasnya. Pada bangunan sederhana dengan beban relatif kecil dapat digunakan pondasi dangkal. Pondasi dangkal ini digunakan sebagai alternatif pondasi struktur untuk tanah keras yang terletak pada kedalaman 1 meter sampai 2 meter (Rizolla dan Apriyanti, 2015).

Pondasi dangkal memiliki berbagai macam jenis, diantaranya adalah tipe pondasi telapak maupun pondasi rakit. Berbagai jenis pondasi dangkal ini dapat digunakan disesuaikan dengan kondisi lapangan yang ada. Kondisi di lapangan sangat beragam jenisnya, ada yang memiliki tanah dengan karakteristik baik dan ada juga yang buruk hingga buruk sekali sehingga perlu dilakukan stabilisasi tanah. Namun, dikarenakan kebutuhan lahan yang semakin meningkat dapat menyebabkan pembangunan pada lahan/tanah yang tidak menguntungkan, misalnya lahan *organic*, menjadi terkadang tak dapat dihindari (Desiani, 2018). Oleh karena itu, cek terhadap stabilitas pondasi yang digunakan sangat diperlukan.

Penentuan pondasi yang tepat untuk suatu struktur didasarkan pada nilai kapasitas daya dukung dan besar penurunan yang terjadi (Suroso dan Tjitradi, 2020). Pengertian kapasitas daya dukung pondasi dangkal sendiri adalah kemampuan tanah yang terletak di bawah pondasi untuk menahan beban yang diteruskan oleh pondasi dangkal (Fauzi, dkk., 2016). Dengan mengetahui nilai kapasitas daya dukung, maka analisis terhadap salah satu faktor yang mendukung stabilitas pada pondasi dapat dilakukan. Metode perhitungan untuk mengestimasi kapasitas daya dukung pondasi dangkal ini berbeda dengan pondasi dalam. Pada pondasi dalam beban aksial didistribusikan ke tanah oleh tahanan selimut dan tahanan ujung tiang melalui mekanisme transfer beban. Selanjutnya, kedua tahanan tersebut bekerja sampai mencapai keadaan ultimit yang kemudian menghasilkan daya dukung ultimit (Nugraha dan Refanie, 2015).

Perhitungan nilai kapasitas daya dukung pondasi telapak dapat menggunakan Persamaan Terzaghi, Meyerhof, Hansen, maupun Vesic. Pada Persamaan Terzaghi, selain membutuhkan parameter dimensi pondasi telapak, juga memerlukan parameter material tanah seperti kohesi dan berat volume tanah. Parameter dimensi pondasi telapak ini diperoleh dengan melakukan *trial error* terhadap hasil kapasitas daya dukung yang dipersyaratkan. Sementara itu, pada parameter material tanah diperlukan pengambilan sampel tanah di lapangan yang kemudian dilakukan pengujian laboratorium untuk mendapatkannya. Selain itu, juga terdapat faktor daya dukung Terzaghi berupa  $N_q$ ,  $N_c$ , dan  $N_\gamma$  yang nilainya dapat dilihat pada tabel faktor daya dukung oleh Terzaghi (Hardyatmo, 2006).

Schmertmann (1978) dalam Hardyatmo (2006) memberikan persamaan untuk memperoleh faktor daya dukung Terzaghi berupa  $N_q$  dan  $N_\gamma$  dengan menggunakan uji penetrasi kerucut (*Cone Penetration Test/ Sondir*). Nilai faktor daya dukung ini selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung dengan menggunakan Persamaan Terzaghi. Selain itu, Schmertmann juga memberikan persamaan untuk langsung menghitung nilai kapasitas daya dukung berdasarkan korelasi dengan data tahanan ujung sondir/ CPT. Persamaan ini hanya dapat digunakan untuk pondasi dangkal dengan ketentuan  $D/B \leq 1,5$  dimana D adalah kedalaman pondasi dan B merupakan lebar pondasi.

Dalam proses perhitungan dan analisis kapasitas daya dukung dengan persamaan Terzaghi membutuhkan waktu yang lama dikarenakan parameter yang cukup lengkap. Terlebih dengan adanya parameter kohesi dan berat volume yang perolehannya harus dengan melakukan pengambilan sampel di lapangan dan pengujian laboratorium. Hal ini juga disampaikan oleh Ismail, dkk. (2015) bahwa perhitungan kapasitas daya dukung menggunakan persamaan Terzaghi rumit sehingga menjadi kurang praktis dan dengan waktu yang relatif lama. Jangka waktu yang lama dalam perhitungan tentunya akan berdampak pada lamanya perencanaan dikarenakan harus melakukan *trial error* perhitungan sehingga tidak efektif dan efisien begitu pula dari segi biaya. Metode lain dalam perhitungan adalah dapat dengan membuat program maupun perhitungan dengan menggunakan data pengujian CPT. Untuk perhitungan daya dukung dengan menggunakan CPT dapat lebih mudah, sederhana, dan cepat (Kusumah dan Hartono, 2018).

Berdasarkan hal tersebut, maka pada studi ini menganalisis kapasitas daya dukung berbagai variasi dimensi pondasi dangkal dengan menggunakan pendekatan Schmertmann.

Pendekatan Schmertmann digunakan untuk mendapatkan nilai kapasitas daya dukung berdasarkan korelasi dengan  $N_q$ , korelasi dengan  $N_\gamma$ , dan korelasi langsung tahanan ujung CPT. Studi mengambil lokasi di daerah Argoboga, Salatiga dimana jenis tanah berdasarkan nilai pengujian CPT secara umum adalah tanah pasir. Hasil studi diharapkan dapat memberikan pemahaman terhadap nilai kapasitas daya dukung yang dianalisis berdasarkan pendekatan Schmertmann menggunakan data pengujian CPT.

## 2. METODOLOGI

Pada studi ini mengambil tinjauan di daerah Argoboga, Salatiga. Data tanah yang digunakan merupakan data pengujian CPT. Berdasarkan data penyelidikan tanah, maka selanjutnya dapat direncanakan pondasi yang dapat untuk digunakan. Namun, sebelum melakukan analisis kapasitas daya dukung pondasi, maka perlu dilakukan klasifikasi jenis tanah. Klasifikasi tanah pada studi ini menggunakan grafik Schmertmann untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah yang ada di lapangan. Grafik klasifikasi tanah menurut Schmertmann merupakan grafik hubungan antara nilai *conus resistance* dan *friction ratio* yang berisi tiap – tiap klasifikasi tanah.

Syarat dari pondasi telapak yang merupakan pondasi dangkal adalah mempunyai kedalaman, D lebih kecil dari atau sama dengan lebar pondasi, B (Peck dkk. (1953) dalam Hardiyatmo (2006)). Pondasi rakit sendiri digunakan untuk beban yang relatif berat dan tanah yang relatif jelek. Pada pengujian CPT di daerah Argoboga, Salatiga ini, memiliki dua titik pengujian, S1 dan S2. Hasil pengujian CPT menunjukkan bahwa nilai tahanan ujung,  $q_c$ , sudah mencapai  $250 \text{ kg/cm}^2$  pada kedalaman sekitar 2,2 meter pada titik S1 dan 1,4 meter pada titik S2. Berdasarkan pada hasil tersebut, maka pada studi ini digunakan pondasi telapak sebagai pondasi dangkalnya. Jenis pondasi telapak diantaranya adalah telapak individual, telapak gabungan, dan telapak menerus. Dikarenakan peruntukannya sebagai pondasi bangunan sederhana, maka pada studi ini sebagai batasan masalah menggunakan pondasi telapak tipe bujur sangkar.

Pada studi ini, kapasitas daya dukung dihitung menggunakan persamaan pendekatan oleh Schmertmann berdasarkan pengujian CPT. Schmertmann memberikan hubungan nilai pengujian CPT dengan faktor daya dukung Terzaghi,  $N_q$  dan  $N_\gamma$ , yang dapat dilihat pada Persamaan 1 dan Persamaan 2 (Bowles, 1993).

$$0,8N_q \cong q_c \quad (1)$$

$$0,8N_\gamma \cong q_c \quad (2)$$

dimana:

$N_q$  dan  $N_\gamma$  = faktor daya dukung Terzaghi

$q_c$  = rata-rata nilai CPT sepanjang selang kedalaman mulai dari  $B/2$  di atas sampai  $1,1B$  di bawah alas telapak

$B$  = lebar pondasi

Setelah mendapatkan faktor daya dukung menggunakan Persamaan 1, maka dapat diperoleh sudut geser,  $\phi$ , dengan menggunakan interpolasi, yang selanjutnya digunakan pula untuk mencari nilai  $N_\gamma$  berdasarkan tabel faktor daya dukung oleh Terzaghi. Selanjutnya, nilai kapasitas daya dukung dapat dihitung menggunakan persamaan Terzaghi, yang dapat dilihat pada Persamaan 3. Begitupun sebaliknya pada metode korelasi dengan  $N_\gamma$  pada Persamaan 2, yaitu mencari nilai sudut geser,  $\phi$ , kemudian mencari nilai faktor daya dukung,  $N_q$  berdasarkan tabel Terzaghi dan selanjutnya adalah menghitung nilai kapasitas daya dukung dengan menggunakan Persamaan 3.

$$q_{ult} = 1,3 c \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 0,4 \gamma B N_\gamma \quad (3)$$

dimana:

$q_{ult}$  = kapasitas daya dukung ultimit

$c$  = kohesi

$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor daya dukung Terzaghi

$D_f$  = kedalaman pondasi

$\gamma$  = berat volume tanah

$B$  = lebar pondasi telapak

Selain itu, juga terdapat persamaan metode pendekatan langsung dengan data CPT yang ditunjukkan pada Persamaan 4 yang digunakan untuk tanah tak berkohesi pada pondasi telapak bujur sangkar.

$$q_{ult} = 48 - 0,009(300 - q_c)^{1,5} \quad (4)$$

Persamaan 4 digunakan pada studi ini dikarenakan berdasarkan hasil data CPT, tanah di lokasi studi merupakan jenis tanah pasir/ *granular*. Persamaan ini dapat digunakan dengan persyaratan perbandingan kedalaman ( $D$ ) dan lebar ( $B$ ) pondasi kurang dari atau sama dengan 1,5 dengan satuan dari  $q_{ult}$  adalah  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Setelah mendapatkan  $q_{ult}$  maka dapat diperoleh  $q_{all}$  ( $q_{allowable}$ ) atau kapasitas daya dukung yang diijinkan dengan membagi  $q_{ult}$  dengan faktor keamanan sebesar 2,5. Pada studi ini, dikarenakan memiliki 2 titik pengujian CPT yaitu  $S1$  dan  $S2$ , maka kedua titik pengujian tersebut dapat dihitung kemudian dianalisis hasilnya.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada studi ini, dilakukan analisis nilai kapasitas daya dukung berdasarkan pengujian CPT. Pengujian CPT di daerah Argoboga, Salatiga pada studi ini, memiliki dua titik pengujian, yaitu titik S1 dan S2. Berdasarkan hasil pengujian CPT diperoleh bahwa pada titik pertama (S1) nilai tahanan ujung,  $q_c$  adalah sebesar  $250 \text{ kg/cm}^2$  yang terletak pada kedalaman 2,20 meter. Sedangkan, titik kedua (S2) nilai tahanan ujung,  $q_c$  adalah  $250 \text{ kg/cm}^2$  yang terletak pada kedalaman 1,40 meter.

Nilai tahanan ujung,  $q_c$ , sebesar  $250 \text{ kg/cm}^2$  menunjukkan bahwa pengujian telah sampai pada kedalaman lapisan tanah keras (Hernaningsih, 2010). Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi daerah Argoboga, Salatiga, memiliki tanah keras dekat dengan permukaan tanah sehingga dapat digunakan pondasi dangkal. Pondasi dangkal ini dapat digunakan pada konstruksi bangunan sederhana yang dibangun pada daerah Argoboga, Salatiga. Analisis perhitungan kapasitas daya dukung pondasi, harus didahului dengan klasifikasi jenis tanah untuk mengetahui karakteristik tanah. Klasifikasi jenis tanah untuk setiap kedalaman 0,20 meter berdasarkan grafik Schmertmann berdasarkan hasil pengujian CPT pada studi ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Klasifikasi Jenis Tanah Titik Pengujian CPT (S1 dan S2) berdasarkan Schmertmann

Titik CPT S1			Titik CPT S2		
Kedalaman (meter)	$q_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Klasifikasi Jenis Tanah berdasarkan Schmertmann	Kedalaman (meter)	$q_c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Klasifikasi Jenis Tanah berdasarkan Schmertmann
0	0	-	0	0	-
0,20	20	pasir kelempungan	0,20	50	pasir
0,40	30	lempung kelanauan dan kepasiran	0,40	60	pasir
0,60	30	lempung sangat kaku	0,60	75	lempung kelanauan dan kepasiran
0,80	50	pasir	0,80	100	lempung sangat kaku
1,00	50	pasir	1,00	150	campuran lanau pasir
1,20	60	pasir	1,20	200	campuran lanau pasir
1,40	75	pasir	1,40	250	pasir
1,60	90	pasir			
1,80	150	campuran lanau pasir			
2,00	200	campuran lanau pasir			
2,20	250	pasir			

Tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum, dari kedua titik pengujian CPT di lokasi studi baik pada S1 maupun S2 memiliki jenis tanah pasir. Berdasarkan hasil pengujian CPT Tabel 1 diatas, maka ditentukan pondasi dangkal yang digunakan adalah pondasi telapak tipe bujur sangkar dengan kedalaman 2 meter dari permukaan tanah.

Perhitungan nilai kapasitas daya dukung membutuhkan nilai tahanan konus,  $q_c$ , dibawah kedalaman rencana pondasi. Nilai tahanan konus yang dibutuhkan adalah sebesar  $B/2$  di atas sampai  $1,1B$  di bawah alas telapak pondasi, dimana  $B$  adalah lebar pondasi. Oleh karena itu, untuk perhitungan kapasitas daya dukung pada studi ini, nilai tahanan konus dibawah kedalaman 2,20 meter untuk titik S1 dan dibawah kedalaman 1,40 meter untuk titik S2, menggunakan nilai tahanan ujung,  $q_c$ , tanah keras yaitu  $250 \text{ kg/cm}^2$ . Sementara itu, untuk lebar pondasi telapak pada studi ini divariasikan dari 1 meter hingga 7 meter.

Kapasitas daya dukung dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 (korelasi dengan  $N_q$ ), Persamaan 2 (korelasi dengan  $N_\gamma$ ), Persamaan 3 (persamaan kapasitas daya dukung Terzaghi) dan Persamaan 4 (metode korelasi langsung dengan nilai CPT), yang dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Persamaan 1 dan Persamaan 2 untuk mendapatkan kapasitas daya dukung dapat dihitung dengan Persamaan 3. Sebagai batasan masalah, maka nilai kohesi,  $c$ , pada Persamaan 3 dianggap 0 dikarenakan jenis tanah adalah tanah pasir/non kohesi.

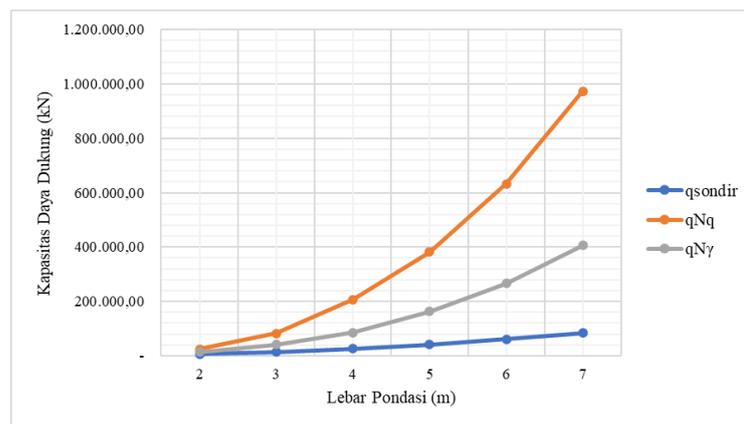
**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Dengan Menggunakan Pendekatan Nilai Pengujian CPT

No	Dimensi Pondasi Telapak		Persamaan dengan nilai CPT		Persamaan faktor Terzaghi ( $N_q \approx q_c / 0,8$ )		Persamaan faktor Terzaghi ( $N_\gamma \approx q_c / 0,8$ )		Memenuhi Persyaratan $D/B \leq 1,5$
	Lebar (meter)	Kedalaman (meter)	qall S1 (kN)	qall S2 (kN)	qall S1 (kN)	qall S2 (kN)	qall S1 (kN)	qall S2 (kN)	
1	1	2	1.429,41	1.742,12	4.507,61	5.104,15	2.603,10	3.350,52	tidak
2	2	2	6.208,12	7.030,34	24.854,96	35.338,21	14.639,89	23.528,92	ya
3	3	2	14.603,35	15.903,21	82.488,28	61.830,58	40.677,21	46.125,77	ya
4	4	2	26.501,51	28.347,63	206.788,03	214.245,17	86.088,96	96.294,03	ya
5	5	2	42.068,15	44.387,72	381.755,12	391.350,71	163.307,12	172.902,71	ya
6	6	2	61.130,20	63.999,21	632.746,15	644.792,30	266.792,57	281.247,95	ya
7	7	2	83.871,67	87.209,37	973.963,98	988.173,98	406.970,48	426.864,48	ya

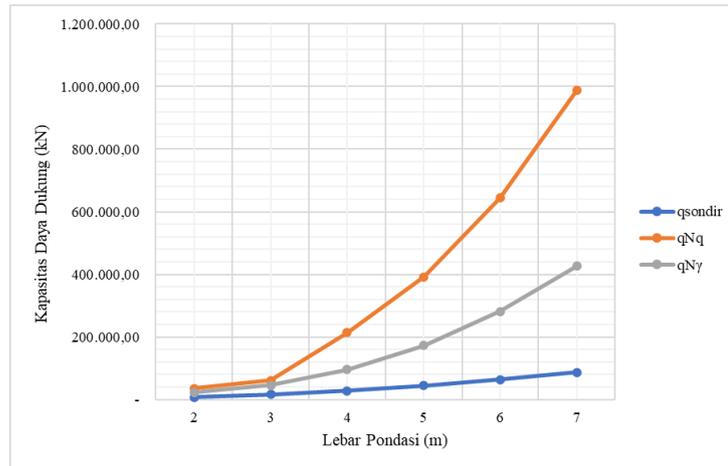
Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat bahwa dengan kombinasi lebar yang bervariasi dan kedalaman pondasi 2 meter, yang memenuhi persyaratan pondasi dangkal telapak  $D/B \leq 1,5$ , adalah dari lebar pondasi 2 meter hingga 7 meter. Sehingga analisis yang dilakukan pada studi ini hanya pada lebar pondasi tersebut. Pada Tabel 2 juga menunjukkan hasil kapasitas daya dukung yang dihitung dengan metode korelasi langsung data CPT, korelasi  $N_q$ , dan korelasi  $N_\gamma$  baik pada titik S1 maupun titik S2.

Pada Tabel 2, nilai kapasitas daya dukung pada setiap metode antara hasil dari titik pengujian CPT S1 dan titik pengujian CPT S2 memiliki nilai yang sedikit berbeda meskipun pada lokasi yang sama. Hal ini berlaku untuk ketiga metode korelasi yang digunakan. Perbedaan ini dikarenakan pada titik S1 dan S2 memiliki jenis tanah yang berbeda untuk setiap kedalaman 0,20 meter sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 yang telah dianalisis dengan klasifikasi tanah Schmertmann. Adanya perbedaan kondisi tanah dapat mempengaruhi nilai daya dukung dalam menerima beban dikarenakan jenis tanah dan tingkat kepadatan tanah yang berbeda pula (Dharmayasa, 2014). Namun, dikarenakan secara umum jenis tanah adalah pasir, maka nilai kapasitas daya dukung baik pada titik S1 dan S2 pun tidak jauh berbeda pula. Selanjutnya, nilai kapasitas daya dukung pada Tabel 2 dapat dibuat grafik untuk memudahkan analisis.

Gambar 1 menunjukkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung dengan variasi lebar pondasi di Tabel 2 pada pengujian CPT titik S1. Sedangkan, hasil perhitungan kapasitas daya dukung pada pengujian CPT titik S2 dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Hubungan Kapasitas Daya Dukung dengan Variasi Lebar Pondasi pada Pengujian CPT Titik S1



**Gambar 2.** Hubungan Kapasitas Daya Dukung dengan Variasi Lebar Pondasi pada Pengujian CPT Titik S2

Garis warna biru pada grafik Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan hasil kapasitas daya dukung dengan metode korelasi langsung data sondir/ CPT, garis orange menunjukkan hasil kapasitas daya dukung dengan metode korelasi  $N_q$ , sedangkan garis abu-abu menunjukkan hasil kapasitas daya dukung dengan metode korelasi  $N_\gamma$ .

Secara umum, grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 memiliki pola yang sama. Pada Gambar 1 untuk data pengujian CPT titik S1 dan Gambar 2 untuk data pengujian CPT titik S2, menunjukkan bahwa dengan kedalaman yang sama yaitu 2 meter, semakin lebar pondasi maka nilai daya dukung pun semakin meningkat. Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh Muda (2016) yang menggunakan metode Meyerhof untuk analisis pondasi dangkal dimana menghasilkan kesimpulan bahwa daya dukung ultimit pondasi bertambah seiring bertambahnya lebar pondasi. Kapasitas daya dukung dengan Meyerhof sendiri menghasilkan nilai yang lebih besar dari pada menggunakan metode Terzaghi sebesar 54,82% (Muda, 2016).

Selain itu, grafik pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan grafik yang terbentuk adalah linier karena makin besar lebar pondasi maka makin besar pula kapasitas daya dukungnya. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Chairullah (2013) mengenai daya dukung pondasi dangkal dengan metode Terzaghi dimana grafik yang diperoleh adalah linier yang merupakan hubungan antara dimensi pondasi dengan daya dukung. Grafik berbentuk seperti parabola dikarenakan akibat dari perhitungan dimensi pondasi bujur sangkar dimana dalam centimeter persegi, sehingga menyebabkan satuan dari kapasitas daya dukung adalah kN. Nilai kapasitas daya dukung tertinggi berdasarkan grafik pada Gambar

1 dan Gambar 2, diperoleh pada metode korelasi  $N_q$  dengan Persamaan 1, selanjutnya korelasi  $N_\gamma$  dengan Persamaan 2, dan nilai kapasitas daya dukung yang paling rendah adalah dengan metode korelasi langsung dengan qult CPT menggunakan Persamaan 4.

Dapat dilihat pula baik pada grafik Gambar 1 dan Gambar 2 bahwa semakin besar perbedaan antara dimensi pondasi dengan kedalaman pondasi, maka semakin besar pula deviasi hasil kapasitas daya dukung antara setiap metode. Deviasi yang terjadi mencapai 34% hingga 140% bila hasil metode korelasi  $N_q$  dan metode korelasi langsung dengan qult CPT dibandingkan dengan metode korelasi  $N_\gamma$ . Kusumah dan Hartono (2018) pada penelitiannya yang membandingkan hasil kapasitas daya dukung menggunakan persamaan Meyerhoff dan Terzaghi berdasarkan data CPT, menyampaikan bahwa perbedaan atau deviasi terhadap hasil yang terjadi dapat dikarenakan faktor - faktor empirik yang digunakan. Sebagaimana diketahui, persamaan Schmertmann dan faktor daya dukung Terzaghi pada Tabel Terzaghi memiliki nilai-nilai dalam persamaan yang digunakan sebagai pendekatan dalam perhitungan dimana tentunya dapat berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh. Berdasarkan hal tersebut, maka untuk menentukan kapasitas daya dukung pondasi dapat menghitung rata-rata dari ketiga metode tersebut. Selain itu, perlu adanya komparasi dengan data pada lokasi lain untuk melihat trend hasil yang diperoleh. Hal ini dikarenakan jenis tanah juga berpengaruh terhadap koefisien yang digunakan pada persamaan Schmertmann.

#### **4. KESIMPULAN**

Untuk mencari nilai kapasitas daya dukung dari pengujian CPT dapat menggunakan persamaan Schmertmann, yaitu dengan korelasi nilai tahanan ujung,  $q_c$ , dengan faktor daya dukung Terzaghi  $N_q$  dan  $N_\gamma$  yang selanjutnya dihitung dengan persamaan kapasitas daya dukung Terzaghi untuk pondasi telapak bujur sangkar. Selain itu, juga dapat menggunakan persamaan Schmertmann dimana langsung dapat dihitung dengan mengkorelasikan tahanan ujung dengan kapasitas daya dukung ultimit.

Berdasarkan analisis diperoleh bahwa nilai kapasitas daya dukung yang dihitung dengan metode korelasi  $N_q$  lebih besar dari pada dengan korelasi  $N_\gamma$  dan metode korelasi langsung menggunakan tahanan ujung CPT. Selain itu diperoleh pula bahwa semakin besar selisih antara dimensi pondasi dengan kedalaman pondasi, maka semakin besar pula deviasi hasil kapasitas daya dukung antara ketiga metode tersebut. Bila hasil metode korelasi  $N_q$  dan metode korelasi langsung dengan qult CPT dibandingkan dengan metode korelasi  $N_\gamma$ , maka diperoleh deviasi mencapai 34% hingga 140%. Deviasi yang cukup besar disebabkan

adanya faktor empirik dalam persamaan Schmertmann dan faktor daya dukung Terzaghi yang digunakan sebagai pendekatan dalam perhitungan, dimana memberikan pengaruh terhadap hasil. Selanjutnya, diperlukan adanya komparasi dengan data pada lokasi lain untuk melihat trend hasil yang diperoleh.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1993. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Ed 4*. Jakarta: Erlangga
- Chairullah, B. (2013). Analisa Daya Dukung Pondasi dengan Metoda SPT, CPT, dan Meyerhof pada Lokasi Rencana Konstruksi PLTU Nagan Raya Provinsi Aceh. *Teras Jurnal*, 3 (1), 15-24.
- Desiani, A. (2018). Kompresibilitas Tanah Organik. *Jurnal Teknik Sipil*, 14 (1), 26 – 44.
- Dharmayasa, I.G.N.P. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Lunak di Daerah dengan Muka Air Tanah Dangkal (Studi Kasus pada Daerah Suwung Kauh). *PADURAKSA*, 3 (2), 22-44.
- Fauzi, Ahmad, L., Ikhyia. (2016). Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal Tipe Menerus Pengaruh Kedalaman Tanah Keras. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil Itenas*, 2 (2), 36-46.
- Hardyatmo, Hary Christady. (2006). *Teknik Pondasi 1*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hernaningsih, T. (2010). Penelitian Tanah sebagai Pendukung Pengembangan Instalasi Pengolahan Limbah Cair Domestik di Kantor BPP Teknologi. *Jurnal Air Indonesia*, 6 (1), 94-102.
- Ismail, M.R., Setyanto, Zakaria, A. (2015). Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi Footplate dengan Menggunakan PHP Script. *Journal Rekasa Sipil dan Desain*, 3 (3), 483-492.
- Kusumah, H., Hartono. (2018). Analisa Daya Dukung dan Penurunan Tanah terhadap Pondasi Telapak di Pembangunan Ruko Jl. Pelabuhan II Kota Sukabumi. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 8 (2), 275-283.
- Muda, A. (2016). Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal berdasarkan Data Laboratorium. *Jurnal INTEKNA*, 16 (1), 1-6.
- Nugraha, A.S., Refanie, A. (2015). Analisis Beban-Penurunan pada Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Hasil Uji Beban Tiang Terinstrumentasi dan Program GEO5. *Jurnal Teknik Sipil*, 11 (2), 155-167.
- Rizolla, I.A. dan Apriyanti, Y. (2015). Analisis Daya Dukung Fondasi Tapak dengan Menggunakan Perkuatan Cerucuk dibandingkan dengan Fondasi Sumuran. *Jurnal Fropil*, 3 (1), 29-40.
- Suroso, P. dan Tjitradi, D. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Menggunakan Hasil Uji CPT dan Uji Laboratorium pada Bangunan Guest House. *Buletin Profesi Insinyur*, 3 (2), 118-121.