

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG BERDASARKAN DATA N-SPT DAN PEMBACAAN ALAT HYDRAULIC STATIC PILE DRIVE (HSPD) 320 T

Agus^{1*}, Meli Muchlian¹ dan Nuke Puspa Dewi¹

¹Progran Studi Teknik Sipil, Institute Teknologi Padang, Indonesia

*E-mail: mscagus@yahoo.co.id

Received: 30 June 2023

Accepted: 15 July 2023

Published: 20 July 2023

Abstrak

Daya dukung pondasi seringnya direncanakan dengan menggunakan data dari hasil pengujian di lapangan seperti pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) dan pengujian penetrasi kerucut statis (sondir). Saat ini penggunaan alat pancang *Hydraulic Static Pile Drive* (HSPD) banyak digunakan dan daya dukung tiang pancang dapat diketahui dari hasil pembacaan nilai tekan yang terlihat pada *pressure gauge* / manometer. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbandingan besarnya daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data N-SPT dan pembacaan alat HSPD 320 T. Studi kasus dilakukan pada pembangunan gedung di kota Padang. Metodologi analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan beberapa metode, yaitu: metode Meyerhof (1956), Reese & Wright (1977) dan Briaud Et. Al (1985) dengan hasil bacaan nilai daya dukung alat HSPD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya dukung tiang pancang tunggal dari data hasil uji SPT dengan menggunakan metode Meyerhof (1956), Reese & Wright (1977) dan Briaud et al. (1985) secara berurutan adalah 7101.29 kN; 2931.32 kN dan 4161.32 kN serta hasil pembacaan alat HSPD adalah 3640 kN. Nilai kapasitas daya dukung tiang tunggal berdasarkan data pengujian SPT dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) terlihat paling kecil. Kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok dari data hasil uji SPT adalah 7893.32 kN lebih kecil dari hasil pembacaan alat HSPD yaitu sebesar 9801.27 kN. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai kapasitas ultimit tiang tunggal yang berbeda antara data bacaan HSPD dengan data SPT. Terdapat perbedaan hasil daya dukung antara perhitungan dengan data pengujian SPT dan data bacaan alat pancang HSPD. Hal ini dikarenakan pengujian SPT merupakan pendekatan yang dilakukan untuk mengindikasikan dan memperkirakan parameter tanah yang berada di sekitar lokasi pembangunan. Selain itu, alat yang digunakan dan keahlian operator pelaksana uji SPT juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi hasil uji SPT tersebut. Walaubagaimanapun juga, perbedaan nilai daya dukung berdasarkan N-SPT dan bacaan alat HSPD adalah hal yang wajar.

Kata Kunci: Daya Dukung, Pondasi Tiang Pancang, SPT, HSPD

Abstract

The bearing capacity of foundations is often planned using data from field tests such as Standard Penetration Test (SPT) and static cone penetration test (Sondir). Currently, the use of Hydraulic Static Pile Drive (HSPD) equipment is widely employed, and the load-bearing capacity of pile foundations can be determined from the readings of pressure values

displayed on the pressure gauge/manometer. This study aims to analyze the comparison of the load-bearing capacity of pile foundations based on N-SPT data and readings from the HSPD 320 T equipment. The case study was conducted during the construction of a building in Padang city. The analysis methodology involved comparing the calculated load-bearing capacity of pile foundations using several methods, namely: Meyerhof method (1956), Reese & Wright method (1977), and Briaud et al. method (1985), with the readings obtained from the HSPD equipment. The research findings indicate that the load-bearing capacity of a single pile foundation based on SPT test data, using the Meyerhof method (1956), Reese & Wright method (1977), and Briaud et al. method (1985), are 7101.29 kN, 2931.32 kN, and 4161.32 kN, respectively, while the reading from the HSPD equipment is 3640 kN. The value of load-bearing capacity of a single pile foundation based on SPT test data, using the Reese & Wright method (1977), appears to be the smallest. The load-bearing capacity of a group of pile foundations based on SPT test data is 7893.32 kN, which is smaller than the reading from the HSPD equipment, which is 9801.27 kN. This difference is influenced by the different ultimate capacity values of single piles between the HSPD readings and SPT data. There is a discrepancy in the load-bearing capacity results between the calculations based on SPT test data and the readings from the HSPD pile driving equipment. This is because the SPT test is an approach used to indicate and estimate the soil parameters around the construction site. Additionally, the equipment used and the expertise of the SPT test operator can also affect the test results. Nevertheless, it is normal to have differences in load-bearing capacity values based on N-SPT data and HSPD equipment readings.

Keywords: Load-Bearing Capacity, Pile Foundations, SPT, HSPD

To cite this article:

Agus, Meli Muchlian dan Nuke Puspa Dewi (2023). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data N-SPT dan Pembacaan Alat Hydraulic Static Pile Drive (HSPD) 320T. *Jurnal of Infrastructural in Civil Engineering*, Vol. (04), No. 02, pp: 52-64.

PENDAHULUAN

Daya dukung pondasi seringkali direncanakan dengan menggunakan data dari hasil pengujian di lapangan seperti pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) dan pengujian penetrasi kerucut statis (sondir) [1]. Sudut gesek dalam (ϕ) dapat diambil dari pendekatan empiris yang diperoleh dari pengujian – pengujian tersebut. Menurut Rahardjo [2], pengujian SPT dapat dilakukan dengan cara yang relatif mudah sehingga tidak membutuhkan keterampilan khusus dari pemakainya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai perlawanan dinamik tanah. Dari hasil pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) ini, daya dukung pondasi dapat diketahui dengan melihat berapa nilai sudut gesek dalam tanah (ϕ) yang umumnya diambil dari jumlah tumbukan (N) pada kedalaman yang dimaksud dan jenis tanahnya, kemudian dengan menggunakan rumus – rumus empiris daya dukung dapat dihitung.

Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan analisis daya dukung pondasi tiang dengan tujuan untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi tiang dari data pengujian tanah seperti data dari hasil pengujian sondir, SPT dan pengujian laboratorium. Metode yang digunakan adalah metode Bagemann, metode DeRuiter & Beringen, Meyerhof (1976), Meyerhof (1956), Aoki & De Alencar, dan Prince & Wardle (1982) untuk data sondir; metode Meyerhof (1976), metode Meyerhof (1956), metode L. Decourt (1982), Metode Reese & Wright (1977) dan Briaud et al (1985) untuk data SPT; serta metode α , metode λ , dan metode U.S Army Corp untuk data pengujian laboratorium. Hasilnya menyatakan bahwa hasil perhitungan daya dukung berdasarkan data sondir dan SPT memberikan hasil hampir sama besar, sedangkan pada hasil perhitungan daya dukung dari hasil laboratorium terdapat perbedaan yang cukup signifikan [3-6].

Pada saat pelaksanaan tiang pancang, alat pancang yang biasanya digunakan berjenis *Drop Hammer*, *Diesel Hammer*, *Hydraulic Static Pile Drive* (HSPD) dan *Vibratory Pile Driver* [7]. Alat pancang berjenis *Hydraulic Static Pile Drive* (HSPD) sekarang disukai karena alat pancang ini lebih modern dibanding dengan alat pancang lainnya. Pada alat HSPD, daya dukung tiang pancang dapat diketahui dari hasil pembacaan nilai tekan yang terlihat pada *pressure gauge* / manometer, sedangkan pada alat *drop hammer* maupun *diesel hammer* daya dukung dapat diketahui dengan melaksanakan metode kalendering. Hakim & Akbar [8] serta Warsito & Hatmoko [9], telah melakukan penelitian tentang produktifitas HSPD untuk menjelaskan tahapan pemancangan dan melihat produktifitas dari alat tersebut dengan metode pengolahan data ukuran tiang dan kedalaman tiang menjadi variable utama dan kemudian membuat model nomogram produktifitas HSPD. Hasilnya menyatakan bahwa penggunaan alat HSPD memungkinkan pelaksanaan konstruksi yang lebih cepat dan efisien dibanding sistem lainnya serta mampu beroperasi pada lahan dengan ruang gerak terbatas meskipun di sisi lain membutuhkan pemadatan permukaan lahan agar alat tidak miring.

Penelitian ini menarik untuk dilakukan karena belum ditemukannya penelitian yang membahas dan membandingkan daya dukung pondasi tiang pancang pada pekerjaan konstruksi gedung yang didapat dari hasil perhitungan yang menggunakan data uji SPT dan pembacaan nilai tekan pada manometer yang terdapat pada alat HSPD, di mana hal ini penting untuk dilakukan sehingga nantinya dapat dilihat sejauh mana nilai daya dukung dianggap memenuhi persyaratan konstruksi untuk menahan beban konstruksi di atasnya.

LITERATURE REVIEW

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang atau kapasitas daya dukung tiang merupakan kemampuan tiang pondasi dalam mendukung beban, baik beban dari berat sendiri, beban fungsi dan beban – beban dari luar, seperti beban angin, beban gempa dan lain-lainnya. Daya dukung pondasi juga diartikan sebagai besarnya beban maksimum yang dapat bekerja pada pondasi. Perhitungan kapasitas tiang dapat dilakukan dengan pendekatan statis dan dinamis [10-11].

Perhitungan Berdasarkan Data SPT

Data SPT adalah data yang didapat dari pengujian tanah yang dilakukan langsung di lapangan, pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tanah per lapisan. Pengujian SPT dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah, parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan (N) terhadap penetrasi konus yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah per lapisan (SNI 4153:2008) [12].

Metode Meyerhof (1956)

Nilai N-SPT yang dimaksud pada dasar tiang ini (N_b) adalah nilai tumbukan yang ada pada dasar tiang dan sedangkan nilai rata-rata N-SPT sepanjang tiang (\bar{N}) adalah nilai rata-rata tumbukan yang ada dari permukaan rencana sampai ke kedalaman tiang rencana. Menghitung daya dukung tiang dengan Metode Meyerhof (1956) dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = 4 \cdot N_b \cdot A_b + 0,02 \cdot \bar{N} \cdot A_s \dots\dots\dots 1$$

dimana,

Q_u Kapasitas daya dukung ultimit tiang (ton),

N_b Nilai N-SPT pada dasar tiang

A_b Luas penampang dasar tiang (ft²) (1ft = 30,48 cm)

\bar{N} Nilai rata – rata N-SPT sepanjang tiang

A_s Luas selimut tiang (ft²)

Metode Reese & Wright (1977)

Nilai N-SPT yang dimaksud pada dasar tiang ini (\bar{N}_{60}) adalah nilai rata-rata tumbukan yang ada di antara ujung bawah tiang bor sampai 2db di bawahnya, sedangkan nilai rata-rata N-

SPT sepanjang tiang (N_{60i}) adalah nilai rata-rata tumbukan yang ada dari permukaan rencana sampai ke kedalaman tiang rencana.

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_b + Q_s && \dots\dots\dots 2 \\
 Q_b &= \left(A_b \cdot \frac{2}{3} \cdot \bar{N}_{60} \cdot 105,6 \right) \bar{N}_{60} \leq 60 && \dots\dots\dots 3 \\
 Q_b &= (A_b \cdot 40 \cdot 105,6) \bar{N}_{60} > 60 && \dots\dots\dots 4 \\
 Q_s &= \left(A_s \cdot \frac{N_{60i}}{34} \cdot 105,6 \right) N_{60i} \leq 53 && \dots\dots\dots 5 \\
 Q_s &= \left(A_s \cdot \left[\frac{N_{60i} - 53}{450} + 1,6 \right] \cdot 105,6 \right) 53 < N_{60i} \leq 100 && \dots\dots\dots 6
 \end{aligned}$$

dimana,

Q_u Kapasitas daya dukung ultimit tiang (kN)

Q_b Tahanan ujung (kN)

Q_s Tahanan friksi (kN)

A_b Luas penampang dasar tiang (m²)

\bar{N}_{60} Nilai N-SPT koreksi rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai 2d di bawahnya.
Tidak perlu dikoreksi terhadap overbuden

A_s Luas selimut tiang (m²)

N_{60i} Nilai N-SPT koreksi pada setiap lapisan tanah.
Tidak perlu dikoreksi terhadap overbuden

Metode Briaud et al. (1985)

Nilai N-SPT yang dimaksud pada dasar tiang ini (\bar{N}_{60}) adalah nilai rata-rata tumbukan yang ada di antara ujung bawah tiang bor sampai 2db di bawahnya, sedangkan nilai rata-rata N-SPT sepanjang tiang (N_{60i}) adalah nilai rata-rata tumbukan yang ada dari permukaan rencana sampai ke kedalaman tiang rencana.

$$Q_u = A_b \times 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (\bar{N}_{60})^{0,36} + A_s \times 0,224 \cdot \sigma_r \cdot (N_{60i})^{0,29} \dots\dots\dots 7$$

dimana,

Q_u Kapasitas daya dukung ultimit tiang (kN)

A_b Luas ujung tiang (m²)

σ_r Tegangan referensi (100 kN/ m²)

\bar{N}_{60} Nilai N-SPT koreksi rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai 2d di bawahnya.
Tidak perlu dikoreksi terhadap overbuden

Perhitungan Berdasarkan Data Bacaan Alat HSPD 320 T

Kapasitas daya dukung tiang dari data bacaan alat pancang juga dapat dihitung dengan persamaan

$$Q = P \times A \dots\dots\dots 8$$

dimana:

- Q Daya dukung tiang saat pemancangan (ton)
- P Bacaan manometer (MPa)
- A Luas efektif penampang piston (mm²)

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Menurut Hardiyatmo [1], kapasitas tiang kelompok tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal. kapasitas total dari kelompok tiang sering lebih kecil daripada hasil kali kapasitas tiang tunggal dikalikan jumlah tiang dalam kelompoknya. Menurut Rahardjo [2], salah satu rumus yang banyak digunakan untuk menentukan efisiensi (faktor reduksi) adalah formula Converse – Labbare pada persamaan sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1)m + (m-1)n'}{90mn'} \dots\dots\dots 9$$

dimana:

- E_g Efisiensi kelompok tiang
- m Jumlah baris tiang
- n' Jumlah tiang dalam satu baris
- θ arc tg d/s dalam derajat
- d Diameter tiang
- s Jarak pusat ke pusat tiang

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan persamaan 2.12 di bawah ini (untuk jarak tiang kira – kira 2,25 d atau lebih).

$$Q_g = E_g \times n \times Q_u \dots\dots\dots 10$$

Penurunan Tiang Tunggal

Menurut Rahardjo [1], perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal dapat diselesaikan dengan menggunakan metode empiris yang dikembangkan oleh Vesic (1970).

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q.L}{A_p.E_p} \dots\dots\dots 11$$

dimana,

S Penurunan total di kepala tiang (m)

D Diameter tiang (m)

Q Beban yang bekerja (Ton)

A_p Luas penampang tiang (m²)

L Panjang tiang (m)

E_p Modulus elastisitas tiang (Ton/m²)

Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang dengan sifat atau jenis tanah bersifat homogen atau pasir dapat digunakan metode Vesic (1977).

$$S_g = S \cdot \frac{\sqrt{B_g}}{D} \dots\dots\dots 12$$

dimana,

S_g Penurunan pondasi kelompok tiang (m)

S Penurunan pondasi tiang tunggal (m)

B_g Lebar kelompok tiang (m)

D Diameter tiang tunggal (m)

Penurunan Izin Pondasi

Adapun perhitungan penurunan pondasi yang diizinkan menurut Reese & Wright (1997) yaitu $S_{Total} \leq S_{izin}$. Berdasarkan SNI 8460 Tahun 2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, syarat penurunan pondasi dapat dihitung dengan rumus.

$$S_{Izin} < 15 + \frac{b}{600} \dots\dots\dots 13$$

dimana,

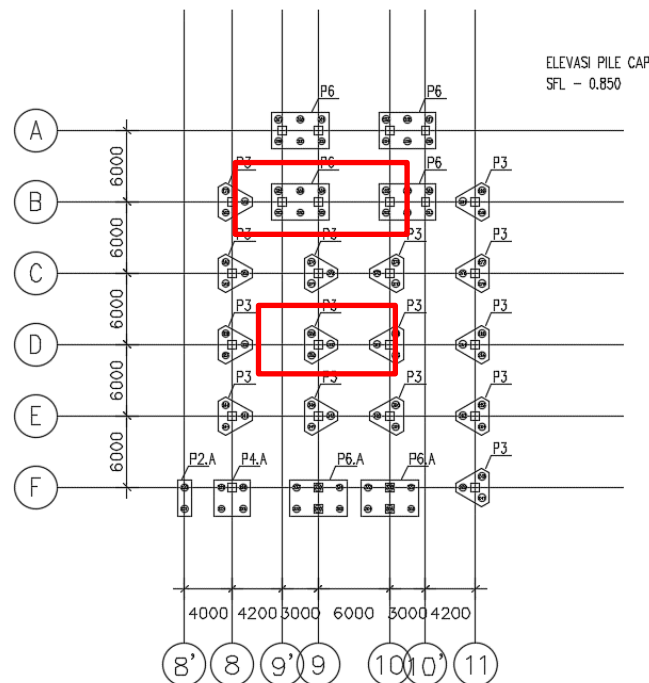
S_{Izin} Penurunan izin kelompok tiang (cm)

b Lebar kelompok tiang (cm)

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Data Teknis Penelitian

Penelitian dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung “X” di Kota Padang. Gedung ini masih dalam tahap pembangunan pada tahun 2022, dan merupakan salah satu gedung perkantoran yang terletak di wilayah Padang – Sumatera Barat. Bentuk Tiang Pancang yaitu Bulat / Lingkaran, Jenis Tiang Pancang: Beton Bertulang dia. 600 mm, Mutu Beton: K-600, Panjang: 18,5 m – 34,5 m, Tipe Kelompok Tiang: P3 @3 pile (3,18 x 2,80 x 1,00 m), P6 @6 pile (4,80 x 3,00 x 1,00 m) (Gambar 1 dan 2).

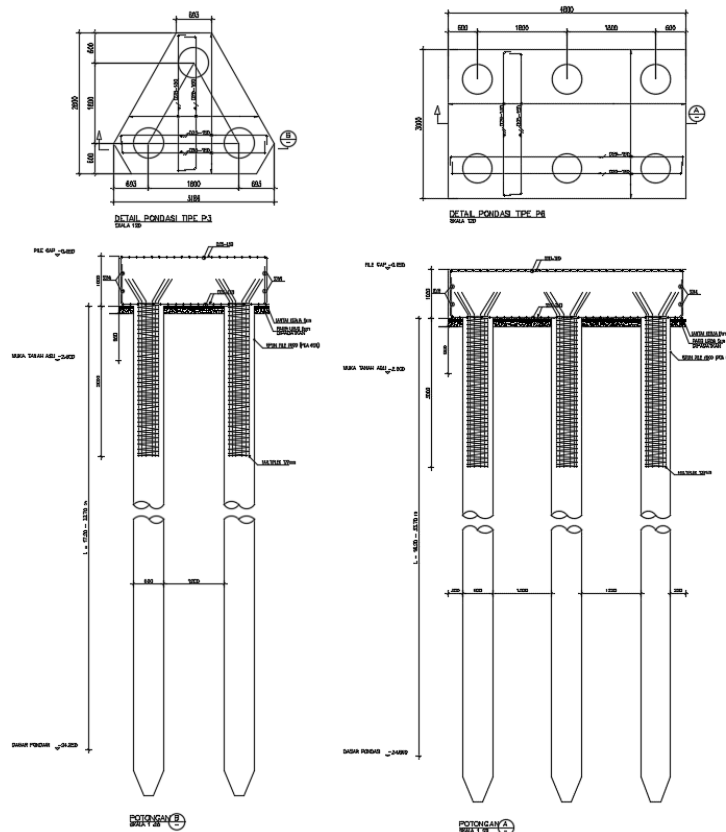


Gambar 1. Denah Pondasi

Tahapan Penelitian

Analisis pada Proyek Pembangunan Gedung “X” di Kota Padang, meliputi Analisis daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data N-SPT dianalisis dengan melihat berapa jumlah tumbukan (N) pada kedalaman yang dimaksud, kemudian daya dukung dihitung dengan menggunakan rumus – rumus empiris yaitu Meyerhof (1956), Reese & Wright (1977) dan Briaud Et. Al (1985). Analisis daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data pembacaan alat pancang HSPD yang dianalisis dengan menggunakan data

dari hasil pembacaan nilai tekan yang terlihat pada manometer, kemudian dikonversikan dan dianalisis. Menghitung kapasitas dukung tiang (tunggal dan kelompok) dan penurunannya berdasarkan data N-SPT dan bacaan alat, kemudian membandingkannya.



Gambar 2. Detail Pondasi

HASIL ANALISIS

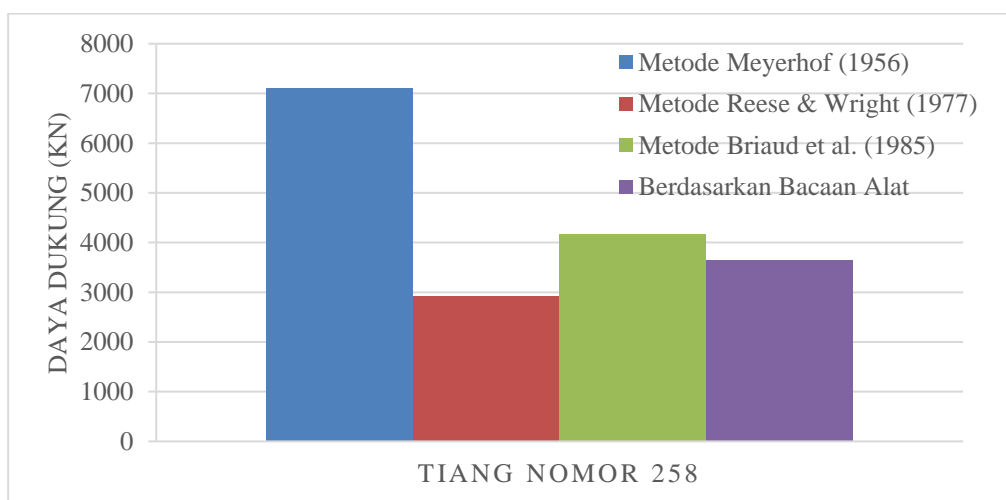
Hasil Perhitungan dan Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tunggal

Rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan uji SPT yang di hitung menggunakan metode Meyerhof (1956), Reese & Wright (1977), Briaud Et. Al (1985) serta hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data bacaan alat HSPD dapat dilihat pada Tabel 1.

Jika dibandingkan bersama daya dukung dari data bacaan alat HSPD terlihat bahwa daya dukung berdasarkan data hasil uji SPT dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) memiliki nilai yang paling kecil. Hal ini dapat dilihat pada pada Gambar 3.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal

No. Tiang	L (m)	Q _u (kN)				
		Q _u Berdasarkan Data Pengujian SPT			Q _u Berdasarkan Bacaan Alat	
		Metode Meyerhof (1956)	Metode Reese & Wright (1977)	Metode Briaud et al. (1985)		
As D-10	258	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
	259	19,5	7134,30	2979,92	4209,00	3640
	260	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
As D-11	261	19,5	7134,30	2979,92	4209,00	3640
	262	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
	263	18,5	7068,28	2882,73	4113,64	3640
	282	20	7167,31	3028,51	4256,69	3640
As B-10	283	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
	284	18,5	7068,28	2882,73	4113,64	3640
	285	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
	286	18,5	7068,28	2882,73	4113,64	3640
	287	18,5	7068,28	2882,73	4113,64	3640
	288	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
	289	19	7101,29	2931,32	4161,32	3640
As B-11	290	23,5	9387,05	4473,29	4921,03	3640
	291	34,5	10811,55	6570,04	6204,90	3640
	292	34,5	10811,55	6570,04	6204,90	3640
	293	34,5	10811,55	6570,04	6204,90	3640



Gambar 3. Perbandingan Daya Dukung Tiang Tunggal Pada Suatu Titik Pondasi yang Ditinjau

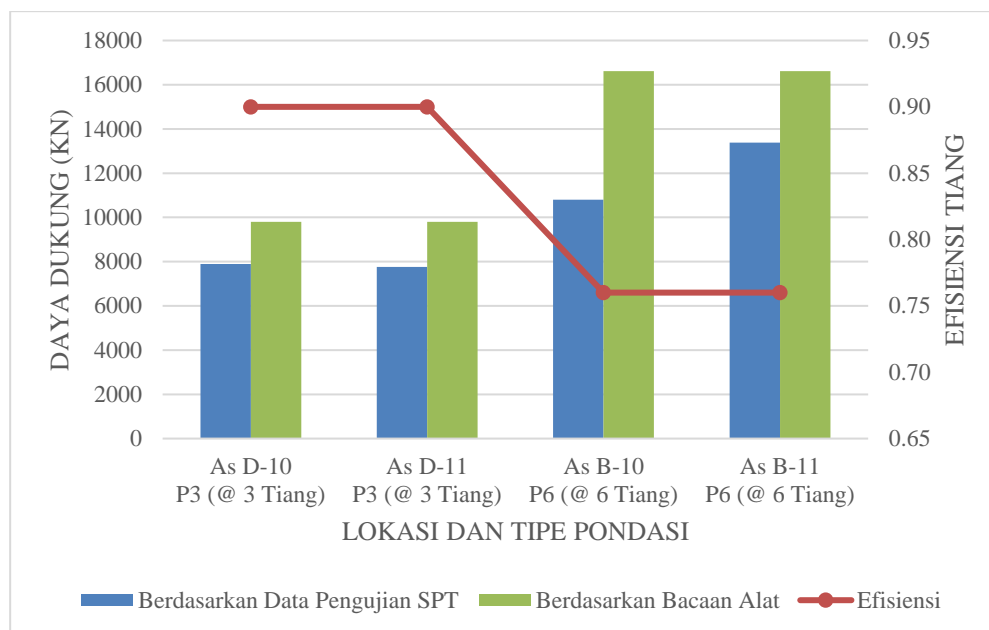
Hasil Perhitungan dan Perbandingan Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang

Rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung tiang pancang jika dilihat dalam keadaan berkelompok, hasil daya dukung kelompok tiang berdasarkan data pengujian SPT dan berdasarkan data bacaan alat pancang HSPD dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang

Lokasi Pondasi	Tipe Kelompok Pondasi	Eg	Q _g Berdasarkan	
			Pengujian SPT (kN)	Bacaan Alat (kN)
As D-10	P3 (@ 3 Tiang)	0,90	7893,32	9801,27
As D-11	P3 (@ 3 Tiang)	0,90	7762,48	9801,27
As B-10	P6 (@ 6 Tiang)	0,76	13163,04	16620,28
As B-11	P6 (@ 6 Tiang)	0,76	13384,92	16620,28

Kapasitas daya dukung kelompok berdasarkan bacaan alat HSPD lebih besar jika dibandingkan dengan daya dukung kelompok berdasarkan hasil uji SPT. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Hasil Daya Dukung dari Pengujian SPT dan Pembacaan Alat

SIMPULAN

Setelah menganalisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data N-SPT dan pembacaan alat *Hydraulic Static Pile Drive* (HSPD) 320 t pada Proyek Pembangunan Gedung “X” di Kota Padang, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya dukung tiang pancang tunggal dari data hasil uji SPT dengan menggunakan metode Meyerhof (1956), Reese & Wright (1977) dan Briaud et al. (1985) secara berurutan adalah 7101.29 kN; 2931.32 kN dan 4161.32 kN serta hasil pembacaan alat HSPD adalah 3640 kN. Nilai kapasitas daya dukung tiang tunggal berdasarkan data pengujian SPT dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977) terlihat paling kecil.
2. Kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok dari data hasil uji SPT adalah 7893.32 kN lebih kecil dari hasil pembacaan alat HSPD yaitu sebesar 9801.27 kN. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai kapasitas ultimit tiang tunggal yang berbeda antara data bacaan HSPD dengan data SPT.
3. Terdapat perbedaan hasil daya dukung antara perhitungan dengan data pengujian SPT dan data bacaan alat pancang HSPD. Hal ini dikarenakan pengujian SPT merupakan pendekatan yang dilakukan untuk mengindikasikan dan memperkirakan parameter tanah yang berada di sekitar lokasi pembangunan. Selain itu, alat yang digunakan dan keahlian operator pelaksana uji SPT juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi hasil uji SPT tersebut. Walaubagaimanapun juga, perbedaan nilai daya dukung berdasarkan N-SPT dan bacaan alat HSPD adalah hal yang wajar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Pondasi II*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [2] Rahardjo, P. P. (2005). *Manual Pondasi Tiang*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- [3] Djarwanti, N., Dananjaya, R. H., & Maharani, G. (2015). *Komparasi Nilai Daya Dukung Tiang Tunggal Pondasi Bor Menggunakan Data SPT dan Hasil Loading Test Pada Tanah Granuler*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 720.
- [4] Ahmad, L. G., & Suharman, M. (2016). *Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test Kantledge*. Jurnal Konstruksia Vol. 7, No. 2, 65-73.

- [5] Juliana, N., & Tarbiyatno. (2019). *Hubungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Hasil Sondir, SPT dan Laboratorium Pada Rencana Pembangunan Gedung Multi Lantai di Lokasi Balige*. Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil Vol. 5, No.2, 45-49.
- [6] Kadarusman, A. N. (2021). *Analisa Kapasitas Dukung Metode Mayerhoff dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Terhadap Varian Dimensi*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [7] Surendro, B. (2015). *Rekayasa Fondasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Hakim, A. R., & Akbar, A. (2018). *Analisis Produktivitas Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Apartemen Victoria Square Tower B Tangerang Banten*. Jurnal Teknik Sipil, 103-112.
- [9] Warsito, J. Y., & Hatmoko, J. U. (2016). *Pemodelan Produktivitas Hydrolic Static Pile Driver Menggunakan Model Analitis Pada Tanah Berlanau*. Jemis Vol. 4 No. 2, 175-184.
- [10] Hardiyatmo, H. C. (1996). *Teknik Pondasi I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [11] Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Pondasi II Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [12] SNI 4153 : 2008 *Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*. (2008). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.