

EVALUASI FONDASI SUMURAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RSUD KABUPATEN PADANG PARIAMAN

Urmila Yulinar¹, Azwar Inra²

^{1,2,3}Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Email: urmila.yulinar@gmail.com

Abstrak: RSUD Padang Pariaman melengkapi fasilitas kesehatan untuk peningkatan kualitas pelayanan dengan membangun Gedung NICU, PICU dan HCU. Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman menggunakan fondasi sumuran. Fondasi sumuran yang digunakan ada empat (4) tipe dengan diameter 1 meter dan kedalaman yang bervariasi. Jenis tanah pada lahan pembangunan ini ialah jenis tanah lempung, yang dari data boring diketahui bahwa lapisan tanah keras ($NSPT \geq 40$) tidak ditemukan sampai kedalaman -30 meter. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi daya dukung fondasi sumuran terhadap variasi kedalaman fondasi sumuran akibat beban vertikal dan horizontal bangunan Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman. Hasil perhitungan daya dukung ijin dari 3 tipe fondasi sumuran menggunakan Metode Reese dan O'Neill (1989) dan Metode Meyerhof (1963) hanya satu fondasi yaitu tipe PC yang mampu menahan beban dari bangunan Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman. Daya dukung ultimit ijin fondasi sumuran metode Reese dan O'Neill (1989) pada tipe P1 sebesar Q_{a1} 660,249 kN; Q_{a2} 821,504, tipe P3 sebesar Q_{a1} 170,11 kN; Q_{a2} 257,29 kN, dan tipe PC sebesar Q_{pg1} 1227,96 kN; Q_{pg2} 1742,967 kN dan pada Metode Meyerhof didapatkan nilai daya dukung ijin fondasi sumuran tipe P1 sebesar 151,831kN, tipe P3 sebesar 72,29 kN, dan tipe PC sebesar 447,854 kN.

Kata kunci: Fondasi Sumuran, Daya Dukung, N-SPT, Metode Reese dan O'Neill, Metode Meyerhof

Abstract: RSUD Padang Pariaman equip health facilities to improve service quality by Building the NICU, PICU and HCU. RSUD Kabupaten Padang Pariaman using the foundation pit. The foundation of the wells is used there are four (4) type with a diameter of 1 meter and a depth that varies. The type of soil on the land development this is the type of soil loam, which from the data of the boring known that a layer of hard soil ($NSPT \geq 40$) was not found to a depth of -30 meters. This study was conducted to evaluate the bearing capacity of the foundation pit of the variations of the depth of the foundation pit due to vertical loads and horizontal building RSUD Kabupaten Padang Pariaman. The results of the calculation of the carrying capacity of a permit from the 3 types of foundation pit using Methods Reese and O'Neill (1989) and the Method of Meyerhof (1963) is only one foundation that is the type of PC that is able to withstand the load of the building RSUD Kabupaten Padang Pariaman. Ultimate carrying capacity of permission of the foundation pit Method Reese dan O'Neill (1989) on the type of P1 by Q_{a1} 660,249 kN; Q_{a2} 821,504 kN, type P3 by Q_{a1} 170,11 kN; Q_{a2} 257,29 kN, and the type of PC by Q_{pg1} 1227,96 kN; Q_{pg2} 1742,967 kN and on the Method of Meyerhof obtained the value of the carrying capacity of the permission of the foundation pit type P1 by 151,831kN, type P3 by 72,29 kN, and the tyoe of PC by 447,854 kN.

Keywords: The Caisson Foundation, Bearing Capacity, N-SPT, Methods of Reese and O'Neill, Method of Meyerhof

PENDAHULUAN

Kabupaten Padang Pariaman berada di Provinsi Sumatra Barat dengan luas wilayah

1.328,79 Ha. Pembangunan di Kabupaten Padang Pariaman saat ini mengalami perkembangan dibidang konstruksi.

Perkembangan bidang konstruksi berfokus pada penyediaan fasilitas umum untuk menunjang dan meningkatkan pelayanan umum di lingkungan Kabupaten Padang Pariaman. Salah satu fasilitas umum yang keberadaannya penting dan butuh perhatian lebih ialah fasilitas kesehatan seperti rumah sakit.

Sebelumnya, Kabupaten Padang Pariaman telah memiliki satu Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) yang berada di Kecamatan Parit Malintang. Namun, RSUD Kabupaten Padang Pariaman belum memiliki ruangan NICU (*Neonatal Intensive Care Unit*), PICU (*Pediatric Intensive Care Unit*) dan HCU (*High Care Unit*).

RSUD Padang Pariaman melengkapi fasilitas kesehatan untuk peningkatan kualitas pelayanan dengan membangun Gedung NICU, PICU dan HCU. Gedung NICU, PICU, dan HCU terdiri dari tiga lantai difungsikan sebagai ruang perawatan, yang dibangun di atas lahan seluas 5.212,23 m² dengan luas bangunan total 3.047,78 m². Konstruksi bangunan menggunakan beton bertulang dan konstruksi atap rangka baja. Gedung NICU, PICU, dan HCU dilengkapi ram, tangga dan lift. Pada lantai dua (2) dilengkapi jembatan yang menghubungkan dengan Gedung Poli.

Menurut penyelidikan tanah yang dilakukan oleh CV. Ultimate Konsultan, jenis tanah pada lahan pembangunan ini ialah jenis tanah lempung, yang dari data boring diketahui bahwa lapisan tanah keras (NSPT \geq 40) tidak ditemukan sampai kedalaman -30 meter. Berdasarkan hasil tersebut, fondasi yang direkomendasikan ada dua alternatif. Rekomendasi pertama menggunakan fondasi dalam yang dapat direncanakan sebagai fondasi tiang dengan kedalaman minimum 20 meter dan

rekomendasi kedua gabungan *full plate* yang didukung oleh fondasi tiang. Namun, dalam pelaksanaannya berbeda dengan hasil rekomendasi.

Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman menggunakan fondasi sumuran. Fondasi sumuran yang digunakan ada empat (4) tipe dengan diameter 1 meter dan kedalaman yang bervariasi. Berikut tipe fondasi sumuran yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tipe Fondasi

Tipe Fondasi	Diameter (M)	Panjang (M)	Lokasi Perletakan Fondasi
P1	1	4	Bangunan Utama
P2	1	3	RAM
P3	1	2	Bangunan Utama
PC (Pondasi Core)	1	3	Core Lift

Sumber : Dokumen Proyek, 2020

Jenis tanah pada lokasi proyek adalah lempung berpasir dengan N-SPT 5 pada kedalaman 2-3 meter dan N-SPT 22 pada kedalaman 4 meter yang bersifat N-C (Non-Kohesif). Berdasarkan SNI 8460-2017, jika N-SPT bernilai 15-50 diklasifikasikan sebagai SD (tanah sedang) dan kecil dari 15 diklasifikasikan sebagai SE (tanah lunak). Saat proses pelaksanaan galian fondasi sumuran sering turun hujan, dicurigai dapat menyebabkan tanah cenderung melunak dikarenakan jenis klasifikasi situs tanah tidak ada yang berkategori SC (tanah keras).

Fondasi sumuran merupakan fondasi peralihan dari fondasi dalam menjadi fondasi dangkal, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam[1]. Rifai (2018: 451) berpendapat apabila bangunan dengan kategori beban menengah menggunakan

fondasi dalam akan tidak efisien terhadap biaya walau keamanan terjamin, sedangkan menggunakan fondasi dangkal tidak dianjurkan untuk bangunan kategori beban menengah karena akan menyebabkan bangunan runtuh.

Disamping hal tersebut, proyek pembangunan berada di depan gedung rawat jalan dan gedung gizi sehingga penggunaan fondasi sumuran lebih menguntungkan digunakan karena tidak menimbulkan polusi suara dan getaran pada tanah saat pengerjaan seperti pemasangan tiang. Perubahan fondasi bangunan dari fondasi tiang dapat disebabkan biaya yang terlalu mahal dan membutuhkan alat berat saat pelaksanaan.

Menurut Shooshpasha, I et al (2017: 285), dalam studi *evaluation of end bearing capacity of drilled shafts in sand by numerical and SPT-based methods* menyatakan bahwa nilai daya dukung ujung tiang bor meningkat sesuai dengan peningkatan kedalaman tiang bor, jumlah peningkatan daya dukung ujung adalah 44% dari kedalaman 5-10 meter dan 21% dari kedalaman 10-15 meter.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk melakukan evaluasi daya dukung fondasi sumuran fondasi sumuran akibat beban vertikal dan horizontal bangunan Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian terapan yang berfokus pada hal-hal yang hasilnya dapat diterapkan pada kondisi sekarang maupun di masa depan [2]. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengevaluasi daya dukung fondasi sumuran Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman.

Penelitian ini dilaksanakan pada Gedung RSUD Kabupaten Padang Pariaman yang berlokasi di Jalan Raya Padang – Bukittinggi KM 2 Korong Kampung Bonai, Parit Malintang, Enam Lingsung, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat-25584.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan primer. Data primer berupa data beban struktur bangunan dan data sekunder berupa data penyelidikan tanah dan *as built drawing*. Pengambilan data dilakukan secara observasi langsung ke lapangan proyek, studi dokumentasi dan kepustakaan.

Data teknis bangunan sebagai berikut.

1. Lokasi bangunan :Kab, Padang Pariaman
2. Kategori : Rumah sakit
3. Luas lahan : 2.164,45 m²
4. Luas bangunan : 3.047,78 m²
 - a. Lantai 1 : 1.098,69 m²
 - b. Lantai 2 : 990,45 m²
 - c. Lantai 3 : 958,64 m²
5. Fungsi bangunan :Ruang perawatan
6. Tipe struktur :Beton bertulang
7. Jenis fondasi :Fondasi sumuran
8. Mutu beton : 22,39 MPa

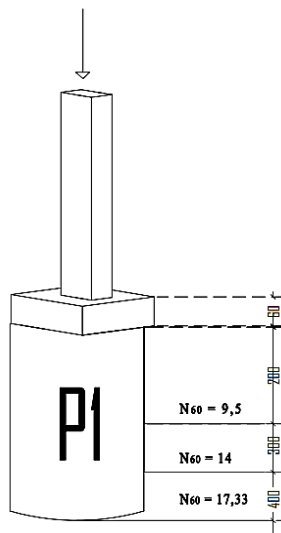
Parameter beban hidup yang digunakan merujuk pada SNI 1727:2013, beban gempa menggunakan data respon spektra Indonesia, dan beban mati akibat beban sendiri dihitung otomatis oleh SAP2000 v16. Kombinasi pembebanan pengaruh beban seismik merujuk pada SNI 1726:2019. Data N-SPT merujuk pada dokumen penyelidikan tanah.

Berikut data N-SPT pada Tabel 2.

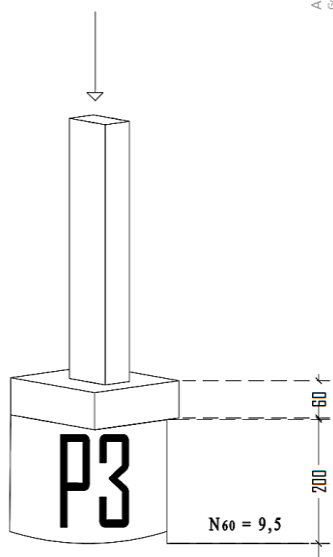
Tabel 2. Data N-SPT

Tanah	Kedalaman (m)	Klasifikasi	N-SPT
Lempung	2	Non Kohesif	5
Berpasir	3	Non Kohesif	5
	4	Non Kohesif	22

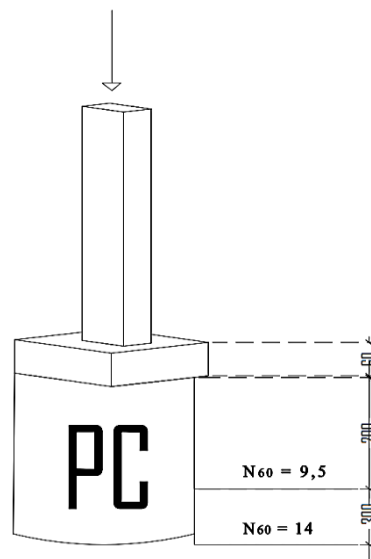
Sumber: Dokumen Proyek, 2020



Gambar 1. Fondasi P1



Gambar 2. Fondasi P3



Gambar 3. Fondasi PC

Menggunakan data-data yang didapatkan, dilakukan perhitungan daya dukung fondasi sumuran pada tanah kohesif dengan Metode Reese dan O'Neill (1989), berikut persamaannya.

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots \dots \dots (1)$$

Q_b = Tahanan Ujung Ultimit

Q_s = Tahanan Gesek Ultimit

W_p = Berat Fondasi Sumuran

$$f_b = 0,60\sigma_r N_{60} \leq 4500 \text{ kPa} \dots \dots \dots (2)$$

dengan,

f_b' = Tahanan ujung neto per satuan luas (kPa)

N_{60} = Nilai N-SPT rata-rata antara ujung bawah tiang bor sampai $2d_b$ di bawahnya. Tidak perlu dikoreksi terhadap *overburden*.

d_b = diameter ujung bawah tiang bor (m)

σ_r = tegangan referensi = 100 kPa

1) Tahanan ujung ultimit

$$Q_b = A_b f_b \dots \dots \dots (3)$$

dengan, A_b = luas dasar tiang bor

2) Tahanan gesek ultimit

$$f_s = \beta p_o' \dots \dots \dots (4)$$

$$\beta = K \tan \delta \dots \dots \dots (5)$$

dengan,

f_s = tahanan gesek satuan kN/m^2

p_o' = tekanan *overburden* di tengah-tengah lapisan tanah kN/m^2

δ = sudut gesek antara tanah dan tiang (derajat)

Metode ini disebut dengan metode β . Nilai K/K_o ditunjukkan dalam Tabel.12 dan rasio δ/ϕ ditunjukkan dalam Tabel. 13. Koefisien β juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang disarankan oleh Reese dan O'Neill (1989).

$$\beta = 1,5 - 0,135 \sqrt{\frac{z}{d_r}} \quad \text{dengan } 0,25 \leq$$

$$\beta \leq 1,2 \quad (30)$$

dengan,

z = kedalaman di tengah-tengah lapisan tanah (m)

d_r = lebar referensi = 300 mm

Tabel 3. Nilai-Nilai K/K_o untuk Tiang Bor (Kulhawy, 1991)

Metode Pelaksanaan	K/K_o
Pelaksanaan kering dengan gangguan dinding lubang bor kecil, pengecoran cepat	1
Pelaksanaan dengan cairan-cara kerja baik	1
Pelaksanaan dengan cairan-cara kerja buruk	0,67
Dengan pipa selubung di bawah air	0,83

Sumber : Hardiyatmo, 2011

Tabel 4. Nilai-nilai δ/ϕ' untuk tiang bor (Kulhawy, 1991)

Metode Pelaksanaan	δ/ϕ'
Lubang terbuka dengan pipa selubung sementara	1
Metode dengan cairan (<i>slurry method</i>) – <i>minimum slurry cake</i>	1
Metode dengan cairan (<i>slurry method</i>) – <i>minimum slurry</i> banyak	0,8
Pipa selubung permanen	0,7

Sumber : Hardiyatmo, 2011

Bila lebar referensi $d_r = 300$ mm

disubstitusikan ke Persamaan 6

$$\beta = 1,5 - 0,245\sqrt{z} \quad \text{dengan } 0,25 \leq \beta \leq 1,2 \quad (6)$$

Jika $N_{60} \leq 15$, maka β dalam

Persamaan 7 dikalikan dengan $N_{60}/15$, atau

$$\beta = \frac{N_{60}}{15} (1,5 - 0,245\sqrt{z}) \quad \text{untu } kN_{60} \leq 15 \quad (7)$$

Nilai β yang disarankan untuk tanah non kohesif oleh Reese et al (2006).

a) Untuk pasir

$$\beta = 0,25 \text{ jika } z > 26,14 \text{ m} \quad (8)$$

b) Untuk pasir yang banyak mengandung kerikil atau kerikil

$$\beta = 2 - 0,15 (z)^{0,75}; 0,25 \leq \beta \leq 1,8 \quad (34)$$

c) Untuk pasir berkerikil atau kerikil

$$\beta = 0,25 \text{ jika } z > 26,5 \text{ m} \quad (9)$$

Metode Meyerhof (1963), berikut persamaannya.

$$Q_{p(net)} = A_p [q'(N_q - 1) F_{qs} F_{qd} F_{qc}] \quad (10)$$

A_p = Luas penampang tiang bor (m^2)

q' = tegangan vertikal efektif ($\frac{t}{m^2}$)

N_q = Faktor daya dukung

$$F_{qs} = 1 + \tan\phi \quad (11) \quad (16)$$

$$F_{qd} = 1 + C \tan^{-1} \phi \left(\frac{L}{D_b} \right) \quad (12)$$

$$C = 2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 \quad (13)$$

Kalkulasi *Critical Rigidity Index*

$$I_{cr} = 0,5 \exp \left[2,85 \cot \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right) \right] \quad (14)$$

Kalkulasi *Reduced Rigidity Index*

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta} \quad (15)$$

dengan,

I_r = soil rididity index

E_s = drained modulus of elasticity of soil, MPa

p_a = atmospheric pressure $\approx 100 kN/m^2$

$m = 100 - 200$ (loose soil)

$200 - 500$ (medium dense soil)

$500 - 1000$ (dense soil)

μ_s = Poisson's ratio of soil

$$\mu_s = 0,1 + 0,3 \left(\frac{\phi - 25}{20} \right) \quad (16)$$

$$I_r = \frac{E_s}{2(1 + \mu_s) q' \tan\phi'} \quad (17)$$

$$n = 0,005 \left(1 - \frac{\phi' - 25}{20} \right) \quad (18)$$

$$\Delta = n \frac{q'}{p_a} \quad (23)$$

Jika $I_{rr} \geq I_{cr}$, maka

$$F_{qc} = 1 \quad (24)$$

Jika, $I_{rr} < I_{cr}$, maka

$$F_{qc} = \exp \left\{ (-3,8 \tan \phi') + \left[\frac{(3,07 \sin \phi') (\log_{10} 2I_{rr})}{1 + \sin \phi'} \right] \right\} \dots\dots\dots (19)$$

dengan,

q_e = daya dukung ujung tiang (ton)

A_p

= Luas penampang tiang bor (m^2)

c = kohesi (t/m^2)

q' = tegangan vertikal efektif (t/m^2)

ϕ = sudut geser

N = faktor menurut meyerhoff
 $= (1 + 2 \cdot Ko) / 3$

Ko = Koefisien tekanan at rest ($1 - \sin \phi$)

N'_c dan N'_q adalah faktor daya dukung

Persamaan yang digunakan untuk menghitung daya dukung fondasi kelompok untuk 5 tiang ialah Formula Fled.

$$n = \frac{16 - 3}{16} = 81,25 \%$$

$$n = \frac{16 - 4}{16} = 75 \%$$

$$Average = \frac{(81,25\% \times 4)(75\% \times 1)}{5} = 80 \%$$

$E_g = 0,80$; untuk 5 tiang (Formula Fled)

Batas daya dukung maksimum fondasi yang diijinkan diperoleh dengan cara memberikan faktor reduksi (faktor keamanan) pada hasil perhitungan daya dukung kritisnya (ultimate). Faktor keamanan digunakan untuk batas daya dukung ijin maksimum dikarenakan ketidakpastian beban yang bekerja pada fondasi. Pada penelitian ini digunakan FS (*Safety Factor*) sebesar 3 untuk daya dukung ultimit netto sedangkan cara ke dua (2) yaitu SF sebesar 2 untuk

daya dukung ujung dan 3 untuk daya dukung gesek.

Hasil perhitungan daya dukung ijin fondasi akan dibandingkan dengan beban struktur pada bangunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis beban menggunakan SAP2000 V.16 berpedoman dengan SNI 1727-2013 peraturan pembebanan Indonesia dan SNI 1726-2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung. Berikut hasil output dari SAP2000 V.16.

Tabel 5. Output SAP2000 V.16(Tekan)

Joint	F3 (Fz) kN
262	975,198
280	329,453
312	359,88

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan didapatkan hasil daya dukung ijin fondasi sumuran sebagai berikut.

Tabel 6. Metode Reese dan O'Neill (1989)

Tipe Fondasi Sumuran	Metode Reese dan O'Neill (1989)			
	Q_{a1} (kN)	Hasil Analisis	Q_{a2} kN	Hasil Analisis
P1	660,249	Tidak Aman	821,504	Tidak Aman
P3	170,11	Tidak Aman	257,29	Tidak Aman
PC	1227,96	Aman	1742,967	Aman

Analisis daya dukung izin fondasi sumuran tipe P1 menunjukkan nilai sebesar Q_{a1} 660,248 kN dan sebesar Q_{a2} 821,504 kN pada Metode Reese dan O'Neill (1989), perhitungan dilanjutkan pada fondasi sumuran tipe P3 yang menunjukkan nilai Q_{a1} 157,554 kN dan Q_{a2} 257,28 kN. Nilai daya dukung tipe P1 dan P3 masih lebih kecil dari beban struktur bangunan. Perhitungan selanjutnya menghitung

efisiensi fondasi sumuran tunggal dalam kelompok, fondasi sumuran tunggal tipe PC memiliki nilai daya dukung sebesar Q_{a1} 300,722 kN dan Q_{a2} 435,742, dilanjutkan menghitung efisiensi fondasi sumuran tunggal dalam kelompok. Nilai efisiensi meningkat signifikan menjadi Q_{pg1} 1202,887 dan Q_{pg2} 1742,967 lebih besar dari beban struktur.

Tabel 7. Metode Meyerhof (1963)

Tipe Fondasi Sumuran	Metode Meyerhof (1963)	Hasil Analisis
P1	151,831 kN	Tidak Aman
P3	72,29 kN	Tidak Aman
PC	447,854 kN	Aman

Analisis daya dukung izin fondasi sumuran tipe P1 sebesar 151,831 kN dan daya dukung izin fondasi sumuran tipe P3 sebesar 72,29 kN, kedua nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan beban struktur. Selanjutnya menghitung efisiensi fondasi sumuran tunggal dalam kelompok, fondasi sumuran tunggal tipe PC memiliki nilai daya dukung sebesar $Q_{p(all)}$ 111,964 kN. Perhitungan selanjutnya efisiensi fondasi sumuran dalam kelompok, nilai efisiensi kelompok meningkat menjadi Q_{pg} 447,854 kN nilai tersebut lebih besar dari beban struktur.

Hasil analisa penulis yang menghasilkan nilai daya dukung tidak aman pada fondasi sumuran dapat disebabkan oleh beberapa penyebab. Penyebabnya seperti perhitungan analisa beban struktur bangunan konsultan perencana dengan penulis menggunakan peraturan yang berbeda dan referensi beban yang digunakan berbeda, karena penulis menggunakan peraturan terbitan terbaru. Penulis mengasumsikan bangunan sebagai SRPMK (Sistem Rangka

Pemikul Momen Khusus) dan dinding geser pada lift diasumsikan sebagai tahanan terhadap gaya gempa. Metode perhitungan daya dukung fondasi sumuran yang digunakan dapat berbeda dengan metode yang digunakan oleh konsultan perencana.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan setelah dilakukan analisis dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa fondasi sumuran tipe P1 dan P3 tidak mampu menahan beban statis dan dinamis dari struktur bangunan. Tipe PC dikategorikan aman karena mampu menahan beban statis dan dinamis dari struktur bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: UGM Press, 1996.
- [2] Kadarudin, *Penelitian Di Bidang Hukum (Sebuah Pemahaman Awal)*. Semarang: Formaci, 2021.
- [3] B. M. Das, *Principles Of Foundation Engineering, SI 7th Edition*, 7th ed. Australia: Cengage Learning, 1976.
- [4] CV. ULTIMATE KONSULTAN, "Dokumen Penyelidikan Tanah Deep Boring RSUD Padang Pariaman," Padang Pariaman, 2020.
- [5] J. E. Bowles, *Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 1*, 4th ed. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1988.
- [6] B. M. Das, *Mekanika Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung*. Jakarta: Deapartemen Pekerjaan Umum, 2019.

- [8] G. S. Budi, *Pondasi Dangkal*. Yogyakarta: CV Andi Offset, 2011.
- [9] J. E. Bowles, *Analisis Dan Desain Pondasi, Edisi Keempat Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1988.
- [10] D. Rifai, Rahman, “Analisis Pondasi Gabungan Telapak dan Sumuran (Telasur) dengan Variasi Rasio Kedalaman dan Lebar Telapak (B=1,5 m) Pada Tanah Lempung Homogen,” *e-Jurnal MATRIKS Tek. SIPIL*, p. 451—457, 2018.
- [11] P. P. Rahardjo, *Manual Pondasi Tiang*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan, 1997.
- [12] et. al Shooshpasha, I, “Evaluation of end bearing capacity of drilled shafts in sand by numerical and spt-based methods,” *J. Fundam. Appl. Sci*, vol. 9(7S), pp. 282–295, 2017.
- [13] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta: UGM Press, 2011.
- [14] PT Torus Jaya, “Dokumen Kontrak Proyek Belanja Modal Gedung dan Bangunan – Pengadaan Bangunan Gedung Instalasi- Pembangunan Gedung NICU, PICU, dan HCU,” Padang Pariaman, 2020.
- [15] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. Yogyakarta: UGM Press, 2011.
- [16] R. B. et al Peck, *Teknik Fondasi*. Yogyakarta: UGM Press, 1996.
- [17] Badan Standarisasi Nasional, *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2008.
- [18] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2017.
- [19] Badan Standarisasi Nasional, *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, 2013.
- [20] Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Pariaman, “Sensus Penduduk 2010,” 2010.
<https://sp2010.bps.go.id/index.php/site?id=1306000000&wilayah=Padang-Pariaman> (accessed Nov. 19, 2020).