

ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI SUMURAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG DI KABUPATEN DELI SERDANG

Pintar Parlinus Waruwu¹⁾, Darlina Tanjung²⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Dan Komputer Universitas Harapan Medan
Jalan H.M. Joni No.70 C Kec. Medan Kota – Kota Medan

parlinuswaruwu@gmail.com

²⁾Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan
Jalan H.M. Joni No.70 C Kec. Medan Kota – Kota Medan

darlinatanjung@yahoo.com

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap variasi desain pondasi guna menentukan pondasi yang sesuai untuk diterapkan dilapangan. Dari hasil perhitungan pondasi sumuran dengan diameter 1,5 m dan kedalaman 5 m sebagai desain yang efisien dibandingkan desain lain yang telah di tinjau sebelumnya sebagai perbandingan. Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi terhadap beban vertikal, daya dukung horizontal, dan perhitungan penulangan cincin beton pondasi sumuran dan penulangan pada pile cap dengan data hasil uji sondir dan data pembebanan diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan program Ms. Excel. Hasil yang di dapat dari nilai perhitungan manual ini, penulis mendapatkan bahwa kapasitas daya dukung pondasi sumuran yang terbesar yaitu 2,35 ton/m². Yang berarti desain pondasi sumuran mampu menahan beban bekerja pada bangunan gudang.

Kata Kunci : Sumuran; Stabilitas Daya Dukung Tanah; Pile cap; Gedung.

I. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi banyak alternatif desain struktur yang digunakan sesuai dengan fungsinya, hal ini mendorong para perencana, pelaksana, dan pengawas pembangunan untuk menindak lanjuti seberapa jauh konsep-konsep teknologi itu dapat di terapkan dalam pembangunan khususnya pembangunan struktur pondasi[1].

Pada umumnya pondasi terbagi menjadi dua, yaitu pondasi dangkal yang mana termasuk di dalamnya adalah pondasi telapak dan pondasi rakit. Dan pondasi dalam yang mana termasuk di dalamnya termasuk pondasi tiang pancang, tiang bor, pondasi sumuran dan pondasi strauss. Melalui skripsi ini penulis ingin merencanakan penggunaan pondasi sumuran pada proyek pembangunan gudang[1].

1.1. Identifikasi Masalah

Berikut ini akan dipaparkan beberapa informasi mengenai bangunan Gudang di Kabupaten Deli Serdang:

- a) Data Tanah yang dipakai adalah data CPT(Sondir)
- b) Kondisi fisik bangunan Gudang
 - Jumlah Lantai pada gudang adalah 3 (tiga) lantai.
 - Jenis konstruksi yang digunakan adalah konstruksi beton bertulang
 - Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran 50.

- Direncanakan pondasi Sumuran sebagai alternatif lain dalam perencanaan pondasi pada bangunan gudang.

1.2. Maksud dan Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

- a). Menghitung daya dukung pondasi sumuran.
- a) Membandingkan perhitungan hasil daya dukung pondasi dengan hasil perencanaan yang telah dilaksanakan.

1.3. Manfaat Penulisan

Penulisan skripsi ini diharapkan bermanfaat bagi yang membacanya:

- a) Penyusun berharap dapat memberikan pemahaman mengenai kapasitas daya dukung pondasi sumuran.
- b) Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membacanya khususnya bagi mahasiswa yang menghadapi masalah yang sama.

1.4. Batasan Masalah

Untuk menghasilkan pemahaman dalam masalah ini maka diperlukan adanya batasan-batasan masalah.

- a) Hanya ditinjau untuk pondasi sumuran pada konstruksi Proyek Pembangunan Gudang di Kabupaten Deli Serdang.
- b) Hanya ditinjau untuk menghitung stabilitas daya dukung pondasi sumuran tunggal untuk pondasi sumuran tegak lurus tanpa akibat gaya horizontal.

II. LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi[2].

2.2. Macam-Macam Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*)[2].

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung seperti:

i. Pondasi telapak

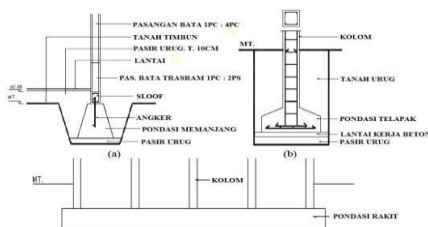
Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.1b)[3].

ii. Pondasi memanjang

Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.1a)[3].

iii. Pondasi rakit (*raft foundation*)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya (Gambar 2.1c)[3].



Gambar 1. Pondasi Dangkal

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti[4] :

i. Pondasi sumuran (*pier foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai

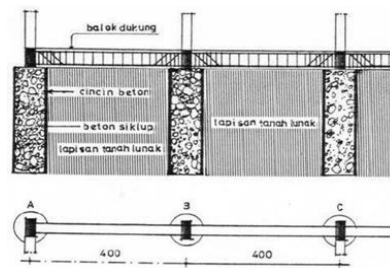
kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$ [4].

ii. Pondasi tiang (*pile foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran[4].

2.4. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran adalah pondasi yang dibangun dengan menggali cerobong tanah berpenampang lingkaran dan dicor dengan beton atau campuran batu dan mortar. Pondasi sumuran diklasifikasikan sebagai bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi dalam, digunakan apabila tanah dasar terletak pada kedalaman yang relatif dalam dengan persyaratan perbandingan kedalaman tertanam terhadap diameter lebih kecil atau sama dengan 4. Jika nilai perbandingan tersebut lebih besar dari 4 maka pondasi tersebut harus direncanakan sebagai pondasi tiang[5].



Gambar 2. Pondasi Sumuran

2.5. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Sumuran

Pondasi berfungsi menyalurkan beban-beban terpusat dari bangunan bawah kedalam tanah pendukung dengan cara demikian sehingga hasil tegangan dan gerakan tanah dapat dipikul oleh struktur secara keseluruhan. Daya dukung pondasi harus lebih besar dari pada beban yang dipikul oleh pondasi tersebut dan penurunan yang terjadi harus sesuai batas yang diizinkan (toleransi) yaitu 1” (2,54cm), daya dukung pondasi sumuran dapat ditentukan berdasarkan data-data hasil penyelidikan tanah di laboratorium dan data hasil pelaksanaan berdasarkan data Sondir[6].

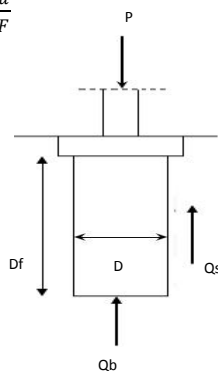
Untuk pondasi yang berbentuk sumuran, Terzaghi menyarankan persamaan daya dukung dengan nilai faktor-faktor daya dukung yang sama, hanya factor gesekan dinding pondasi diperhitungkan. Persamaan daya dukung Pondasi Sumuran[6].

Persamaan daya dukungnya dinyatakan:

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= q_u A_p + \pi D f_s D_f$$

$$P_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$



Gambar 3. Persamaan daya dukung Pondasi Sumuran

Dengan :

- Qu : beban ultimit total untuk pondasi dalam.
- Qb : beban ultimit total untuk pondasi dalam.
- Qs : perlawanan gesekan pada Sdinding pada
- Qu : $1,3cN_c + D_f \gamma N_q + 0,3 \gamma B$
- N γ
- Dengan :
- Ap : luas dasar pondasi
- D : diameter pondasi
- Fs : faktor gesekan
- Df : kedalaman pondasi
- SF : Safety Factor
- Nc, Nq, Ny : Faktor daya dukung Terzaghi (Tabel 2.1)

Tabel 1. Faktor daya dukung Terzaghi

ϕ	Keruntuhan Geser Umum		
	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	2,5
20	17,7	7,4	5,0
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
34	52,6	36,5	35,0
35	57,8	41,4	42,4

Untuk mempermudah pemasangan, maka sebaiknya tahanan geser dinding harus sama dengan berat pondasi sumuran :

$$\frac{1}{4} \pi (D^2 - d^2) H \gamma_{\text{beton}} = f_s \pi D H \quad (2.5.5)$$

Faktor gesekan dinding f_s (Terzaghi, 1943)

$$F_s = \frac{\gamma_{\text{beton}} (D^2 + d^2)}{4D}$$

Fs = Faktor gesekan dinding γ_{beton}

γ_{beton} = berat volume beton (kN/m³)

D= diameter luar sumuran (m)

d= diameter dalam sumuran (m)

H= kedalaman penetrasi (m)

2.5.1. Kontrol Daya Dukung Pondasi

1) Daya Dukung Tanah Dasar

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dasar pondasi sumuran harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Daya dukung tanah pada dasar pondasi sumuran ditentukan dengan cara yang sama seperti dalam menentukan daya dukung pondasi dangkal[7].

Penentuan tebal cincin sumuran dihitung dengan mencari tegangan yang bekerja pada cincin sumuran akibat dari terpusat (P) dan momen (Mx dan My)[8]. Maka ditentukan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{My}{W} \pm \frac{Mx}{W} \pm \frac{\Sigma P_v}{A}$$

dimana :

- σ : Tegangan yang terjadi (t/m²)
- Pv : Beban terpusat yang terjadi (ton)
- A : Luas daerah yang ditinjau (m²)
- Mx : Momen yang terjadi pada arah X (tm)
- My : Momen yang terjadi pada arah Y (tm)
- W : Momen inersia daerah yang ditinjau (m⁴)

2) Daya Dukung Horizontal Berdasarkan Metode Broms

Ketahanan struktur terhadap kemungkinan daya dukung horizontal berdasarkan Metode Broms dihitung berdasarkan persamaan berikut.

Daya dukung Horizomtal :

$$H_u = 9C_u D (H$$

$$M_{max} = H_u \left(\frac{H}{2} + \frac{3D}{2} \right)$$

Untuk $M_{max} > M_x$ maka tiang termasuk tiang panjang :

$$F = \frac{H_u}{9 C_u D}$$

$$H_u = \frac{2M_x}{(3D/2 + f/2)}$$

Keterangan :

Hu : Daya dukung horizontal (kN)

Cu : Undrained strenght (kN/m²)

- D : Diameter pondasi sumuran (m)
- H : Panjang pondasi sumuran (m)
- F : Beban horizontal (kN)

3) Pada perencanaan pile cap, perlu dicek terhadap beban maksimum yang diterima pondasi dimana harus lebih kecil dari daya dukung batas. Rumus yang digunakan yaitu : (Buku Rekayasa Pondasi II).

2.5.2. Cincin Sumuran

Perhitungan cincin sumuran dihitung dengan mencari tegangan yang bekerja pada cincin sumuran akibat dari beban terpusat dan momen. Cincin sumuran dianggap konstruksi pelengkung dengan perletakan sendi-sendi dengan beban merata sebesar (q) dengan momen maksimum terletak pada tengah bentang[9].

$$Q = \gamma \cdot H \cdot K_a$$

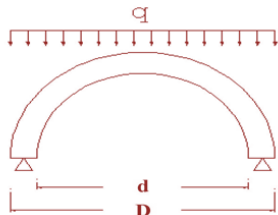
dengan :

- q : Beban merata yang terjadi (t/m²)
- γ : Berat volume tanah (t/m³)
- K_a : Koefisien tekanan tanah aktif
- H : Panjang pondasi sumuran (m)

$$M_u = \frac{1}{8} \cdot q \cdot D^2$$

Dengan :

- q : Beban merata yang terjadi (t/m²)
- D : Diameter pondasi sumuran (m)
- M_u : Momen ultimit yang terjadi (tm)



Gambar 4. Pembebanan pada dinding sumuran

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi

Lokasi penelitian yang menjadi studi kasus pada tugas skripsi ini terletak pada Rencana Pembangunan Gudang di Jalan Besar Telun Kenas, Desa Tadukan Raga, Sinembah, Tj. Muda Hilir, Kabupaten Deli Serdang.

3.2. Data Struktur

- Proyek: Pembangunan Gudang
- Lokasi: Jalan Besar Telun Kenas Tj. Muda Hilir, Kabupaten Deli Serdang
- Fungsi: Gudang
- Sistem Struktur Utama: Kolom Beton
- Sistem Pondasi: Pondasi Sumuran
- Zona Gempa: Wilayah Sumatera Utara
- Jenis Tanah : Tanah Sedang
- Beban Rencana: PPIUG 1983 & SNI 1729 2015
- Beban Gempa: SNI – 03 – 1728 – 2012

3.3. Model Struktur

Analisis struktur bangunan ini dilakukan dengan komputer berbasis elemen hingga (*finite element*) untuk berbagai kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan pemodelan struktur 3-D (*space-frame*). Pemodelan struktur dilakukan dengan Program SAP 2000 Versi 11. Mengingat bentuk struktur yang tidak beraturan, maka analisis terhadap beban gempa selain digunakan cara statik ekuivalen dengan memperhitungkan puntiran akibat eksentrisitas gedung, juga dilakukan analisis dinamik *Response Spectrum Analysis* dan *Time History Analysis*.

Struktur bangunan dirancang mampu menahan gempa rencana sesuai peraturan yang berlaku yaitu SNI 03-1726-2002 tentang Tatacara Perencanaan

Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Dalam peraturan ini gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, sehingga probabilitas terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun. Berdasarkan pembagian Wilayah Gempa, lokasi bangunan di Deli Serdang, termasuk wilayah gempa 4 (wilayah dengan intensitas gempa tertinggi ketiga setelah wilayah 6) dengan percepatan puncak batuan dasar 0,25.g (g = percepatan gravitasi = 9,81 m/det²).

3.4. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan cara :

1. Metode Literatur

Yaitu dengan mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang digunakan sebagai input proses perencanaan.

2. Metode Observasi

Dengan melakukan pengambilan data langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya dilapangan. Adapun jenis – jenis data yang digunakan adalah :

a. Data Primer

Merupakan data yang didapat dari survey lapangan melalui pengamatan dan pengukuran secara langsung, yaitu foto-foto kondisi proyek, data bor mesin dan data sondir tanah.

Berdasarkan keterlibatan peneliti dalam kegiatan – kegiatan yang diteliti, observasi dapat di bedakan menjadi observasi partisipan dan observasi non partisipan. Dan penelitian ini tergolong dalam observasi non partisipan adalah dimana peneliti ini tidak terlibat secara langsung dalam pelaksanaan kegiatan pengumpulan data kelokasi yang di tentukan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari instansi terkait atau literatur yang berhubungan dengan penelitian ini seperti data tanah yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah, jenis tanah, sehingga dapat

menentukan jenis dan kedalaman pondasi yang akan dipakai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Teknis Pondasi Sumuran dan Pile Cap

Pada proyek pembangunan gudang ini menggunakan pondasi sumuran, detail Pondasi meliputi :

a). Detail Pondasi Sumuran

Diameter tiang 1,5 meter dengan kedalaman 5.00 meter. Jumlah pondasi sumuran 30 buah pondasi sumuran.

b). Detail Pile Cap

Dimensi 2 m x 2 m dengan tinggi 0.35 meter. Jumlah pile cap 30 buah pile cap.

4.2. Data Analisa Tanah

4.2.1. Hasil Pengujian Dengan Alat Sondir

Data perlawanan konus (cone resistant) dengan symbol CR, tingkat kepadatan relatif darilapisant tanah dapatdiketahuyaitu :

CR (kg/cm²) : 0 - 16 Sangat Lepas

CR (kg/cm²) : 16 - 40 Lepas

CR (kg/cm²) : 40 - 120 Sedang

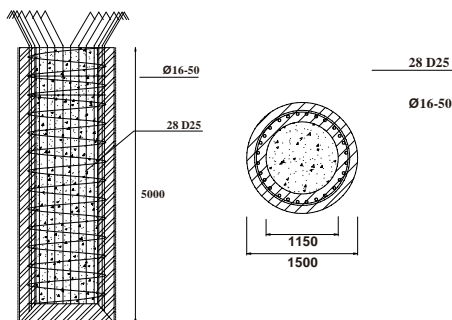
CR (kg/cm²) : 120 - 200 Padat

CR (kg/cm²) : > 200 Sangat Padat.

4.3. Perhitungan Pondasi Sumuran dan Pile Cap

4.3.1. Daya Dukung Pondasi Sumuran

Dari hasil pengujian sondir daya dukung tanah pondasi sumuran dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 5. Detail Pembesian Pondasi Sumuran

Dalam (Df) = 5 m
 Diameter (D) = 150 cm = 1,5 m
 Lebar pondasi (B) = Df/B = 5/1,5
 = 3,3 m (Df/B ≤ 4)...Ok.

Ap = π x r²
 = 3,14 x 0,75² = 1,766 m²
 Ak = 2π x r²
 = 2 x 3,14 x 0,75 = 4,71 m

Qs = TSF . Ak

= 234 kg/cm² x 4,71 m

= 2,34m² x 3,53 m = 11,02 ton

Qp = Ap . CR-r

= 1,766 m² x 25,21 kg/cm²

= 1,766 m² x 0,2521 kg/m²

= 0,45 ton

Qu = Qp + Qs

= 0,45 ton + 11,02 ton

= 5,0 ton

Qi = $\frac{Qp}{FK1} + \frac{Qs}{FK2} = \frac{0,45 \text{ ton}}{3} + \frac{11,02}{5}$
 = 2,35 ton

Di mana :

- Qu = Daya dukung ultimate tiang pancang (kg atau ton)
- Qi = Daya dukung izin tiang (kg atau ton)
- Qp = Daya dukung ujung tiang (kg atau ton)
- Qs = Daya dukung lekat (friction) kg atau ton
- TSF= Jumlah hambatan lekat (total skin friction) kg/cm
- CR-r = Perlawanan konus (Cone Resistant) rata-rata 4 Dkeatas

dan 4 D ke bawah (D = diameter tiang)

- Ap = Luas penampang tiang (cm²)
- Ak = Keliling tiang (cm)
- FK1= Faktor keamanan daya dukung ujung tiang (dipakai 3)
- FK2= Faktor keamanan hambatan lekat tiang (dipakai 5)

Perhitungan daya dukung izin pondasi sumuran φ150 cmdengan rumus tersebut diatas dapat dilihat pada Tabel 2.serta grafik hubungan antara daya dukung izin dengan kedalaman.

Tabel 2. Daya dukung izin pondasi sumuran dari data sondir.

$D = 1,50 \text{ m} ; A_p = 1,766 \text{ m} ; A_k = 4,71 \text{ m}$

Kedalaman (m)	CR (kg/cm ²)	TSF (kg/cm ²)	CR-r (kg/cm ²)	QP (ton)	Qs (ton)	Qi (ton)
0,00	0	0	0	0	0	0
0,20	0	0	0	0	0	0
0,40	13	10	0	0	0,47	0,09
0,60	7	16	0	0	0,75	0,15
0,80	5	22	0	0	1,04	0,21
1,20	3	34	4,50	0,08	1,60	0,35
1,40	3	36	4,00	0,07	1,70	0,36
1,60	2	40	3,98	0,07	1,88	0,40
1,80	5	48	4,34	0,08	2,26	0,48
2,00	7	54	5,09	0,09	2,54	0,54
2,20	5	58	6,15	0,11	2,73	0,58
2,40	3	62	7,36	0,13	2,92	0,63
2,60	3	68	8,07	0,14	3,20	0,69
2,80	5	78	8,57	0,15	3,67	0,79
3,00	10	90	9,50	0,17	4,24	0,90
3,20	13	106	10,79	0,19	4,99	1,06
3,40	18	120	12,21	0,22	5,65	1,20
3,60	21	130	13,86	0,24	6,12	1,31
3,80	15	140	16,00	0,28	6,59	1,41
4,00	10	150	18,64	0,33	7,07	1,52
4,20	16	162	21,50	0,38	7,63	1,65
4,40	20	174	23,29	0,41	8,20	1,78
4,60	25	194	24,07	0,43	9,14	1,97
4,80	30	214	23,86	0,42	10,08	2,16
5,00	35	234	25,21	0,45	11,02	2,35
5,20	40	254	27,29	0,48	11,96	2,55
5,40	43	274	30,14	0,53	12,91	2,76
5,60	30	292	32,50	0,57	13,75	2,94
5,80	21	306	35,64	0,63	14,41	3,09

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan dari penulisan skripsi ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dilihat dari hasil perhitungan ini bahwa semakin besar luas penampang atau diameter pondasi sumuran ini maka semakin besar pula daya dukung yang dapat di tahan oleh pondasi sumuran tersebut dan semakin panjang atau semakin dalam pondasi sumuran tersebut maka semakin besar pula daya dukung yang dapat di tahan dari pondasi sumuran tersebut terlihat dari daya dukung pondasi sumuran sebesar 2,35 ton/m².
2. Dari perhitungan diatas berdasarkan desain pondasi sumuran dari berbagai ukuran diameter dan kedalaman atau panjang pondasi sumuran dapat di ambil kesimpulan untuk pondasi sumuran yang efektif adalah cukup dengan kedalaman 5 m.

5.2. Saran

Pada skripsi ini penulis juga bermaksud memberikan saran yang berkaitan dengan perencanaan pondasi sumuran Pembangunan Gudang di Jalan Besar Telun Kenas, Desa Tadukan Raga, Sinembah, Tj. Muda Hilir, Kabupaten Deli Serdang:

1. Dalam merencanakan pondasi sebaiknya mempertimbangkan jenis pondasi yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Pemilihan jenis pondasi tergantung pada kondisi tanah pondasi, beban yang harus di dukung dan biaya pembuatan pondasi.
2. Data tanah yang akan di selidiki sebaiknya menggunakan data hasil pengujian penetrasi sondir (sondering test) supaya diperoleh data – data parameter tanah yang digunakan untuk mendapatkan analisa yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Cholid, S. Winarto, Y. Cahyo, and A. I. Candra, "Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Balai Pembangunan Sdm Dan Pertanian Bantul Diy," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.888.
- [2] S. Y, *Pengertian dan Jenis - Jenis pondasi*. 2011.
- [3] S. A. Nugroho, "Studi Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut dengan Kombinasi Geotekstil dan Grid Bambu," *J. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 1, p. 31, 2011, doi: 10.5614/jts.2011.18.1.3.

- [4] P. A. (HAKI) Prof. DR. Drajat Hoedajanto, M.Eng, *Pondasi Dalam*. 2015.
- [5] B. Harimei, “Analisis Daya Dukung Tanah pada Perencanaan Sarana dan Prasarana Umum,” *J. Geocelebes*, vol. 2, no. 1, p. 42, 2018, doi: 10.20956/geocelebes.v2i1.3993.
- [6] Z. T. H. MAKSUM, “Analisis Perhitungankapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diameter 50 Cm Pada Proyek Bangunan Koleza 9 Residence, Pt. Wilmar, Percut Sei Tuan-Medan,” pp. 4–16, 2003.
- [7] B. Chairullah, “Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Metoda Spt, Cpt, Dan Meyerhof Pada Lokasi Rencana Konstruksi Pltu Nagan Raya Provinsi Aceh,” *Teras J.*, vol. 3, no. 1, pp. 15–24, 2016, doi: 10.29103/tj.v3i1.43.
- [8] A. Y. Trinanda, “Tinjauan daya dukung pondasi sumuran pada gedung-x di kota Bukittinggi,” *J. Rivet*, vol. 1, no. 01, pp. 26–31, 2021.
- [9] M. Ridar and A. Khatib, “Tinjauan Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Sumuran Di Pemuda City Walk Di Jl. Pemuda Pekanbaru Propinsi Riau,” *J. Saintis*, vol. 15, no. 1, pp. 81–92, 2015.