

PERENCANAAN PONDASI DANGKAL SUATU GUDANG YANG DITINJAU BERDASARKAN DAYA DUKUNG TANAH DAN TULANGANNYA

Reza Kholishotul Suroyyah¹, M.Fernanda Aryasatya²

¹ D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

Email: rezakholishotul.21006@mhs.unesa.ac.id

² D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya,

Email: muhamadfernanda.21010@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Perencanaan pondasi perlu diperhatikan dalam perencanaan bangunan agar tercapai suatu kestabilan dan keamanan. Dalam perencanaan pondasi dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya kondisi tanah. Dengan kondisi tanah yang berbeda dalam hal ini kedalaman yang berbeda dan dengan adanya muka air tanah yang dangkal mempengaruhi perencanaan pondasi, maka dari itu diperlukan analisis daya dukung tanah. Selain itu diperlukan juga perhitungan tulangan yang diperlukan yang sesuai untuk pondasi yang akan digunakan.

Kata Kunci: pondasi, daya dukung tanah, tulangan.

Abstract

Foundation planning needs to be considered in building planning in order to achieve a stability and safety. In planning the foundation is influenced by many factors, including the condition of the soil. With different soil conditions, in this case different depths and with the existence of a shallow groundwater table affecting the foundation planning, therefore it is necessary to analyze the soil bearing capacity. In addition, it is also necessary to calculate the required reinforcement according to the foundation to be used.

Keywords: foundation, soil bearing capacity, reinforcement.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peran penting dari struktur bawah dalam sebuah bangunan adalah sebagai penyangga untuk bagian atas bangunan. Ada dua tipe struktur bawah, yaitu basement atau pondasi, yang bertanggung jawab dalam menahan beban dari atas. Karenanya, struktur bawah harus memiliki kekuatan yang cukup dalam menghadapi kondisi darurat seperti gempa bumi agar tidak mengalami kegagalan terlebih dahulu. Selain itu, pondasi juga mempunyai tanggung jawab untuk mendistribusikan beban dari struktur atas melalui kolom, dengan mempertimbangkan batas tegangan

yang diperbolehkan sesuai dengan kapasitas dukung tanah.

Daya dukung pondasi sangat penting dalam memastikan keamanan dan kestabilan sebuah bangunan. Pondasi yang kuat dan stabil akan dapat menahan beban bangunan dengan baik dan mencegah terjadinya kerusakan atau keretakan pada bangunan.

Daya dukung pondasi sendiri berkaitan dengan kemampuan pondasi untuk menahan beban dari bangunan dan menyalurkannya ke tanah di bawahnya. Kemampuan pondasi untuk menahan beban ini ditentukan oleh jenis tanah di mana pondasi

tersebut dibangun, ukuran dan bentuk pondasi, serta beban struktural yang diberikan oleh bangunan.

Penentuan daya dukung pondasi melibatkan pengujian dan analisis terhadap tanah di lokasi pondasi. Teknik-teknik pengujian seperti boring tanah dan uji beban dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik tanah dan kemampuannya untuk menahan beban.

Selain itu, perhitungan matematis juga digunakan untuk menentukan daya dukung pondasi dengan mempertimbangkan beban struktural dan karakteristik tanah di bawahnya. Jika daya dukung pondasi tidak mencukupi, maka pondasi harus diperkuat atau dirancang ulang agar dapat menahan beban dengan aman dan stabil.

Oleh karena itu, dalam perencanaan dan pembangunan sebuah bangunan, perhitungan daya dukung pondasi harus dilakukan dengan cermat dan teliti untuk memastikan keamanan dan kestabilan bangunan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan pondasi dangkal suatu gudang dengan berdasarkan daya dukung tanah pondasi dangkal dan tulangnya. Selain itu, penelitian ini akan menganalisis daya dukung tanah pondasi dangkal menggunakan metode Meyerhof.

LANDASAN TEORI

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Dangkal

- Untuk bentuk pondasi lajur (menerus)

$$q_{ult} = C.N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= C.N_c + (\gamma \cdot D + q_1) \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$
- Untuk bentuk pondasi bujur sangkar

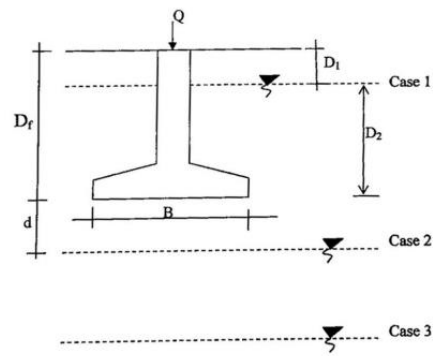
$$q_{ult} = 1,3 \cdot C.N_c + q \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$
- Untuk bentuk pondasi lingkaran

$$q_{ult} = 1,3 \cdot C.N_c + q \cdot N_q + 0,3 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$
- Untuk pondasi persegi

$$q_{ult} = (1 + 0,3 \cdot B/L) \cdot C.N_c + q \cdot N_q + (1 - 0,2 \cdot B/L) \cdot 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

N_c, N_q, N_γ = factor koefisien daya dukung yang besarnya tergantung harga sudut geser tanah

Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Harga q & γ



Gambar 1. Gambar Pengaruh Muka Air Tanah

- Case I : $0 \leq D_1 \leq D_f$
 q = efektif surcharge
 $q = D_1 \cdot \gamma + D_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w)$
 $\gamma = (\gamma_{sat} - \gamma_w)$
- Case II : $0 \leq d \leq B$
 $q = \gamma + Df$
 $\gamma = \gamma' + \frac{d}{b} (\gamma_t - \gamma')$
- Case III : $d > B$
 Tidak berpengaruh (berlaku rumus umum)

Analisis Daya Dukung Tanah Meyerhof

Meyerhof (1951, 1963) dalam Bowles (1992) menyarankan persamaan daya dukung yang mirip dengan rumus Terzaghi tetapi memasukkan suatu faktor bentuk, faktor kedalaman, dan faktor kemiringan.

Perhitungan factor-factor :

- Factor bentuk

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan \phi$$

$$F_{\gamma s} = 1 + 0,4 \times \frac{B}{L}$$
- Faktor kedalaman

Kondisi (a) : apabila $\frac{Df}{B} \leq 1$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{Df}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \frac{Df}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Kondisi (b) : apabila $\frac{Df}{B} > 1$

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B} \right)$$

$$F_{\gamma d} = 1$$
- Faktor Inklinasi

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ} \right)^2$$

Persamaan umum daya dukung menjadi :
 $q_{ult} = c.N_c.F_{cs}.F_{cd}.F_{ci} + q.N_q.F_{qs}.F_{qd}.F_{qi} + 0,5.B.\gamma.N_\gamma.F_{ys}.F_{yd}.F_{yi}$

Tabel 1. Faktor Daya Dukung Pondasi (Vesic, 1973)

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1,00	0,00
1	5,38	1,09	0,07
2	5,63	1,20	0,15
3	5,90	1,31	0,24
4	6,19	1,43	0,34
5	6,49	1,57	0,45
6	6,81	1,72	0,57
7	7,16	1,88	0,71
8	7,53	2,06	0,86
9	7,92	2,25	1,03
10	8,35	2,47	1,22
11	8,80	2,71	1,44
12	9,28	2,97	1,69
13	9,81	3,26	1,97
14	10,37	3,59	2,29
15	10,98	3,94	2,65
16	11,63	4,34	3,06
17	12,34	4,77	3,53
18	13,10	5,26	4,07
19	13,93	5,80	4,68
20	14,83	6,40	5,39
21	15,82	7,07	6,20
22	16,88	7,82	7,13
23	18,05	8,66	8,20
24	19,32	9,60	9,44
25	20,72	10,66	10,88

ϕ	N_c	N_q	N_γ
26	22,25	11,85	12,54
27	23,94	13,20	14,47
28	25,80	14,72	16,72
29	27,86	16,44	19,34
30	30,14	18,40	22,40
31	32,67	20,63	25,99
32	35,49	23,18	30,22
33	38,64	26,09	35,19
34	42,16	29,44	41,05
35	46,12	33,30	48,03
36	50,59	37,75	56,31
37	55,63	42,92	66,19
38	61,35	48,93	78,03
39	67,87	55,96	92,25
40	75,31	64,20	109,41
41	83,86	73,90	130,22
42	93,71	85,38	155,55
43	105,11	99,02	186,54
44	118,37	115,31	224,64
45	133,88	134,88	271,76
46	152,10	158,51	330,35
47	173,64	187,21	403,67
48	199,26	222,31	496,01
49	229,93	265,51	613,16
50	266,89	319,07	762,89

Tulangan Lentur Pondasi Telapak

Momen yang muncul pada penampang pondasi telapak ditentukan terhadap suatu potongan bidang vertical pada pondasi tersebut terletak pada :

- Muka kolom, pedestal atau dinding, untuk pondasi telapak yang memikul kolom, pedestal atau dinding beton
- Setengah dari jarak yang diukur dari bagian tengah ke tepi dinding, untuk pondasi telapak yang mendukung dinding pasangan
- Setengah dari jarak yang diukur dari muka kolom ke tepi pelat alas baja, untuk pondasi yang mendukung kolom dengan pelat dasar baja

Jumlah tulangan tarik terpasang pada suatu pondasi telapak harus diperhatikan besarnya, dengan luas minimum tulangan tarik dalam arah bentang yang ditinjau harus memenuhi kebutuhan tulangan untuk susut dan suhu. Nilai rasio tulangan minimum tersebut tidak boleh kurang dari 0,0014. Sedangkan jarak antar tulangan maksimum tidak boleh melebihi tiga kali tebal pondasi atau 450mm.

Tulangan lentur pada pondasi telapak satu arah dan pondasi telapak bujur sangkar harus disebarakan secara merata ke seluruh lebar dari pondasi telapak tersebut.

Tabel 2. Rasio tulangan terhadap luas Brutto penampang beton

Tabel 13.2 Rasio Tulangan Minimum Terhadap Luas Brutto Penampang Beton	
(a) Pelat dengan tulangan ulir bermutu 280 atau 350 MPa	0,002
(b) Pelat dengan tulangan ulir bermutu 420 MPa atau jaring kawat las (w/w-mesh)	0,0018
(c) Pelat dengan tulangan ulir bermutu lebih dari 420 MPa	0,0018 + 420/g

METODE

Proses penelitian seperti pada gambar 1. Berikut ini:



Gambar 2. Diagram Alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan daya dukung tanah metode Meyerhof

- Data perencanaan
 - Lebar pondasi (B) = 1,25m (asumsi)
 - Panjang pondasi (L) = 1,25m (asumsi)
 - tebal pondasi (ht) = 0.4 m (asumsi)
 - Kedalaman (Df) = 1 m
 - Cohesi (C) = 35 kN/m²
 - Sudut geser (ϕ) = 34°
 - γ = 1,65 kN/m³
 - γ_{sat} = 1,85 kN/m³
 - γ_w = 9.81 kN/m³
 - muka air (D₁) = 0,5 m
 - jenis pondasi = bujur sangkar
 - fs = 3
 - beban dari gudang yang diterima pondasi = 250,42 kN

- Perhitungan
Untuk harga sudut geser tanah 34° didapatkan nilai dari tabel 1. Berikut :
 $N_c = 42,16$
 $N_q = 29,44$
 $N_\gamma = 41,05$

Diasumsikan beban sentris

a. Factor bentuk

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \times \frac{N_q}{N_c}$$

$$= 1 + \frac{1,25m}{1,25m} \times \frac{29,44}{42,16}$$

$$= 1,70$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \times \tan\phi$$

$$= 1 + \frac{1,25m}{1,25m} \times \tan 34^\circ$$

$$= 1,67$$

$$F_{\gamma s} = 1 + 0,4 \times \frac{B}{L}$$

$$= 1 + 0,4 \times \frac{1,25m}{1,25m}$$

$$= 0,6$$

b. Factor kedalaman

Termasuk kondisi (a) karena :

$$\frac{D_f}{B} \leq 1 = 0,8 \leq 1$$

Maka :

$$F_{cd} = 1 + 0,4 \frac{D_f}{B}$$

$$= 1 + 0,4 \frac{1m}{1,25m}$$

$$= 1,32$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$= 1 + 2 \tan 34^\circ \cdot (1 - \sin 34^\circ)^2 \frac{1m}{1,25m}$$

$$= 1,24$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Pengaruh muka air tanah terhadap harga q & γ

Termasuk case I karena :

$$= 0 \leq D_1 \leq D_f$$

$$= 0 \leq 0,5 \leq 1$$

Besar daya dukung tanah yang didapat :

$$q_{ult} = 1,3 \cdot c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd}$$

$$+ 0,4 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d}$$

$$= 1,3 \cdot c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} + (D_1 \cdot \gamma + (D_f - D_1) \cdot (\gamma_{sat} - \gamma_w)) \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} + 0,4 \cdot B \cdot (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d}$$

$$= 1,3 \cdot 35 \text{ kN/m}^2 \cdot 42,16 \cdot 1,70 \cdot 1,32 + (0,5m \cdot 1,65 \text{ kN/m}^3 + (1m - 0,7m) \cdot (1,85 \text{ kN/m}^3 - 9,81 \text{ kN/m}^3)) \cdot 29,44 \cdot 1,67 \cdot 1,24 + 0,4 \cdot 1,25m \cdot (1,85 \text{ kN/m}^3 - 9,81 \text{ kN/m}^3) \cdot 41,05 \cdot 0,6 \cdot 1$$

$$= 4060,22 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{ijin} = \frac{q_{ult}}{F_s}$$

$$= \frac{4060,22 \text{ kN/m}^2}{3}$$

$$= 1353,41 \text{ kN/m}^2$$

Beban yang dapat diterima oleh pondasi sebesar

$$Q = q_{ijin} \times A$$

$$= 1353,41 \text{ kN/m}^2 \times (1,25m \times 1,25m)$$

$$= 2114,70 \text{ kN} > 250,42 \text{ kN OK}$$

Penulangan Pondasi

- Data perencanaan

$$P = 250,42 \text{ kN}$$

$$F'c = 25 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 280 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{all} = 250 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{tanah} = 1,65 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Selimut pondasi} = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan } (d_b) = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi kolom pedestal}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$t = 400 \text{ mm}$$

$$\text{factor reduksi lentur } (\phi) = 0,9$$

- Momen lentur muka kolom

$$d_{rerata} = ht - \text{selimut pondasi} - d_b$$

$$= 400 \text{ mm} - 60 \text{ mm} - 13 \text{ mm}$$

$$= 327 \text{ mm}$$

Tegangan tanah ultimate akibat beban terfaktor

$$\text{Panjang muka kolom ke tepi telapak } (l)$$

$$= 0,425 \text{ m}$$

$$P_{ult} = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{250,42 \text{ kN}}{1,25m \times 1,25m}$$

$$= 160,27 \text{ kN/m}^2$$

$$Mu = \frac{P_{ult} \times B \times l^2}{2}$$

$$= \frac{160,27 \text{ kN}}{m^2} \times 1,25m \times (0,425m)^2$$

$$= 19,09 \text{ kN.m}$$

- Kebutuhan tulangan lentur

$$R_n = \frac{Mu}{\phi B d^2}$$

$$= \frac{19,09 \text{ kN.m} \times 10^6}{0,9 \times (1,25m \times 10^3) \times (327 \text{ mm})^2}$$

$$= 0,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f'c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'c}} \right]$$

$$= 0,00054$$

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \times B \times d$$

$$= 0,00054 \times 1250 \text{ mm} \times 327 \text{ mm}$$

$$= 220,35 \text{ mm}^2$$

$$A_{Smin} = 0,002 \times B \times ht$$

$$= 0,002 \times 1250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$

$$= 800 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan lentur :

$$n = 8$$

$$A_{Spakai} = n \left(\frac{1}{4} \pi d_b^2 \right)$$

$$= 8 \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \right)$$

$$= 1061,32 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai = 8D13

Jarak Tulangan lentur :

$$S = \frac{B - (2 \times \text{selimut pondasi})}{n - 1} = \frac{1250 \text{ mm} - (2 \times 60 \text{ mm})}{8 - 1} = 161,43 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

Maka tulangan yang digunakan = D13-150

- Cek panjang penyaluran tulangan lentur

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \frac{280 \text{ Mpa} \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25 \text{ Mpa}}} \times 13 \text{ mm} = 347 \text{ mm}$$

Panjang penyaluran yang tersedia

$$= 1 - \text{selimut pondasi} = 425 \text{ mm} - 60 \text{ mm} = 365 \text{ mm}$$

$$347 \text{ mm} > 347 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

- Cek transfer beban pondasi

1. Kuat tumpu pada dasar kolom N_1

$$\begin{aligned} P_u &= 250,42 \text{ kN} \\ N_1 &= \phi(0,85 f'_c A_2) \\ &= 0,65 (0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times (400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm})) \\ &= 2210000 \text{ N} \\ &= 2210 \text{ kN} \\ 2210 \text{ kN} &> 250,42 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

2. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi N_2

$$\begin{aligned} \text{Luas pondasi}(A) &= B \times L \\ &= 1250 \text{ mm} \times 1250 \text{ mm} \\ &= 1562500 \text{ mm}^2 \\ \text{Luas kolom}(A_2) &= h \times t \\ &= 400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \\ &= 160000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A}} = 0,32$$

- Tulangan stek tambahan

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan minimum} &= 0,005 \times A_2 \\ &= 800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan tulangan :

$$\begin{aligned} n &= 6 \\ A_{\text{pakai}} &= n \left(\frac{1}{4} \pi d_b^2 \right) \\ &= 6 \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times (13 \text{ mm})^2 \right) \\ &= 795,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai = 6D13

- Cek panjang penyaluran tulangan stek

$$\begin{aligned} l_{dc} &= \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0,24 \times 280 \text{ Mpa}}{1 \sqrt{25 \text{ Mpa}}} \times 13 \text{ mm} \\ &= 174,72 \text{ mm} \end{aligned}$$

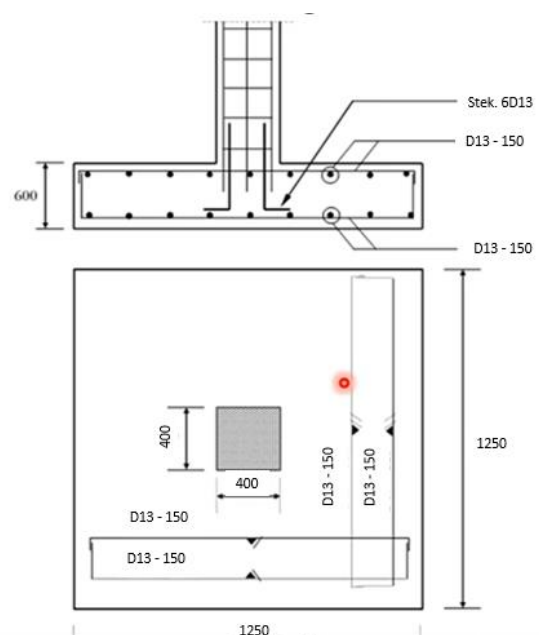
$$\begin{aligned} l_d &= 0,043 d_b f_y \\ &= 0,043 \times 13 \text{ mm} \times 280 \text{ Mpa} \\ &= 156,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_d = 200 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ terbesar} < h_t$$

$$200 \text{ mm} < 400 \text{ mm} \text{ (Terpenuhi)}$$

- Gambar desain pondasi



Gambar 3. Gambar desain tulangan pondasi

SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

- Dalam perhitungan daya dukung tanah dengan asumsi lebar pondasi = 1,25m panjang pondasi = 1,25m tebal pondasi = 0,4m pondasi kuat menahan beban yang diterima dari gudang yang disalurkan dari kolom.
- Untuk penulangan pondasi didapatkan untuk tulangan lentur memakai diameter 13mm dengan banyak tulangan 8 buah dan jarak 200mm. sedangkan untuk tulangan stek memakai tulangan 6D13

REFERENSI

Setiawan, Agus. 2020. "Menghitung Lentur Pondasi Telapak Beton". <https://youtu.be/fVzAPmsZ>

OBI.

Universitas Pembangunan Jaya. “Panjang Penyaluran, Sambungan Lewatan dan Penjangkaran Tulangan”. <http://www.ocw.upj.ac.id/files/Slide-CIV204-CIV204-slide-15.pdf>

Pondasi

Utami, G. S. dan Damayanti, D. A. (2013). “Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah Di Bawah Pondasi Dangkal”. Surabaya