

Perhitungan Struktur Bawah Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

Ricky Kurniawan¹, Aidil Abrar², Halimatusadiyah³

¹Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Dumai, Indonesia

^{2,3}Tenaga Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Dumai,
Dumai, Indonesia

Email : rickykurnwn@gmail.com

ABSTRAK

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lain di atasnya. Ada dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dalam terbagi menjadi dua, yaitu pondasi bor dan pondasi tiang. Dalam Perencanaan Pondasi tiang digunakan pendekatan untuk memprediksi daya dukung dari pondasi. Pendekatan tersebut dapat didasarkan pada kondisi tanah serta pembebanan yang ada dengan menggunakan berbagai metode. Penelitian yang dilakukan yaitu perhitungan struktur bawah gedung baru sekolah tinggi teknologi dumai. Data tanah yang digunakan untuk menghitung daya dukung tiang yaitu berdasarkan data Sondir (*Cone Penetration Test*). Metode yang digunakan yaitu metode Bagemann. Terdapat dua jenis tiang pancang spun pile yang dinalisis dalam penelitian ini dengan variasi diameter 30 cm dan 40 cm. Hasil dari analisis Struktur Bawah Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai menggunakan metode Bagemann diketahui bahwa tiang pancang spun pile diameter 30 cm dengan kedalaman 8 m memiliki daya dukung gaya aksial sebesar 701,44 kN dan daya dukung gaya lateral sebesar 160,67 kN. Dan tiang pancang spun pile diameter 40 cm dengan kedalaman 8 m memiliki daya dukung gaya lateral sebesar 988,35 kN dan daya dukung gaya lateral sebesar 270 kN.

Kata kunci: Tiang pancang, Daya Dukung, *Cone Penetration Test*, Efisiensi Tiang

ABSTRACT

The foundation is the structure of the lower part of the building that is directly related to the ground, which has the function of carrying the burden of other parts of the building above it. There are two types, namely shallow foundations and deep foundations. Deep foundations are divided into two, namely drill foundations and pile foundations. In Pile Foundation Planning an approach is used to predict the bearing capacity of the foundation. The approach can be based on soil conditions and existing loading using various methods. The research carried out is the calculation of the structure under the new building of the Dumai High School of Technology. The soil data used to calculate the bearing capacity of the pile is based on Sondir data (Cone Penetration Test). The method used is the Bagemann method. There are two types of spun piles analyzed in this study with diameter variations of 30 cm and 40 cm. The results of the analysis of the Lower Structure of the Dumai High School of Technology using the Bagemann method found that the 30 cm diameter spun pile pile with a depth of 8 m has an axial force bearing capacity of 701.44 kN and a lateral force bearing capacity of 160.67 kN. And the spun pile diameter of 40 cm with a depth of

8m has a lateral force bearing capacity of 988.35 kN and a lateral force bearing capacity of 270 kN.

Keywords: *Piles, Bearing Capacity, Cone Penetration Test, Pile Efficiency.*

Pendahuluan

Wilayah Indonesia merupakan wilayah rawan bencana gempa dan letusan gunung berapi. Sehingga perencanaan struktur gedung tahan gempa sangat penting dilakukan mengingat pada suatu kondisi beban gempa lebih dominan dari pada beban axial akibat dari beban gravitasi bumi. Gempa besar terjadi di Indonesia seperti gempa Aceh 2004 yang mengakibatkan tsunami, gempa Nias 2005, dan gempa Yogyakarta 2006, gempa Padang 2009, dan gempa Palu 2019. Gempa - gempa tersebut besarnya di luar ruang lingkup peta gempa SNI 2002 yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur.

Pondasi sebagai struktur bawah dibagi dalam dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi ini tergantung kepada jenis struktur atas, apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga jenis tanah. Untuk konstruksi beban ringan dan kondisi permukaan tanah yang cukup baik, biasanya jenis pondasi dangkal sudah memadai. Dalam menentukan jenis pondasi suatu bangunan harus mempertimbangkan keadaan tanah, metode pelaksanaannya di lapangan dan lain sebagainya.

Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai data dukung (*bearing capacity*), yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam. Pondasi tiang pancang ini sendiri berfungsi untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (*upper structure*) kelapisan tanah yang dalam.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian pada tugas tugas akhir yang berjudul “Perhitungan Struktur Bawah Gedung Baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai”, yang berlokasi di Jalan Soekarno – Hatta Dumai, Riau. Penelitian ini dilakukan pada bulan September tahun 2021 sampai dengan Agustus tahun 2022.

Gedung ini terdiri dari struktur beton bertulang 4 lantai yang beralamatkan di Jl. Soekarno – Hatta Dumai, Riau. Data struktur dari gedung tersebut antara lain:

Nama Gedung : Gedung Baru STT Dumai

Lokasi : Jl. Soekarno – Hatta, Dumai, Riau

Jumlah Lantai : 4 Lantai

Fungsi Gedung: Sekolah

Tinggi Tiap Lantai

Lantai 1 : 4,80 meter

Lantai 2 : 4,00 meter

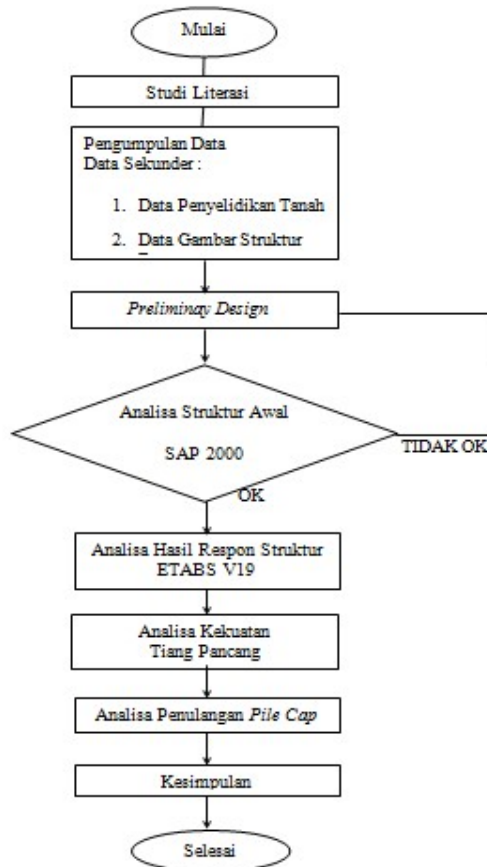
Lantai 3 : 5,00 meter

Tinggi atap : 0,65 meter

Mutu Bahan

1. Mutu Beton Pelat, Kolom, Balok, f'c 30 MPa

2. Mutu Baja Tulangan Utama BJTS 420, f_y 420 MPa
3. Mutu Baja Tulangan Geser BJTP 280, f_y 280 MPa
4. Mutu Baja Profil BJ 37
 - a. F_y : 240 MPa
 - b. F_u : 370 Mpa



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Kekuatan Tiang Pancang

Dalam melakukan analisis kekuatan tiang pancang terlebih dahulu diketahui dimensi tiang pancang yang digunakan, dan data tanah lokasi bangunan yang akan di analisis.

1. Data struktur
 - a. Diameter tiang pancang = 0,40 meter
 - b. Panjang tiang pancang = 8 meter
 - c. Kekuatan tiang pancang = 30 MPa

- d. Berat beton bertulang = 24 kN/m³
2. Faktor reduksi kekuatan
 Berdasarkan SNI 2847 : 2019 pasal 21.1 tentang faktor reduksi kekuatan sebagai berikut:

Tabel 1 Faktor reduksi kekuatan

Gaya	Ø
Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90
Geser	0,75

Sumber: SNI 2847 : 2019

Pada Buku The Reinforced Concrete Design Handbook A Companion to ACI 318M – 14, nilai faktor reduksi kekuatan gaya axial padabab 9 nilai faktor reduksi kekuatan gaya axial diambil sebesar 0,65.

3. Data tanah

Data tanah yang digunakan merupakan hasil dari praktikum mekanika tanah di jurusan Teknik Sipil Sekolah Tinggi Teknologi Dumai yang dilaksanakan pada tahun 2018.

Tabel 2 Data Tanah

Hasil Pengujian		Data Laboratorium			Sondir	
Kedalaman	Jenis	Cu	□□	Qc	qf	
Z1 (m)	Z2 (m)	(kN/m ²)	(kN/m ³)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	
0	1	Clay	0,27	13,05	4	10
1	2	Clay	0,67	13,05	10	25
2	3	Clay	2,67	13,05	40	60
3	4	Clay	5,00	13,05	75	110
4	5	Clay	8,00	13,05	120	200
5	6	Clay	5,00	13,05	75	135
6	7	Peat	11,33	13,05	170	250
7	8	Peat	2,67	13,05	40	160

Sumber: Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, 2018

Analisis Tahanan Aksial Tiang pancang Diameter 40 cm

Analisis tahanan aksial tiang pancang berdasarkan metode Bagemann :

Berdasarkan hasil uji Cone Penetration Test (CPT) di Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, pada kedalaman 8 meter didapati nilai tahanan ujung konus 40 kg/cm². Nilai hasil uji CPT sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil uji CPT

No	Kedalaman		L ₁	Qc	Qf
	z ₁ (m)	z ₂ (m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
1	0,00	1,00	1,0	4,00	10
2	1,00	2,00	1,0	10,00	25
3	2,00	3,00	1,0	40,00	60
4	3,00	4,00	1,0	75,00	110

5	4,00	5,00	1,0	120,00	200
6	5,00	6,00	1,0	75,00	135
7	6,00	7,00	1,0	170,00	250
8	7,00	8,00	1,0	40,00	160

Sumber: Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, 2018

a. Tahanan ujung

Tahanan konus tiang pancang = 4000 kN/m²

Faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang □□□ 0,65

Tahanan ujung nominal tiang pancang

$$P_b = 0,50 \times 0,1257 \times 4000 = 326,726 \text{ kN}$$

b. Tahanan gesek

Kedalaman 0 – 1 meter

Kedalaman 1 meter

$$P_{s_{0-1}} = 1,2566 \times 10 = 12,57 \text{ kN}$$

Kedalaman 1 – 2 meter

$$P_{s_{1-2}} = 1,2566 \times 25 = 31,42 \text{ kN}$$

Kedalaman 2 – 3 meter

$$P_{s_{2-3}} = 1,2566 \times 60 = 75,40 \text{ kN}$$

Kedalaman 3 – 4 meter

$$P_{s_{3-4}} = 1,2566 \times 110 = 138,23 \text{ kN}$$

Kedalaman 4 – 5 meter

$$P_{s_{4-5}} = 1,2566 \times 200 = 251,33 \text{ kN}$$

Kedalaman 5 – 6 meter

$$P_{s_{5-6}} = 1,2566 \times 135 = 169,65 \text{ kN}$$

Kedalaman 6 – 7 meter

$$P_{s_{6-7}} = 1,2566 \times 250 = 314,16 \text{ kN}$$

Kedalaman 7 – 8 meter

$$P_{s_{7-8}} = 1,2566 \times 160 = 201,06 \text{ kN}$$

Total tahanan gesek

$$\sum P_s$$

$$= 12,57 + 31,42 + 75,40 + 138,23 + 251,33 + 169,65 + 314,16 + 201,06 = 1193,81 \text{ kN}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$P_n = (471,239 + 1193,81) = 1520,53 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1520,53 \times 0,65 = 988,35 \text{ kN}$$

Tabel 4 Rekapitulasi perhitungan tahanan gesek

No	Kedalaman		L ₁ (m)	A _s (m ²)	q _f (kN/m ²)	P _s (kN)
	z ₁ (m)	z ₂ (m)				
1	0,00	1,00	1,0	1,2566	10,00	12,57
2	1,00	2,00	1,0	1,2566	25,00	31,42
3	2,00	3,00	1,0	1,2566	60,00	75,40
4	3,00	4,00	1,0	1,2566	110,00	138,23
5	4,00	5,00	1,0	1,2566	200,00	251,33
6	5,00	6,00	1,0	1,2566	135,00	169,65
7	6,00	7,00	1,0	1,2566	250,00	314,16
8	7,00	8,00	1,0	1,2566	160,00	201,06
					P _s = Σ [A _s * q _f] =	1193,81

Sumber: Penulis, 2022

Analisis Tahanan Lateral Tiang Pancang Diameter 40 cm

Analisis tahanan lateral tiang pancang berdasarkan metode Broms. Analisis tahanan lateral tiang pancang berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)

$$K_1 = 108 \text{ MN/m}^3 = 108000 \text{ kN/m}^3$$

Modulus subgrade horizontal

$$K_h = \frac{108000}{1,5} = 72000 \text{ kN/m}^2$$

Modulus elastisitas tiang

$$E_c = 4700 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 25742960 \text{ kN/m}^2$$

Momen inersia penampang

$$I_c = \frac{3,14 \times 0,4^4}{64} = 0,001257 \text{ m}^4$$

Jarak beban lateral terhadap muka tanah $e = 0,15 \text{ m}$

Defleksi tiang maksimum = $0,022 \text{ m}$

Koefisien defleksi tiang

$$\beta = \left(\frac{72000 \times 0,40}{4 \times 25742960 \times 0,001257} \right)^{0,25} = 0,6868$$

Kontrol tiang pancang

$0,6868 \times 8 > 2,5$, termasuk tiang panjang (OK)

Tahanan lateral nominal tiang pancang

$$H_n = \left(\frac{0,022 \times 72000 \times 0,4}{2 \times 0,6868 \times (0,15 \times 0,6868 + 1)} \right) = 418,15 \text{ kN}$$

$$\phi H_n = 418,15 \times 0,65 = 271,80 \text{ kN}$$

Analisis Tahanan Aksial Tiang pancang Diameter 30 cm

Analisis tahanan aksial tiang pancang berdasarkan metode Bagemann :

Berdasarkan hasil uji Cone Penetration Test (CPT) di Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, pada kedalaman 8 meter didapati nilai tahanan ujung konus 40 kg/cm^2 .

Tahanan ujung

Tahanan konus tiang pancang = 4000 kN/m^2

Faktor reduksi nilai tahanan ujung nominal tiang $\omega = 0,65$

Tahanan ujung nominal tiang pancang

$$P_b = 0,50 \times 0,0707 \times 4000 = 183,783 \text{ kN}$$

c. Tahanan gesek

Kedalaman 0 – 1 meter

$$\text{Kedalaman 1 meter } P_{s_{0-1}} = 0,9425 \times 10 = 9,42 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 1 – 2 meter } P_{s_{1-2}} = 0,9425 \times 25 = 23,56 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 2 – 3 meter } P_{s_{2-3}} = 0,9425 \times 60 = 56,55 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 3 – 4 meter } P_{s_{3-4}} = 0,9425 \times 110 = 103,67 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 4 – 5 meter } P_{s_{4-5}} = 0,9425 \times 200 = 188,50 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 5 – 6 meter } P_{s_{5-6}} = 0,9425 \times 135 = 127,23 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 6 – 7 meter } P_{s_{6-7}} = 0,9425 \times 250 = 235,62 \text{ kN}$$

$$\text{Kedalaman 7 – 8 meter } P_{s_{7-8}} = 0,9425 \times 160 = 150,80 \text{ kN}$$

Total tahanan gesek

$$\sum P_s = 9,42 + 23,56 + 56,55 + 103,67 + 188,50 + 127,23 + 235,62 + 150,80$$

$$= 865,35 \text{ kN}$$

$$\text{Tahanan aksial tiang pancang } P_n = (183,783 + 865,35) = 1079,14 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 1079,14 \times 0,65 = 701,44 \text{ kN}$$

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan tahanan gesek

No	Kedalaman		L ₁ (m)	A _s (m ²)	q _f (kN/m ²)	P _s (kN)
	z ₁ (m)	z ₂ (m)				
1	0,00	1,00	1,0	0,9425	10,00	9,42
2	1,00	2,00	1,0	0,9425	25,00	23,56
3	2,00	3,00	1,0	0,9425	60,00	56,55
4	3,00	4,00	1,0	0,9425	110,00	103,67
5	4,00	5,00	1,0	0,9425	200,00	188,50
6	5,00	6,00	1,0	0,9425	135,00	127,23
7	6,00	7,00	1,0	0,9425	250,00	235,62
8	7,00	8,00	1,0	0,9425	160,00	150,80
P _s = Σ [A _s · q _f] =						895,35

Sumber: Penulis, 2022

Analisis Tahanan Lateral Tiang Pancang Diameter 30 cm

Analisis tahanan lateral tiang pancang berdasarkan metode Broms. Analisis tahanan lateral tiang pancang berdasarkan defleksi tiang maksimum (Broms)

$$K_1 = 108 \text{ MN/m}^3 = 108000 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Modulus subgrade horizontal } K_h = \frac{108000}{1,5} = 72000 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Modulus elastisitas tiang } E_c = 4700 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 25742960 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Momen inersia penampang } I_c = \frac{3,14 \times 0,3^4}{64} = 0,000398 \text{ m}^4$$

$$\text{Jarak beban lateral terhadap muka tanah } e = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Defleksi tiang maksimum} = 0,022 \text{ m}$$

$$\text{Koefisien defleksi tiang } \beta = \left(\frac{72000 \times 0,40}{4 \times 25742960 \times 0,000398} \right)^{0,25} = 0,8523$$

Kontrol tiang pancang

$$0,8523 \times 8 > 2,5, \text{ termasuk tiang panjang (OK)}$$

$$\text{Tahanan lateral nominal tiang pancang } H_n = \left(\frac{0,022 \times 72000 \times 0,3}{2 \times 0,8523 \times (0,15 \times 0,8523 + 1)} \right) = 247,19 \text{ kN}$$

$$\phi H_n = 247,19 \times 0,65 = 160,67 \text{ kN}$$

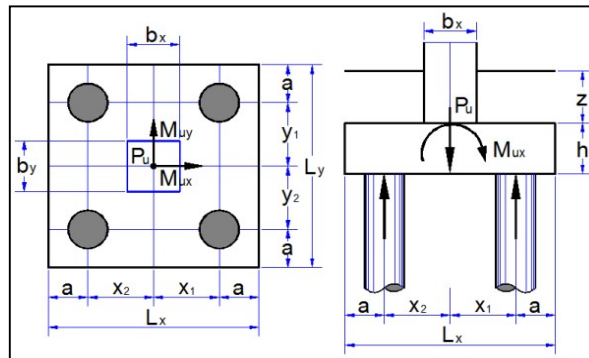
Perhitungan Pondasi 4 Tiang Pancang Diameter 40 cm

Perhitungan 4 tiang pancang merupakan pondasi pada titik krusial pada struktur gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai. Yang dimaksudkan titik krusial adalah dimana gaya – gaya yang terjadi pada perletakan merupakan gaya – gaya yang besar dari pada perletakan yang lainnya hasil dari analisis struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai.

1. Data struktur

Kuat tekan beton, f _c '	= 30 MPa
Kuat leleh baja tulangan D16, f _y	= 420 MPa
Kuat leleh baja tulangan Ø12 f _y	= 280 MPa
Lebar kolom pedestal arah x	= 0,45 m
Lebar kolom pedestal arah y	= 0,45 m
Jarak tiang pancang terhadap sisi luar beton	= 0,35 m

- Tebal pilecap = 0,8 m
 Tebal tanah diatas pilecap = 1,20 m
 Berat volume tanah diatas pilecap = 19,75 kN/m³
 Posisi kolom, α_s = 40
2. Data beban pondasi
 Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, P_{uk} = 2474,65 kN
 Momen arah x akibat beban terfaktor, M_{ux} = 204,46 kN.m
 Momen arah y akibat beban terfaktor, M_{uy} = 198,02 kN.m
 Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor, H_{ux} = 586,46 kN
 Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor, H_{uy} = 556,95 kN
 Kekuatan nominal aksial tiang pancang
 Tahanan aksial tiang pancang, ϕP_n = 998,35 kN
 Tahanan lateral tiang pancang, ϕH_n = 270,00 kN
3. Susunan tiang pancang



Gambar 1 Perkiraan susunan 4 tiang pancang

Tabel 6 Susunan tiang pancang

No.	Jumlah	X	$n \cdot x^2$	No.	Jumlah	Y	$n \cdot y^2$
	N	(m)	(m ²)		N	(m)	(m ²)
1	2	0,50	0,50	1	2	0,50	0,50
2	2	-0,50	0,50	2	2	-0,50	0,50
n = 4		$S x^2 =$	1,00	n = 4		$S y^2 =$	1,00

Sumber: Penulis, 2022

Lebar pilecap arah x, $L_x = 0,5 + 0,5 + (2 \times 0,35) = 1,70$ m

Lebar pilecap arah y, $L_y = 0,5 + 0,5 + (2 \times 0,35) = 1,70$ m

4. Gaya aksial pada tiang pancang

Berat tanah diatas pilecap, $W_s = 1,70 \times 1,70 \times 1,20 \times 19,75 = 68,49$ kN

Berat pilecap, $W_c = 1,70 \times 1,70 \times 0,80 \times 24 = 55,49$ kN

Total gaya aksial terfaktor

$$P_u = 2474,65 + (1,2 \times 68,49) + (1,2 \times 55,49) = 2623,43 \text{ kN}$$

Lengan maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat, $x_{max} = 0,50$ m

Lengan maksimum tiang pancang arah y terhadap pusat, $y_{max} = 0,50$ m

Lengan maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat, $x_{min} = -0,50$ m

Lengan maksimum tiang pancang arah y terhadap pusat, $y_{min} = -0,50$ m

Gaya aksial maksimum

$$P_{u_{max}} = \frac{2623,43}{4} + \frac{204,46 \times 0,50}{1} + \frac{198,02 \times 0,5}{1} = 857,10 \text{ kN}$$

$$P_{u_{\min}} = \frac{2623,43}{4} + \frac{204,46x(-0,50)}{1} + \frac{198,02x(-0,5)}{1} = 454,62 \text{ kN}$$

Kontrol nilai gaya aksial 857,10 kN < 988,35 kN, gaya aksial maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya aksial nominal penampang. Penampang memenuhi.

5. Gaya lateral pada tiang pancang

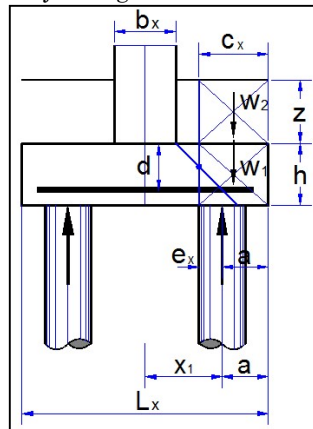
$$\text{Gaya lateral arah } x, h_{u_x} = \frac{586,46}{4} = 146,62 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya lateral arah } y, h_{u_y} = \frac{556,95}{4} = 139,24 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya lateral kombinasi 2 arah, } h_{u_{\max}} = \sqrt{146,62^2 + 139,24^2} = 202,20 \text{ kN}$$

Kontrol nilai gaya lateral 202,20 kN < 270 kN, gaya lateral maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya lateral nominal penampang. Penampang memenuhi.

6. Tinjauan geser arah x



Gambar 2 Ilustrai potongan arah x 4 tiang

Tebal selimut beton = 0,05 m

Tebal efektif pilecap, $d' = 0,80 - 0,05 = 0,750 \text{ m}$

Jarak bidang kritis terhadap sisi luar, $C_x = \frac{1,70 - 0,45 - 0,750}{2} = 0,250 \text{ m}$

Berat beton, $W_c = 0,250 \times 1,70 \times 0,80 \times 24 = 8,160 \text{ kN}$

Berat tanah, $W_s = 0,250 \times 1,70 \times 1,20 \times 19,75 = 10,073 \text{ kN}$

Gaya geser arah x, $V_{ux} = 2 \times 857,10 - 8,160 - 10,073 = 1695,967 \text{ kN}$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, $\beta_c = \frac{0,45}{0,45} = 1$

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari 3 persamaan dibawah ini:

$$\text{Persamaan 1, } V_c = \frac{1+2}{1} \times \frac{\sqrt{30} \times 1700 \times 750 \times 0,750}{6 \times 10^{-3}} = 3491,731 \text{ kN}$$

$$\text{Persamaan 2, } V_c = \frac{40 \times 750}{1700 + 2} \times \frac{\sqrt{30} \times 1700 \times 750}{12 \times 10^{-3}} = 11433,708 \text{ kN}$$

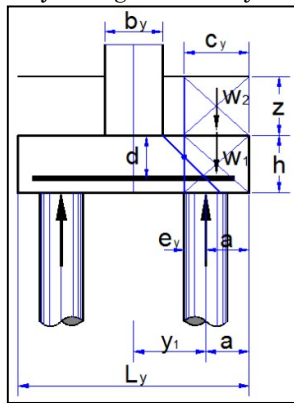
$$\text{Persamaan 3, } V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 1700 \times 750 \times 10^{-3} = 2327,821 \text{ kN}$$

Dari 3 persamaan diatas, diambil nilai $V_c = 2327,821 \text{ kN}$

Kuat geser pilecap arah x nominal, $\phi V_c = 2327,821 \times 0,75 = 1745,866 \text{ kN}$

Kontrol nilai gaya geser arah x 1695,967 kN < 1745,866 kN, gaya geser maksimum arah x yang terjadi lebih kecil dari gaya geser nominal arah x

7. Tinjauan geser arah y



Gambar 3 Ilustrai potongan arah x 4 tiang

Tebal selimut beton = 0,05 m

Tebal efektif pilecap, $d' = 0,80 - 0,05 = 0,750$ m

Jarak bidang kritis terhadap sisi luar, $Cy = \frac{1,70 - 0,45 - 0,750}{2} = 0,250$ m

Berat beton, $Wc = 0,250 \times 1,70 \times 0,80 \times 24 = 8,160$ kN

Berat tanah, $Ws = 0,250 \times 1,70 \times 1,20 \times 19,75 = 10,073$ kN

Gaya geser arah y, $Vuy = 2 \times 857,10 - 8,160 - 10,073 = 1695,967$ kN

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, $\beta_c = \frac{0,45}{0,45} = 1$

Kuat geser pile cap arah y, diambil nilai terkecil dari 3 persamaan dibawah ini:

$$\text{Persamaan 1, } Vc = \frac{1+2}{1} \times \frac{\sqrt{30} \times 1700 \times 750 \times}{6 \times 10^{-3}} = 3491,731 \text{ kN}$$

$$\text{Persamaan 2, } Vc = \frac{40 \times 750}{1700 + 2} \times \frac{\sqrt{30} \times 1700 \times 750}{12 \times 10^{-3}} = 11433,708 \text{ kN}$$

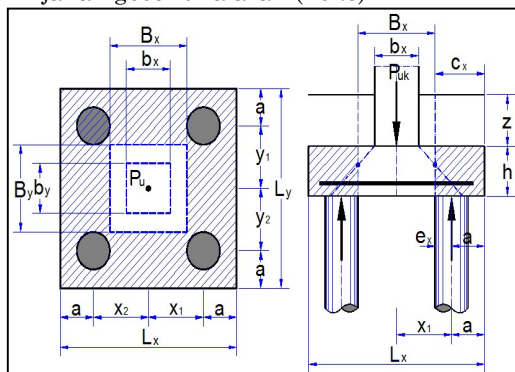
$$\text{Persamaan 3, } Vc = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 1700 \times 750 \times 10^{-3} = 2327,821 \text{ kN}$$

Dari 3 perssamaan diatas, diambil nilai $Vc = 2327,821$ kN

Kuat geser pilecap arah y nominal, $\phi Vc = 2327,821 \times 0,75 = 1745,866$ kN

Kontrol nilai gaya geser arah y $1695,967 \text{ kN} < 1745,866 \text{ kN}$, gaya geser maksimum arah x yang terjadi lebih kecil dari gaya geser nominal arah y

8. Tinjauan geser dua arah (*Pons*)



Gambar 4 Ilustrasi peninjauan geser dua arah Tebal selimut beton = 0,05 m

Tebal efektif pilecap, $d' = 0,80 - 0,05 = 0,750$ m

Luas bidang geser pons, $Bx = 0,45 + 0,750 = 1,200$ m

Luas bidang geser pons, $By = 0,45 + 0,750 = 1,200$ m

Luas bidang geser *pons*, $A_p = 2x(1,200 + 1,200) \times 0,750 = 3,600 \text{ m}^2$

Lebar bidang geser *pons*, $b_p = 2x(1,200 + 1,200) = 4,800 \text{ m}$

Tegangan geser *pons*, diambil nilai terkecil dari 3 persamaan dibawah ini:

Persamaan 1, $f_p = \frac{1+2}{1} \times \frac{\sqrt{30}}{6} = 2,739 \text{ MPa}$

Persamaan 2, $f_p = \frac{40 \times 0,750}{4,800 + 2} \times \frac{\sqrt{30}}{12} = 3,766 \text{ MPa}$

Persamaan 3, $f_p = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} = 1,826 \text{ MPa}$

Dari 3 persamaan diatas, diambil nilai $f_p = 1,826 \text{ MPa}$

Kuat geser *pons* nominal $\phi V_{np} = 0,75 \times 3,600 \times 1,826 \times 10^3 = 4929,50 \text{ kN}$

Kontrol nilai gaya geser *pons* $2474,65 \text{ kN} < 4929,503 \text{ kN}$, gaya axial maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya geser nominal *pons*.

9. Tulangan susut

Berdasarkan SNI 2847 : 2019, pasal 24.4.3.2, rasio tulangan susut dan suhu minimum untuk $f_y 420 \text{ MPa}$ diambil 0,0014.

Luas tulangan susut arah x, $A_{s_x} = 0,0014 \times 1700 \times 750 = 1785 \text{ mm}^2$

Luas tulangan susut arah y, $A_{s_y} = 0,0014 \times 1700 \times 750 = 1785 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan D12

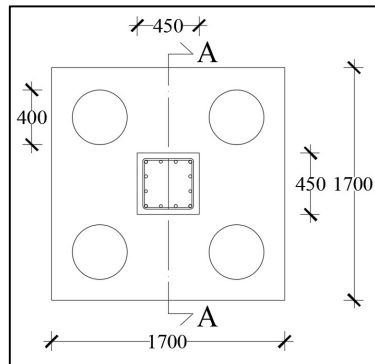
Jarak tulangan susut arah x dan arah y, $S_x = S_y = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \times 1700}{1785} = 108 \text{ mm}$

Jarak tulangan maksimum, $S_{max} = 200 \text{ mm}$

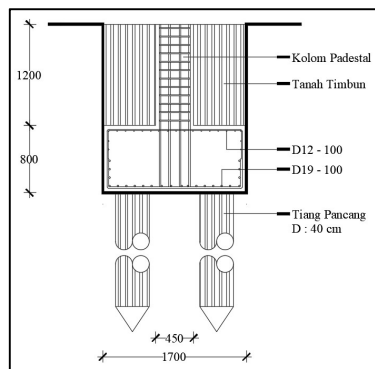
Jarak tulangan yang digunakan, $S = 108 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$

Digunakan tulangan susut arah x $\phi 12 - 100$

Digunakan tulangan susut arah y $\phi 12 - 100$



Gambar 5 Tampak atas pondasi 4 tiang



Gambar 6 Potongan A – A pondasi 4 tiang

Perhitungan Pondasi 2 Tiang pancang Diameter 30 cm

Perhitungan 2 tiang pancang merupakan pondasi pada titik krusial pada struktur gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai. Yang dimaksudkan titik krusial adalah dimana gaya – gaya yang terjadi pada perletakan merupakan gaya – gaya yang besar dari pada perletakan yang lainnya hasil dari analisis struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai.

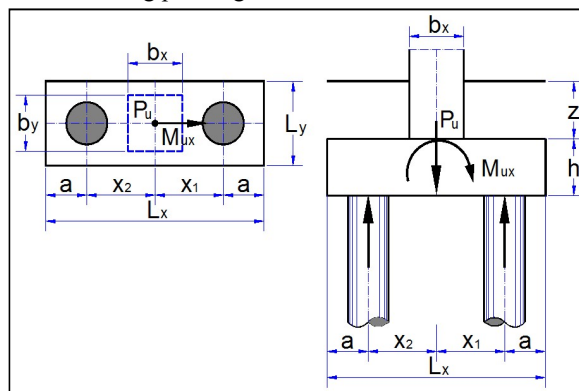
1. Data struktur

Kuat tekan beton, f_c'	= 30 MPa
Kuat leleh baja tulangan D16, f_y	= 420 MPa
Kuat leleh baja tulangan $\varnothing 12$ fy	= 280 MPa
Lebar kolom pedestal arah x	= 0,4 m
Lebar kolom pedestal arah y	= 0,4 m
Jarak tiang pancang terhadap sisi luar beton	= 0,35 m
Tebal pilecap	= 0,6 m
Tebal tanah diatas pilecap	= 1 m
Berat volume tanah diatas pilecap	= 19,75 kN/m ³
Posisi kolom, \square s	= 40

2. Data beban pondasi

Gaya aksial kolom akibat beban terfaktor, P_{uk}	= 861,04 kN
Momen arah x akibat beban terfaktor, M_{ux}	= 58,36 kN.m
Momen arah y akibat beban terfaktor, M_{uy}	= 42,52 kN.m
Gaya lateral arah x akibat beban terfaktor, H_{ux}	= 17,11 kN
Gaya lateral arah y akibat beban terfaktor, H_{uy}	= 12,21 kN
Kekuatan nominal aksial tiang pancang	
Tahanan aksial tiang pancang, ϕP_n	= 701,44 kN
Tahanan lateral tiang pancang, ϕH_n	= 160,67 kN

3. Susunan tiang pancang



Gambar 7 Perkiraan susunan 4 tiang pancang

Tabel 7 Susunan tiang pancang

No.	Jumlah N	X (m)	$n \cdot x^2$ (m ²)	No.	Jumlah N	y (m)	$n \cdot y^2$ (m ²)
1	2	0,50	0,50	1	2	0	0
2	2	-0,50	0,50	2	2	0	0
n =	4	$\sum x^2 =$	1,00	n =	4	$\sum y^2 =$	0

Sumber: Penulis, 2022

Lebar pilecap arah x, $L_x = 0,5 + 0,5 + (2 \times 0,35) = 1,70$ m
 Lebar pilecap arah y, $L_y = 2 \times 0,35 = 0,70$ m

4. Gaya aksial pada tiang pancang

Berat tanah diatas pilecap, $W_s = 1,70 \times 0,70 \times 1,00 \times 19,75 = 23,50$ kN

Berat pilecap, $W_c = 1,70 \times 0,70 \times 0,60 \times 24 = 17,14$ kN

Total gaya aksial terfaktor

$$P_u = 861,04 + (1,2 \times 23,50) + (1,2 \times 17,14) = 909,81 \text{ kN}$$

Lengan maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat, $x_{\max} = 0,50$ m

Lengan maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat, $x_{\min} = -0,50$ m

Gaya aksial maksimum

$$P_{u_{\max}} = \frac{909,81}{2} + \frac{58,36 \times 0,50}{1} = 513,26 \text{ kN}$$

$$P_{u_{\min}} = \frac{2623,43}{4} + \frac{58,36 \times (-0,50)}{1} = 396,55 \text{ kN}$$

Kontrol nilai gaya aksial $513,26 \text{ kN} < 701,44 \text{ kN}$, gaya aksial maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya aksial nominal penampang. Penampang memenuhi.

5. Gaya lateral pada tiang pancang

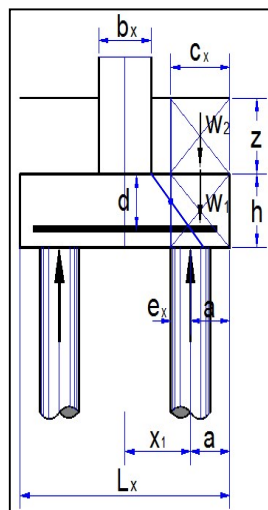
Gaya lateral arah x, $h_{u_x} = \frac{17,11}{2} = 8,56$ kN

Gaya lateral arah y, $h_{u_y} = \frac{12,21}{2} = 6,10$ kN

Gaya lateral kombinasi 2 arah, $h_{u_{\max}} = \sqrt{8,56^2 + 6,10^2} = 10,51$ kN

Kontrol nilai gaya lateral $10,51 \text{ kN} < 160,67 \text{ kN}$, gaya lateral maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya lateral nominal penampang. Penampang memenuhi.

6. Tinjauan geser



Gambar 8 Ilustrai potongan arah x 2 tiang

Tebal selimut beton = 0,05 m

Tebal efektif pilecap, $d' = 0,60 - 0,05 = 0,550$ m

Jarak bidang kritis terhadap sisi luar, $C_x = \frac{1,70 - 0,40 - 0,550}{2} = 0,375$ m

Berat beton, $W_c = 0,375 \times 0,70 \times 0,60 \times 24 = 3,780$ kN
 Berat tanah, $W_s = 0,375 \times 0,70 \times 1,0 \times 19,75 = 5,184$ kN
 Gaya geser arah x, $V_{ux} = 2 \times 513,26 - 3,780 - 5,184 = 504,3002$ kN
 Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, $\beta_c = \frac{0,4}{0,4} = 1$

Kuat geser pile cap arah x, diambil nilai terkecil dari 3 persamaan dibawah ini:

$$\text{Persamaan 1, } V_c = \frac{1+2}{1} \times \frac{\sqrt{30 \times 700 \times 550} \times x}{6 \times 10^{-3}} = 11054,366 \text{ kN}$$

$$\text{Persamaan 2, } V_c = \frac{40 \times 550}{700+2} \times \frac{\sqrt{30 \times 700 \times 550}}{12 \times 10^{-3}} = 5847,324 \text{ kN}$$

$$\text{Persamaan 3, } V_c = \frac{1}{3} \times \sqrt{30 \times 700 \times 550} \times 10^{-3} = 702,911 \text{ kN}$$

Dari 3 persamaan diatas, diambil nilai $V_c = 702,911$ kN

Kuat geser pilecap arah x nominal, $\phi V_c = 702,911 \times 0,75 = 527,183$ kN

Kontrol nilai gaya geser arah x $504,300 \text{ kN} < 527,183 \text{ kN}$, gaya geser maksimum yang terjadi lebih kecil dari gaya geser nominal.

7. Tulangan lentur

$$\text{Jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap, } C_x = \frac{1,70-0,4}{2} = 0,650 \text{ m}$$

$$\text{Jarak tiang terhadap sisi kolom, } e_x = 0,650 - 0,35 = 0,300 \text{ m}$$

$$\text{Berat beton, } W_c = 0,625 \times 0,70 \times 0,60 \times 24 = 6,552 \text{ kN}$$

$$\text{Berat tanah, } W_s = 0,625 \times 0,70 \times 1,0 \times 19,75 = 8,986 \text{ kN}$$

Momen yang terjadi pada pilecap

$$M_{u_x} = 2 \times 513,26 \times 0,300 \times - \frac{6,552 \times 0,650}{2} - \frac{8,986 \times 0,650}{2} = 302,909 \text{ kN.m}$$

Berdasarkan SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.2.4.3, Nilai faktor distribusi tegangan beton untuk 28 MPa $< f_c' < 55$ MPa

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \times (30 - 28)}{7} = 0,8357$$

$$\text{Rasio tulangan kondisi balance, } \rho_b = \frac{0,8357 \times 0,85 \times 30}{420} \times \frac{600}{600+420} = 0,0298$$

Faktor tahanan momen maksimum

$$R_{max} = 0,75 \times 0,0298 \times 420 \times \frac{1 - \frac{1}{2} \times 0,75 \times 420}{0,85 \times 30} = 7,668$$

Faktor reduksi kekuatan lentur $\phi = 0,80$

$$\text{Momen nominal rencana, } M_n = \frac{302,909}{0,8} = 378,636 \text{ kN.m}$$

$$\text{Faktor tahanan momen nominal rencana, } R_n = \frac{378,636 \times 10^6}{1700 \times 750^2} = 1,7881$$

Kontrol nilai faktor tahanan momen, $1,7881 < 7,668$, nilai faktor tahanan momen nominal lebih kecil dari nilai faktor tahanan momen maksimum, nilai faktor tahanan momen nominal memenuhi.

$$\text{Rasio tulangan perlu, } \rho_{perlu} = 0,85 \times \frac{30}{420} \times \left(1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \times 0,1,7881}{0,85 \times 30}} \right) = 0,0044$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum, } \rho_{max} = 0,75 \times 0,0298 = 0,0224$$

$$\text{Rasio tulangan minimum, } \rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

Kontrol rasio tulangan, $0,0033 < 0,0044 < 0,0224 < 0,0298$, rasio tulangan perlu memenuhi. Maka digunakan rasio tulangan 0,0044.

$$\text{Luas tulangan yang diperlukan, } A_s = 0,044 \times 700 \times 550 = 1701,01 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan D16

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan, } S = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 700}{1701,01} = 117 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan maksimum, } S_{max} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan yang digunakan } S = 117 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan yang terpakai, } \frac{1}{4} \times 16^2 \times 700 = 1984,70 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi diambil 50% dari tulangan pokok

$$A_{s_b} = 50\% \times 1984,70 = 992,35 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan yang diperlukan, } S = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2 \times 700}{992,35} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan $S = 200 \text{ mm}$

Digunakan tulangan pokok, $D16 - 100 \text{ mm}$

Digunakan tulangan bagi, $D16 - 200 \text{ mm}$

8. Tulangan susut

Berdasarkan SNI 2847 : 2019, pasal 24.4.3.2, rasio tulangan susut dan suhu minimum untuk f_y 420 MPa diambil 0,0014.

$$\text{Luas tulangan susut arah x, } A_{s_x} = 0,0014 \times 700 \times 550 = 539 \text{ mm}^2$$

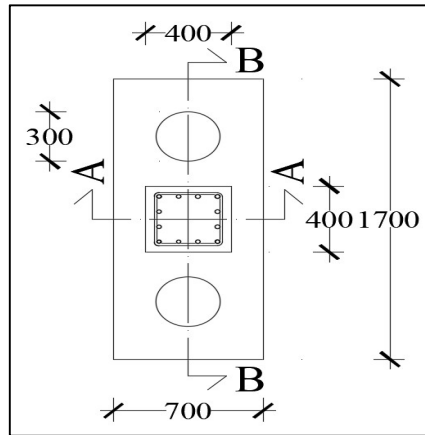
Diameter tulangan yang digunakan D12

$$\text{Jarak tulangan susut arah x dan arah y, } S_x = S_y = \frac{\frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \times 700}{539} = 147 \text{ mm}$$

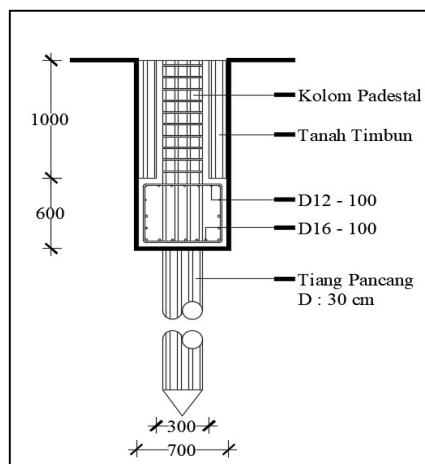
Jarak tulangan maksimum, $S_{\text{max}} = 200 \text{ mm}$

Jarak tulangan yang digunakan, $S = 147 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$

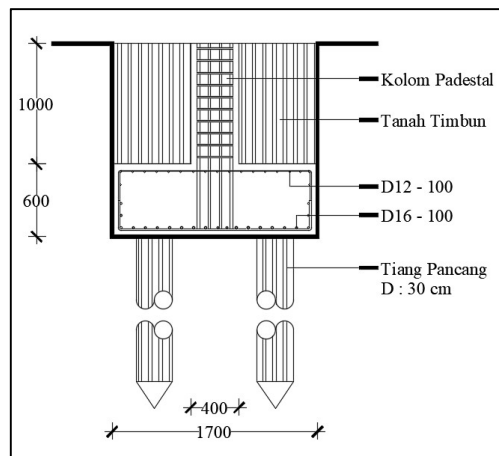
Digunakan tulangan susut arah $\varnothing 12 - 100$



Gambar 9 Tampak atas pondasi 2 tiang



Gambar 10 Potongan A - A pondasi 2 tiang



Gambar 11 Potongan B – B Pondasi 2 Tiang

Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut: Tipe pondasi yang digunakan pada struktur gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai merupakan tipe pondasi dalam dengan tipe tiang pancang berupa *spun pile* dengan kedalaman 8 meter. Tiang pancang *spun pile* yang digunakan pada pondasi gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai berjumlah 4 tiang dan 2 tiang, dimana 2 model tipe tiang pancang ini mempunyai daya dukung mampu menahan beban secara vertikal dan horizontal. Tiang pancang *spun pile* 4 tiang memiliki daya dukung axial sebesar 988,35 kN dan daya dukung lateral 270 kN. Tiang pancang *spun pile* 2 tiang memiliki daya dukung axial sebesar 701,44 kN dan daya dukung lateral 160,67 kN. Adapun saran yang dapat penulis berikan untuk perhitungan struktur atas gedung baru Sekolah Tinggi Teknologi Dumai sebagai berikut: Dalam penelitian berikutnya dapat menguji dengan metode yang lain selain dari metode Bagemann yang dipakai penulis. Dalam penelitian berikutnya perlu dilakukan uji tanah yang menggunakan metode *standart penetration test* (SPT) agar mendapatkan data tanah yang lebih akurat. Dalam penelitian berikutnya dapat menggunakan peraturan SNI tahun 2019 dan SNI tahun 2020 sehingga analisis yang dilakukan memenuhi standar.

Daftar Pustaka

- Afes, Aplikasi. 2019. "Analisi Daya Dukung Pondasi Tiang Gedung RS THALASEMIA BANYUMAS Menggunakan Foundation Banyumas Thalasia Hospital."
- Candra, Agata Iwan, Anasrudin Yusuf, and Amanda Rizky F. 2018. "Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung Lp3M Universitas Kadiri." *Jurnal CIVILA* 3(2):166.
- Dirgananta, Muhammad Fahri. 2018. "Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter Menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar,

- Dan Luciano Decourt.” *Universitas Islam Indonesia* 129.
- Hardiyatmo, H.C., 2008. “Mekanika Tanah dan Perencanaan Pondasi.” Universitas Gajah Mada.
- Husnah. 2015. “Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Pondasi Tissue Block 5 & 6.” *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil* 1(1):15–25.
- Ikhsan, Muhammad Taufik. 2018. “Analisa Daya Dukung Dan Efisiensi Penggunaan Tiang Pancang Pada Tangki Aspal Curah Kapasitas 7.500 KL - Sttdumai Repository.”
- Irawan, Doni, Dewi Kamaratih, Universitas Muhammadiyah, and Kalimantan Timur. 2022. “Borneo Student Research EISSN : 2721-5725 .,” 3(2):2360–65.
- Khusnah, Ismi Sofiyatul, Sara Wibawaning Respati, M. Sc, and Masrul Huda M. A. 2021. “Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Studi Kasus Proyek Pembangunan PT . KALTIM Amonium Nitrat.” 5.
- Nasarani, Hadi Wira. 2014. *Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Beton Pada Proyek Pembangunan Apartment Riverside Malang*. Vol. 39.
- Prasetya, Indra Dwi. 2018. “Studi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang (Spun Pile) Pada Gedung Kantor Pemerintah Kabupaten Lamongan-Jawa Timur.” *Jurnal Eprint* 5–46.
- Takaredase, Jansen. 2016. “Pelaksanaan Pada Pembangunan Gedung Auditorium.” *Tinjauan Perencanaan Pondasi Dan Metode Pelaksanaan Pada Pembangunan Gedung Auditorium Politeknik Negeri Manado*.
- Tanjung, Darlina, and Ahmad Bima Nusa. 2018. “Pengaruh Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gis (Gas Insulated Switch Gear) Di Kecamatan Payung Sekaki Pekanbaru.” *Cetak) Buletin Utama Teknik* 14(1):1410–4520.
- Wiradinata, Rachmat, Abul Fida Ismaili, Program Studi, Teknik Sipil, and Universitas Teknologi Yogyakarta. n.d. “Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Tiang Pancang Pada Abutment 1 Jembatan Kali Comprison Analisis of The Bored Pile Foundation Bearing Capcity with The Pile on Abutment 1 Kkali Serayu Bridge (Case Study : Kali Serayu Bridge Proj.” (1964):5–6.
- Yatnikasari, Santi, Adde Currie Siregar, Maulana Rizki Azis, and Chandra Kusuma. 2022. “Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Gedung Control Room Di Kalimantan Timur.” 5(2).
- Yusup, Arip, and Eko Walujodjati. 2020. “Analisis Pondasi Tiang Pancang Theematic Mall Dan Hotel Majalaya Bandung.” *Jurnal Konstruksi* 17(2):57–65.