

Analisis Struktur Atas pada Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fakultas MIPA UNIMED

Hendra Pilipus Sihotang, Nelson E. Hutahaean, Mahadianto Ong
Program Study Teknik Sipil, Universitas Darma Agung, Medan, Indonesia^{1,2,3}

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 23 Maret 2022

Revised: 23 Maret 2022

Accepted: 25 Maret 2022

Keywords:

Building

Construction project

ABSTRACT

Construction project development in Indonesia is currently quite developed. This can be seen from the many development projects. This comparison can be seen from the various forms of buildings and building structures that are continuously updated to create a sense of comfortable to use. This study aims to analyze the upper structure of the Mathematics and Natural Sciences Faculty Education Building construction project at Medan State University. The structural analysis method used includes modeling and simulation to ensure the safety and comfort of building users. This research contributes to the development of more innovative and efficient building construction techniques.

Keywords : building , Building construction project at Medan State University

Published by

Impression : Jurnal Teknologi dan Informasi

Copyright © 2023 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Corresponding Author:

Author

Department of Engineering, Universitas YMMA Sumut Medan, Indonesia

Jl. Kapten Tandean No.3, Dusun Ampang, Kec. Sliipi., Kota Kupang, Nusa Tenggara, Indonesia 20218

Email: author@gmail.com

PENDAHULUAN

Dalam hal perencanaan pondasi bangunan gedung Pendidikan Fakultas MIPA UNIMED (Universitas Negeri Medan) diperlukan pelaksanaan survey penelitian tanah (soil investigation). Pondasi bangunan dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (shallow foundation) dan pondasi dalam (deep foundation), hal ini tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah. Salah satu pondasi dalam, adalah pondasi tiang bor. Pemilihan jenis pondasi ini disesuaikan dengan: 1). Fungsi dari struktur bangunan yang akan dipikul oleh pondasi, 2). Besarnya beban yang ditumpu pondasi dari bangunan atas, 3). Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan, 4). Biaya yang ekonomis dari pondasi. Berdasarkan hal tersebut, bangunan gedung Fakultas MIPA UNIMED menggunakan pondasi tiang bor. Penggunaan pondasi tiang bor memberikan keuntungan sebagai berikut: 1). Tidak ada resiko kenaikan muka air tanah, 2). Kedalaman tiang dapat divariasikan, 3). Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium, 4). Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak, 5). Penulangannya tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan.

Dalam pelaksanaan pondasi tiang bor perlu diperhatikan beberapa hal antara lain: 1). Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau mengakibatkan yang berkerikil, 2). Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik, 3). Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang, 4).Pembesaran ujung bawah tiang dapat dilakukan bila tanah berupa pasir.

URAIAN TEORI

Tinjauan Umum

Perencanaan pondasi tiang mencakup daya dukung sebagai daya dukung ujung (end bearing pile) maupun daya dukung gesek (friction pile). Sifat tanah yang variabel yang mengkombinasikan dengan beban-beban yang tak diperhitungkan sebelumnya atau gerakan tanah yang terjadi kemudian oleh gempa dapat menyebabkan penurunan berlebihan. Setiap pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Jenis pondasi yang digunakan tergantung pada kondisi tanah dan kondisi sekitarnya. Pondasi yang baik harus mampu menopang beban-beban yang bekerja di atasnya.

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan. Tanah merupakan pendukung dari suatu bangunan. Dalam perencanaan pondasi konstruksi dalam hal ini diperlukan adanya penyelidikan tanah untuk mengetahui parameter-parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah pondasi. Daya dukung tanah sangat berpengaruh pada bentuk dan dimensi pondasi agar diperoleh perencanaan pondasi yang optimal

Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya ortogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang bor yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat keatas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat yang tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat angin. Tiang-tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai pengikat kolom apabila pergerakan kolom tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisi semula. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Balok pada stuktur bangunan merupakan stuktur melintang yang menopang beban horizontal selain itu balok juga berfungsi yaitu: Menambah kekuatan lentur pada pelat a. Menambah kekuatan horizontal pada stuktur bangunan b. Meneruskan beban dinding ke kolom c. Sebagai pengikat kolom (Astri, Masril, and Bastian 2022)

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya ortogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang bor yang terdapat dibawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Pondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat keatas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat yang tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat angin. Tiang-tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. (MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT Rendi and Kurniawan 2021) Berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas:

- 1). Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang merupakan sebuah tiang yang di pancang kedalam tanah sampai kedalaman yang cukup untuk menimbulkan tahanan gesek pada selimutnya atau tahanan ujungnya.

Pemancangan tiang dapat dilakukan dengan memukul kepala tiang dengan palu atau getaran atau dengan penekan secara hidrolis.

2). Tiang Bor

Sebuah tiang bor dikonstruksikan dengan cara menggali sebuah lubang bor yang kemudian diisi dengan material beton dengan memberikan penulangan terlebih dahulu.

Pondasi tiang bor mempunyai karakteristik khusus karena cara pelaksanaannya yang dapat mengakibatkan perbedaan perilakunya di bawah pembebanan dibandingkan pondasi tiang pancang. (Widi and Prayogi 2020)

Hal-hal yang mengakibatkan perbedaan tersebut diantaranya adalah :

1. Tiang bor dilaksanakan dengan menggali lubang bor dan mengisinya dengan material beton, sedangkan pondasi tiang bor dimasukkan ke tanah dengan mendesak tanah disekitarnya (displacement pile).
2. Beton dicor dalam keadaan basah dan mengalami masa curing di bawah permukaan tanah.
3. Kadang-kadang digunakan casing untuk menjaga stabilitas dinding lubang bor dan dapat pulacasing tersebut tidak tercabut karena kesulitan di lapangan.
4. Kadang-kadang digunakan slurry untuk menjaga stabilitas lubang bor yang dapat membentuk lapisan lumpur pada dinding galian serta mempengaruhi mekanisme gesekan tiang dengan tanah.
5. Cara penggalian lubang bor disesuaikan dengan kondisi tanah.

Keuntungan menggunakan tiang bor, antara lain:

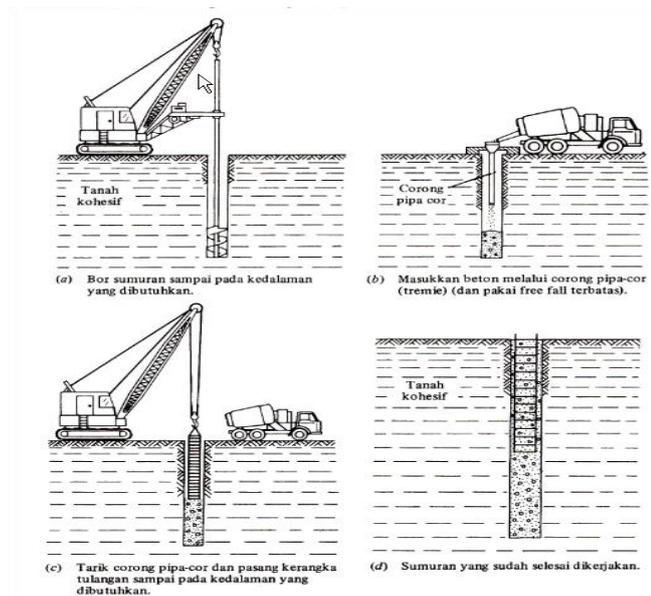
1. Tidak ada resiko kenaikan muka air tanah.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
4. Tiang dapat dipasang sampai kedalaman yang dalam, dengan diameter besar, dan dapat dilakukan pembesaran ujung bawahnya jika tanah dasar berupa lempung atau batu lunak.
5. Penulangannya tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan. Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (variable-variable tempat proyek mungkin juga memerlukan perpaduan beberapa Metode), yaitu: (Peneliti et al. 2013)

1. Dry Method

Pada metode ini urutan pelaksanaan pekerjaan adalah sebagai berikut:

- a. Pertama-tama dibuat lubang dengan cara mengebor tanah dengan alat bor sedalam yang diinginkan.
- b. Dasar dari lubang diisi beton secukupnya untuk dudukan besi penulangan. Pengecoran dapat dilakukan dengan cara jatuh bebas dan ketinggian yang dibatasi.
- c. Penulangan besi diturunkan ke dalam lubang.
- d. Seluruh lubang diisi dengan beton, sampai dengan elevasi yang ditetapkan.

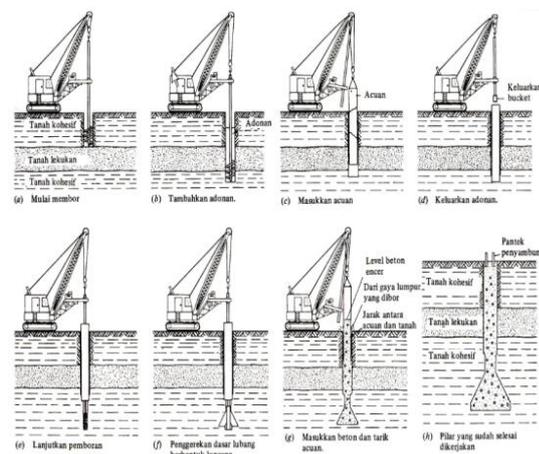
Cara ini dilakukan pada kondisi tanah yang cohesive, dan memiliki muka air tanah (MAT) di bawah dasar lubang atau tanah memiliki permeabiliti yang rendah, sehingga air tanah tidak menyulitkan pelaksanaan. Oleh karena itu disebut dengan metode kering. (Widi and Prayogi 2020)



Gambar 1. Tiang bor dengan Dry Metod

2. Casing Method

Metode ini digunakan, bila kondisi tanah mudah terjadi deformasi ke arah lubang galian, sehingga dapat menutup sebagian dari lubang. Cara ini juga digunakan bila menginginkan untuk menahan aliran air tanah ke dalam lubang, tetapi ujung casing harus mencapai tanah yang kedap (impermeable). Untuk memelihara kondisi lubang, maka ketika memasukkan casing disertai dengan pengisian lumpur (slurry) ke dalam lubang bor. Setelah casing duduk pada tempatnya, maka slurry dipompa ke luar dari lubang bor. Tergantung kebutuhan proyek, di bawah dasar casing digali lagi dengan diameter lebih kecil dari diameter dalam casing, kurang-lebih antara 25 sampai 50 mm. Ada dua alternatif tentang casing yaitu: casing ditinggal dan casing dicabut kembali selama proses pengecoran beton.



Gambar 2. Tiang Bor dengan Casing Method

3. Slurry Methode

Metode ini dapat diaplikasikan pada semua situasi penggunaan casing. Slurry di sini juga difungsikan untuk menahan air tanah yang dapat masuk ke dalam lubang. Perlu dicatat dalam metode ini, bahwa kecukupan slurry yang ditandai dengan elevasi slurry, atau dengan menambah densitasnya agar dapat memperoleh kekuatan untuk menahan runtuhnya tanah ke dalam lubang bor. Material

bentonite umum digunakan dengan cara dicampur dengan air sehingga merupakan cairan lumpur (*slurry bentonite*). Diperlukan percobaan pencampuran bentonite untuk memperoleh jumlah persentase yang optimum. Biasanya antara 4 sampai dengan 6 persen dari berat sudah mencukupi. Bentonite dan air harus dicampur dengan benar agar tidak terlalu kental.

4. Slurry Disposal

Pada saat pengecoran beton ke dalam lubang bor, maka beton akan mendesak ke luar bentonite slurry. Sehingga bentonite slurry akan meluap ke luar lubang. Pelaksanaan tiang pancang. Bowles dalam Hardiyatmo menjelaskan bahwa dalam proses pemasangan tiang pancang ke dalam tanah, tiang dipancang menggunakan pemukul yang dapat berupa pemukul (hammer) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang hanya dijatuhkan. Pemasangan pondasi tiang dengan jenis pemukul (hammer) dibagi menjadi beberapa mekanisme sebagai berikut:

- a. Pemukul aksi tunggal (single acting hammer)
- b. Pemukul aksi ganda (double acting hammer)
- c. Pemukul diesel (diesel hammer)
- d. Pemukul getar (vibrator hammer).
- e. Pemukul jatuh (drop hammer)(Sitti et al. 2023)

Metode Pelaksanaan Tiang Bor

Aspek teknologi sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi ini banyak diterapkan dalam metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi. Sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan dapat tercapai.

Prosedur pelaksanaan pekerjaan tiang bor

1. Pekerjaan Persiapan :

- a. Persiapan lahan untuk merakit dan mendirikan mesin bor pada titik yang akan di bor.
- b. Persiapan titik-titik yang akan di bor
- c. Pengadaan material
- d. Perakitan baja tulangan.

2. Pengeboran

- a. Pengeboran dengan sistem *slurry method*: tanah dikikis dengan menggunakan mata bor crossbit yang mempunyai kecepatan 375 rpm dan tekanan ± 200 kg. Pengikisan tanah dibantu dengan tiupan air lewat lubang stang bor yang dihasilkan pompa sentrifugal 3". Hal ini menyebabkan tanah yang terkikis terdorong keluar dari lubang bor.
- b. Diangkat setiap interval kedalaman 0,5 meter. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai kedalaman yang ditentukan. Setelah mencapai kedalaman rencana, pengeboran dihentikan, sementara mata bor dibiarkan berputar tetapi beban penekanan dihentikan dan air sirkulasi tetap berlangsung sampai cutting atau serpihan tanah betul-betul terangkat seluruhnya.
- c. Selama pembersihan ini berlangsung, baja tulangan dan pipa tremi sudah dipersiapkan di dekat lubang bor.
- d. Setelah cukup bersih, stang bor diangkat dari lubang bor. Dengan bersihnya lubang bor diharapkan hasil pengecoran akan baik hasilnya.

3. Pemasangan kerangka baja tulangan dan pipa tremi

- a. Kerangka baja tulangan yang telah dirakit diangkat dengan bantuan diesel winch dalam posisi tegak lurus terhadap lubang bor dan diturunkan dengan hati-hati agar tidak terjadi banyak singgungan dengan lubang bor.
- b. Baja tulangan yang telah dimasukkan dalam lubang bor ditahan dengan potongan tulangan melintang lubang bor. Apabila kebutuhan baja tulangan lebih dari 12 meter bisa dilakukan penyambungan dengan diikat kawat beton dengan panjang overlap 30 - 40 D atau dengan cara las.
- c. Setelah rangka baja tulangan terpasang, pipa tremi disambung dan dimasukkan kedalam lubang dengan panjang sesuai kedalaman lubang bor
- d. Apabila pada waktu pemasangan baja tulangan terjadi singgungan dan terjadi keruntuhan di dalam lubang bor, maka diperlukan pembersihan ulang dengan memasang head kombinasi

diameter 6" ke diameter 2". Dengan memompakan air kedalam stang bor dan pipa tremie, maka runtuh-runtuhan dan tanah yang menempel pada besi tulangan dapat dibersihkan kembali.
 e. Pada saat pembersihan dilakukan, pengadukan beton bisa mulai dilakukan.



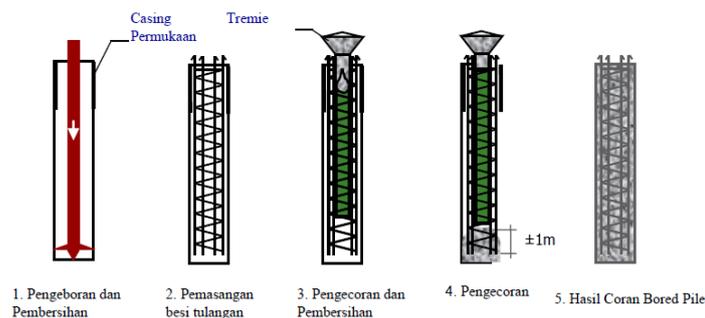
Gambar 3. Pemasangan kerangka besi (tulangan)

4. Pekerjaan pengecoran;



Gambar 4. Proses pengecoran

Dengan kesimpulan dari metode pelaksanaan tiang bor dapat dilihat dari gambar berikut:



Gambar 5. Metode pelaksanaan tiang bor

Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data Sondir

Diantara perbedaan tes dilapangan, sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* seringkali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-

menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. CPT atau sondir ini dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Didalam perencanaan pondasi tiang bor (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dan tiang bor sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang bor. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Bryan n.d.):

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang .
- Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang.
- Q_s = Kapasitas tahanan kulit.
- q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.
- A_b = Luas di ujung tiang.
- f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.
- A_s = Luas kulit tiang .

Untuk menghitung daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan Metode Meyerhoff.

Daya dukung ultimit pondasi tiang dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K11) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang bor tunggal.
- q_c = Tahanan ujung sondir.
- A_p = Luas penampang tiang.
- JHL = Jumlah hambatan lekat.
- $K11$ = Keliling tiang.

Daya dukung ijin pondasi dinyatakan dengan rumus :

$$Q_{ijin} = \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- Q_{ijin} = Kapasitas daya dukung ijin pondasi.
- q_c = Tahanan ujung sondir.
- A_p = Luas penampang tiang.
- JHL = Jumlah hambatan lekat.
- K = Keliling tiang

METODE PENELITIAN

Data Umum

Data umum dari proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Fak. Mipa Univeristas Negeri Medan (Unimed) adalah sebagai berikut

1. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Pendidikan Fak. Mipa Universitas Negeri Medan (Unimed)
2. Lokasi Proyek : Universitas Negeri Medan – Medan Sumatera Utara
3. Kontraktor Pelaksana : PT. SIGE Sinar Gemilang
4. Konsultan MK : PT. Bina Karya (Persero)
5. Waktu Pelaksanaan : 70 (Tujuh Puluh) Hari Kalender
6. Nomor Kontrak : 4882/ UN33. 17/ SP/2012
7. Nilai Kontrak : Rp. 12.843.667.000
8. Jenis Pondasi : Pondasi Tiang Bor
9. Ready Mix Concrete : Kraton

Data Teknis Tiang Bor

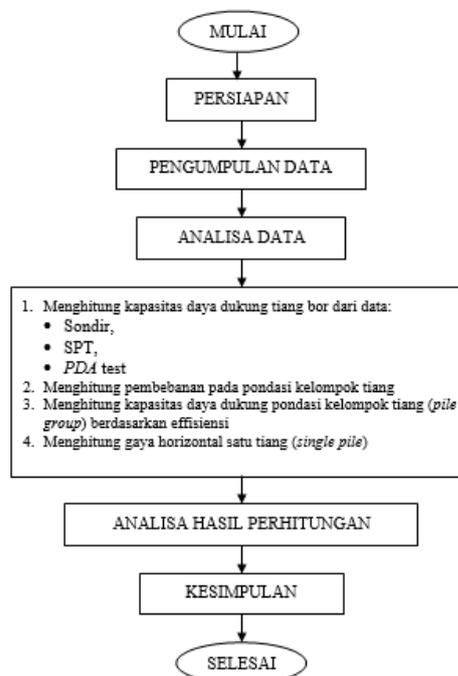
Data ini diperoleh dari lapangan menurut perhitungan dari pihak konsultan perencana dengan data sebagai berikut

1. Panjang Tiang Bor : 13 m
2. Dimensi tiang : Ø 600 (mm)
3. Mutu Beton Tiang Bor: K-350
4. Denah Titik Tiang Bor: Dapat dilihat pada Lampiran
5. Detail Titik Bor : Dapat dilihat pada Lampiran

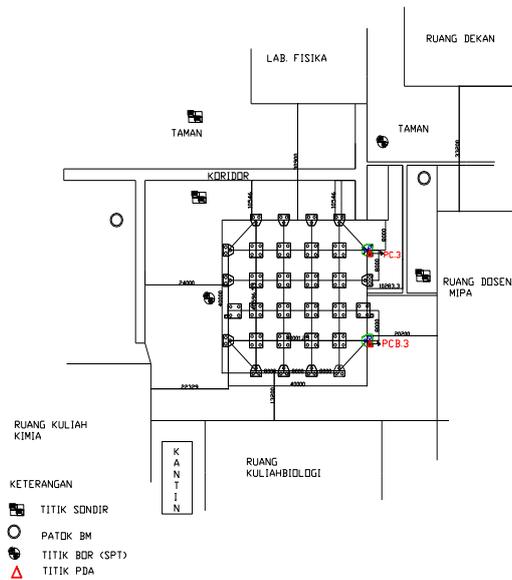


Gambar 6. Peta kesampaian Lokasi

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi kelompok tiang pada proyek pembangunan Gedung Pendidikan Fak. Mipa Universitas Negeri Medan (UNIMED), penulis memperoleh data dari PT. SIGE Sinar Gemilang berupa data hasil sondir, hasil SPT, PDA test.



Gambar 7. Diagram Alur Penelitian



Gambar 8. Lokasi Sondir, Bore Hole dan PDA

Perhitungan pada titik 1 (CPT-01) :

Data yang diperoleh dari titik 1 kedalaman 2 meter adalah:

1. Perlawanan Penetrasi konus (*PPK*), $CR/ q_c = 3 \text{ kg/cm}^2$
2. Jumlah Hambatan Lekat (*JHL*) $= 24 \text{ kg/cm}$
3. Luas Tiang Bor (*Ap*) $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$
 $= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 60^2$
 $= 2827,43 \text{ cm}^2$
4. Keliling Tiang Bor $= \pi \cdot D$
 $= \pi \cdot 60 \text{ cm}$
 $= 188,5 \text{ cm}$

Dari persamaan (2.4), kapasitas daya dukung pondasi tiang tunggal (Q_{ult}):

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{11})$$

$$= (3 \cdot 2827,43) + (24 \cdot 188,5)$$

$$= 13,006,29 \text{ kg}$$

$$= 13,006 \text{ ton}$$

Dari persamaan (2.5), kapasitas daya dukung ijin pondasi (Q_{ijin}):

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JHL \cdot K_{11}}{5}$$

$$= \frac{3 \cdot 2827,43}{3} + \frac{24 \cdot 188,5}{5}$$

$$= 3,732 \text{ ton}$$

Daya dukung terhadap kekuatan bahan :

$$P_{tiang} = \sigma_{beton} \cdot A_{tiang} = 500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2827,43 \text{ cm}^2 = 1.413,715 \text{ ton}$$

Tabel IV.1 Perhitungan daya dukung ultimate dan ijin pondasi tiang (CPT-01)

Kedalaman	PPK	Ap	JHL	K ₁₁	Q _{ult}	Q _{ijin}
(meter)	(qc)	(cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(Kg)	(Kg)
	(kg/cm ²)	(cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(Kg)	(Kg)

	0	0	0	0	0	0
1	0	2827,43	0	188,5	0	0
2	3	2827,43	24	188,5	13006,29	3732,23
3	16	2827,43	60	188,5	56548,88	17341,63
4	50	2827,43	108	188,5	161729,5	51195,43
5	89	2827,43	152	188,5	280293,3	89610,82
6	122	2827,43	208	188,5	384154,5	122823,8
7	185	2827,43	272	188,5	574346,6	184612,6
8	198	2827,43	336	188,5	623167,1	199277,6
8,6	215	2827,43	370	188,5	677642,5	216581,5

Menghitung kapasitas daya dukung tiang dari data SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor per lapisan dari data SPT memakai Metode Reese & Wright dan data diambil pada (BH-1)

A. Perhitungan pada titik 1 (BH-1):

Daya dukung ujung pondasi tiang bor pada tanah kohesif adalah:

Dari persamaan ini

Untuk lapisan kedalaman (1.00 m)

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = 9 \times c_u$$

$$\begin{aligned} c_u &= (N-SPT \times 2/3 \times 10) \\ &= (5 \times 2/3 \times 10) \\ &= 33,33 \text{ KN/m}^2 \\ &= 3,33 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} q_p &= 9 \times c_u \\ &= 9 \times 3,33 \\ &= 30 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tiang bor (} A_p \text{)} &: \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &: \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,6^2 = 0,2827 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \cdot A_p \\ &= 30 \times 0,2827 \\ &= 8,48 \text{ ton} \end{aligned}$$

Daya dukung selimut pondasi tiang bor pada tanah kohesif adalah:

Untuk lapisan tanah kedalaman (1.00 m)

$$Q_s = f \times L \times p$$

$$f = \alpha \times c_u$$

$$\alpha = 0,55$$

maka:

$$\begin{aligned} f &= 0,55 \times 3,33 \\ &= 1,83 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang bor } (p) &= \pi \cdot 0,60 \text{ m} \\ &= 1,885 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f \times L \times p \\ &= 1,83 \times 1.00 \times 1,885 \\ &= 3,46 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung Kapasitas daya dukung tiang bor dari PDA Test

Uji PDA adalah uji beban secara dinamik yang dilakukan untuk mendapatkan daya dukung aksial tiang, baik daya dukung (*end bearing*) maupun daya dukung friksi (*friction bearing*). Berdasarkan pengukuran strain gaya percepatan dan kecepatan dapat diperoleh daya dukung. Jumlah pengujian PDA test biasanya minimal 2 atau 2% dari jumlah tiang yang terpasang.

Pengetesan dilakukan dengan menggunakan konsep 1 (satu) dimensi gelombang yang diakibatkan oleh pukulan pada tiang tersebut. Dengan demikan tiang yang dipukul akan memberikan energi tertentu yang menghasilkan daya dukung tiang

Instrumen yang digunakan adalah berupa 1 (satu) pasang strain transducer dan 1 (satu) pasang accelerometer. Kedua pasang alat tersebut diletakkan pada bagian atas tiang dengan jarak min > 2D di bawah top level tiang. Pengukuran dicatat oleh alat dan analisis dengan menggunakan indowap software 1 (satu) dimensi teori gelombang. Indowap analisis akan memberikan gambaran terhadap daya dukung ujung dan friksi

Tabel IV. 2 Hasil pengujian Titik PCB_3

NO	Daya Dukung Tiang (ton)				Penurunan maksimum (DSMX) mm
	PDA	<i>Shaft Friction</i> RSSF (KN)	<i>End Bearing</i> RSBE (KN)	TOTAL	
PCB_3	2098,6	1201,1	897,5	2098,6	5,63

➤ Tabel IV.3 Hasil pengujian Titik PC_3

NO	Daya Dukung Tiang (ton)				Penurunan maksimum (DSMX) mm
	PDA	<i>Shaft Friction</i> RSSF (KN)	<i>End Bearing</i> RSBE (KN)	TOTAL	
PC_3	2613,5	1421,8	1191,7	2613,5	8,49

Analisa Gaya Yang Bekerja Pada Tiang

- V = 230,75 ton (Diperoleh dari perencana)
- M_x = 90,65 tm (Diperoleh dari perencana)
- M_y = 7,1425 tm (Diperoleh dari perencana)
- x₁ = 1,165 m
- x₂ = 1,165 m

$$\begin{aligned}
 x_3 &= 1,165 \text{ m} \\
 x_4 &= 1,165 \text{ m} \\
 y_1 &= 1,165 \text{ m} \\
 y_2 &= 1,165 \text{ m} \\
 y_3 &= 1,176 \text{ m} \\
 y_4 &= 1,165 \text{ m} \\
 \Sigma x^2 &= (4 \times 1,165^2) = 5,4289 \\
 \Sigma y^2 &= (4 \times 1,165^2) = 5,4289
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (2.20), beban maksimum yang diterima untuk tiang:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \Sigma y^2} \\
 &= \frac{230,75}{4} \pm \frac{7,1425 \times 1,165}{2 \times 5,4289} \pm \frac{90,65,65 \times 1,165}{2 \times 5,4289} \\
 &= 57,6875 + 0,7579 + 9,7263 \\
 &= 68,1717 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Tabel IV.4 Perhitungan beban tiang maksimum

no tiang	Koordinat		x ²	y ²	V/n	$\frac{M_y \cdot X_i}{n_y \Sigma x^2}$	$\frac{M_x \cdot Y_i}{n_x \Sigma y^2}$	P
	X	Y						
1	1,165	1,165	1,3572	1,3572	57,6815	-0,7579	-9,7263	47,2033
2	1,165	1,165	1,3572	1,3572	57,6815	0,7579	9,7263	68,1717
3	1,165	1,165	1,3572	1,3572	57,6815	-0,7579	-9,7263	47,2033
4	1,165	1,165	1,3572	1,3572	57,6815	0,7579	9,7263	68,1717
			5,4288	5,4288				

Gaya Lateral Ijin

- Penentuan kriteria tiang

$$\text{dimana: } T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}}$$

$$\begin{aligned}
 E_p &= \text{modulus tiang} && (\text{kN/m}^2) \\
 I_p &= \text{momen inersia tiang} && (\text{m}^4) \\
 \eta_h &= \text{konstanta modulus dari reaksi subgrade horizontal} && (\text{kN/m}^3) \\
 & \text{(Tabel II.5)} \\
 E &= 15200 \text{ or } (f_c / \sigma_r)^{0,5} && \text{untuk beton} \\
 &= 15200 \cdot 0,1 (35/0,1)^{0,5} \\
 &= 28.436,596 \text{ Mpa} \\
 &= 28,44 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 \\
 \sigma_r &= \text{tegangan referensi } 0,10 \text{ Mpa} \\
 I_p &= (1/64) \pi \cdot B
 \end{aligned}$$

$$= (1/64) \cdot \pi \cdot 0,6$$

$$= 0,0294 \text{ m}^4$$

Maka,

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{28,44 \cdot 10^6 \times 0,0294}{7275}}$$

$$T = 2,58$$

$$L \geq 4T \text{ (Tiang panjang)}$$

$$13 \geq 4 \cdot 2,58$$

$$13 \geq 10,32 \dots \text{ OK (maka tiang termasuk tiang panjang)}$$

(1) Cek keruntuhan tanah akibat beban lateral tiang

$$M_{mak} = \gamma d L^3 K_p = 18 \times 0,60 \times 13^3 \times 3,69 = 87.558,93 \text{ kNm} > 143,35 \text{ kNm}$$

Berat sendiri tiang (W)

$$W = q = A \cdot \rho_{beton}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 24$$

$$= 6,7858 \text{ kN/m}$$

$$\text{Maka, } M_y = \frac{1}{8} \cdot q L^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 6,758 \cdot 13^2$$

$$= 143,35 \text{ kNm}$$

Karena $M_{mak} > M_y$, maka tidak terjadi keruntuhan tanah, sehingga gaya horisontal ultimit ditentukan oleh kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen (hitungan berdasarkan tiang panjang).

(2) Cek keruntuhan tiang akibat momen lentur maksimum tiang.

Bila digunakan persamaan:

$$H_u = \frac{2M_y}{e + 2 \frac{f}{3}}$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{d K_p \gamma}} = 0,82 \sqrt{\frac{H_u}{0,60 \times 3,69 \times 18}} = 0,1298 \sqrt{H_u}$$

$$H_u = \frac{2 \times 143,35}{0 + (2 \times 0,1298 \sqrt{H_u} \times \frac{1}{3})} = 222,24 \text{ kN}$$

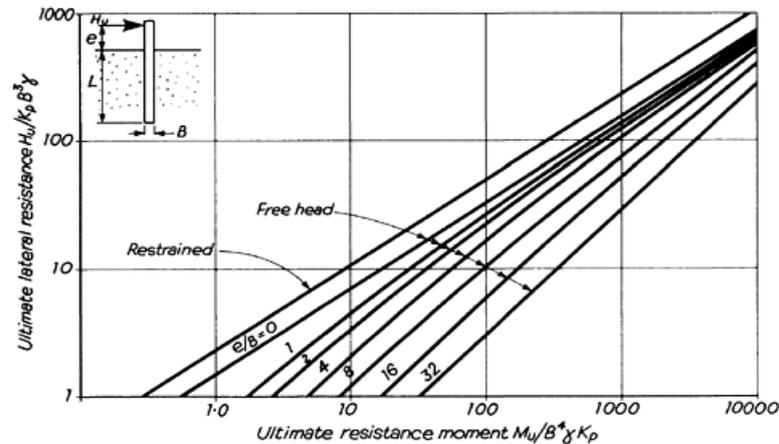
$$H = \frac{H_u}{F} = \frac{222,24}{3} = 74,08 \text{ kN} \dots \dots \dots (a)$$

Bila digunakan grafik:

$$M_y / (d^4 \gamma K_p) = 143,35 / (0,60^4 \times 18 \times 3,69) = 16,65$$

Dari gambar 2.23 (Tahanan Lateral ultimit tiang dalam tanah granuler untuk tiang panjang) diperoleh :

$$H_u / K_p d^3 \gamma = 15,60$$



$$H_u = 15,60 \times 3,69 \times 0,60^3 \times 18 = 223,80 \text{ kN}$$

Dengan factor aman $F = 3$

$$H = \frac{H_u}{F} = \frac{223,80}{3} = 74,60 \text{ kN (hampir sama)}$$

PENUTUP

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa analisis struktur atas sangat penting dalam proyek pembangunan gedung Pendidikan fakultas MIPA di Universitas Negeri Medan. Dengan melakukan analisis yang teliti, dapat meastikan keamanan dan kekokohan gedung tersebut. Hasil analisis ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan Teknik kontruksi yang lebih inovatif dan efisien dianya depan.

REFERENSI

- Astri, Yessi, Gusfita¹ Masril, and Elfania Bastian. 2022. "ANALISIS STRUKTUR ATAS PADA PEMBANGUNAN SDN 04 GAREGEH." *Ensiklopedia Research and Community Service Review* 1(2). <http://jurnal.ensiklopediaku.org>.
- Bryan, C. D. B. (Courtlandt Dixon Barnes). *The National Geographic Society: 100 Years of Adventure and Discovery*.
- MUHAMMDIYAH SUMATERA BARAT Rendy, Universitas, and Deddy Kurniawan. 2021. "PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG FAKLTAS HUKUM." *Ensiklopedia Research and Community Service Review* 1. <http://jurnal.ensiklopediaku.org>.
- Peneliti, Ikatan, Lingkungan Binaan, Indonesia Jurnal, Budi Sudarwanto, Dan Bambang, Adji Murtomo, Staf Pengajar Pada Program Sarjana, and Jurusan Arsitektur. 2013. *2 Studi Struktur Dan Konstruksi Bangunan Tradisional Rumah "Pencu" Di Kudus*.
- Sitti, Cut, Rafidatul Hildayani, Munira Sungkar, and Halida Yunita. 2023. "Kajian Daya Dukung Izin Pondasi Tiang Pancang Beton Dengan Metode Statis Dan Metode Dinamis." *Journal of The Civil Engineering Student* 5(1).
- Widi, Chaesar, and Luthfi Prayogi. 2020. "Penerapan Arsitektur Neo-Vernakular Pada Bangunan Budaya Dan Hiburan." *Jurnal Arsitektur ZONASI* 3(3): 282–90. doi:10.17509/jaz.v3i3.23761.