

ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE, TEA BEAM, PILE CAP PADA PROYEK PEMBANGUNAN LIVING PLAZA CEMARA ASRI MEDAN

Oleh:

Tumbur Silaen ¹⁾

Meryani Br. Panjaitan ²⁾

Masriani Endayanti ³⁾

Nelson Hutahaean ⁴⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3,4)}

E-mail :

tumbursilaen11@gmail.com ¹⁾

meryanibr.panjaitan@mail.com ²⁾

Masrianiendayant@gmail.com ³⁾

nhutahaean.14@gmail.com ⁴⁾

History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:

Received : 25 November 2021

Revised : 10 Desember 2021

Accepted: 23 Januari 2022

Published: 25 Februari 2022

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



ABSTRACT

This study aims at finding out how to calculate the bearing capacity of the bore pile foundation using Standard Penetration Test (SPT) data on the Living Plaza Cemara Asri building and how to calculate the load carried by the bore pile foundation of Living Plaza Cemara Asri and evaluate the pile group capacity and pile stability. cap and tea beam. The foundation of the living plaza fir asri consists of a drilled pile foundation that is attached to a pile cap to be able to withstand the loads of the working building, transferred directly by the column to the foundation which is tied by a pile cap and channeled to the ground so that the building above it stands firmly so that it does not experience excessive settlement. By using the Mayerhoff method, the bearing capacity of the drill pile foundation permit at a depth of 18 m (Q_i) is 348.79 tons. The efficiency of the pile group using the Converse-Labarre Formula method is 0.796 for 4 piles. Calculation of the dimensions of the 4 pile pile cap is 3600 mm long, 3600 mm wide and 1500 mm high. From the calculation results, the total carrying capacity of the pile group (Q_g) for 4 piles at a depth of 18 m is 1109.16 tons the load carried (P_u) is 734,439 tons. the foundation is safe in carrying the load on it. One-way shear strength of area Y pile cap $V_c = 1405.93$ tons $V_u = 369.259$ tons, one-way shear strength of area X pile cap $V_c = 356,728$ tons $V_u = 63,243$ tons, two-way shear strength of pile cap $V_c = 500.45$ tons $\geq V_u = 256,424$ tons. Calculation of reinforcement on pile cap is D16 - 100 mm for upper reinforcement and D22-100 mm for lower reinforcement.

Keywords : bore pile, bearing capacity of drill pile, SPT, pile cap reinforcement.

ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk menemukan bagaimana menghitung kapasitas daya dukung pondasi bore pile dengan menggunakan data Standart Penetration Test (SPT) pada bangunan Living Plaza Cemara Asri dan bagaimana menghitung beban yang dipikul oleh pondasi bore

pile Living Plaza Cemara Asri serta evaluasi kapasitas kelompok tiang dan stabilitas pile cap dan tea beam. Pondasi living plaza cemara asri terdiri dari pondasi tiang bor yang disatukan dengan pile cap untuk dapat menahan beban-beban gedung yang bekerja, ditransfer langsung oleh kolom ke pondasi yang diikat oleh pile cap dan menyalurkan ketanah agar bangunan di atasnya berdiri kokoh sehingga tidak mengalami penurunan berlebihan. Dengan menggunakan metode mayerhoff didapat daya dukung ijin pondasi tiang bor pada kedalaman 18 m (Q_i) sebesar 348,79 ton. Efisiensi kelompok tiang menggunakan metode Converse-Labarre Formula adalah 0,796 untuk 4 tiang. Perhitungan dimensi pile cap 4 pile yaitu panjang 3600 mm, lebar 3600 mm dan tinggi 1500 mm. Dari hasil perhitungan didapat daya dukung total kelompok tiang (Q_g) untuk 4 tiang pada kedalaman 18 m sebesar 1109,16 ton \geq beban yang dipikul (P_u) 734.439 ton. maka pondasi aman dalam memikul beban yang ada di atasnya. Kuat geser satu arah daerah Y pile cap $\phi V_c = 1405.93 \text{ ton} \geq V_u = 369.259 \text{ ton}$, kuat geser satu arah daerah X pile cap $\phi V_c = 356.728 \text{ ton} \geq V_u = 63.243 \text{ ton}$, kuat geser dua arah pile cap $\phi V_c = 500.45 \text{ ton} \geq V_u = 256.424 \text{ ton}$, Hasil perhitungan penulangan pada pile cap adalah D16 - 100 mm tulangan atas dan tulangan bawah D22-100 mm.

Kata kunci : Bore Pile, Daya Dukung Tiang Bor, SPT, Penulangan Pile Cap

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam konstruksi gedung bertingkat, ada dua bagian pekerjaan, pekerjaan tersebut adalah pekerjaan struktur bawah yang meliputi, pondasi, pile cap, tie beam. Sedangkan pekerjaan struktur atas yaitu, kolom, balok, dan plat lantai. Perencanaan konstruksi tidak terlepas dari perhitungan beban-beban yangbekerjapada konstruksi tersebut yang antar lain beban mati,bebanhidup,beban angin, dan beban gempa. Beban-beban yang terjadi pada bangunan akan dipikuloleh struktur bangunan dan diteruskan ke pondasi untuk selanjutnya ditransfer ketanah.

Salahsatabagianpentingdalamsebuahperencanaangedungadalahperencanaan pondasi. Pondasi merupakan struktur bagian bawah dari konstruksibangunanyangberhubunganlangsungdengantanahdanberfungsisebagai pemikul beban bangunan dari atas dan akan menyalurkannya ke dalam tanah.Daya dukung pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan ke pondasi dan tanah tidak melampaui kekuatan daya

dukungnya supaya tidak terjadi penurunan yang berlebihan dan keruntuhan konstruks. Pondasi dangkal digunakan pada kondisi tanah yang baik dengan beban ringan, sedangkan pondasi dalam dipakai untuk tanah lunak atau tanah bermasalah (*difficult soil*) dengan beban berat. Salah satu jenis pondasi dalam adalah pondasiborepileyaitu pondasi yang dibuat dengan caramengebor tanah terlebih dahulu baru kemudian di isi dengan tulangan dan dicor. Borepileberinteraksidengantanahuntuk menghasilkandayadukung yangmampumemikuldanmemberikeamananpada beban konstruksi yang dipikul.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah

1. Bagaimana menghitung kapasitas daya dukung pondasi bore pile dengan menggunakan data Standart Penetration Test (SPT) pada bangunan Living Plaza Cemara Asri ?
2. Bagaimana menghitung beban yang dipikul oleh pondasi bore pile Living Plaza Cemara Asri ?

3. Evaluasi kapasitas kelompok tiang dan stabilitas pile cap dan tea beam.

1.3. Tujuan Penelitian

Batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini :

1. Perhitungan daya dukung pondasi bore pile menggunakan data N-SPT.
2. Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi grup tiang menggunakan metode *conver-labarre* kelompok.
3. Perhitungan beban menggunakan perangkat software SAP2000 V16
4. Perhitungan beban menggunakan standard SNI 03-2847-2002 dan SNI 1726 -2012
5. Perhitungan daya dukung pondasi bor pile menggunakan metode mayerhof
6. Menghitung pile cap dan tie beam (balok pengikat)

1.4. Manfaat Penulisan

Penulisan tugas akhir ini memberikan manfaat ke beberapa pihak antara lain :

1. Manfaat bagi penulis yaitu menambah wawasan/ ilmu pengetahuan serta dapat menerapkan dalam dunia kerja.
2. Manfaat bagi kampus dapat dijadikan referensi akademis dan keinsinyuran untuk pembangunan jurusan teknik sipil.
3. Sebagai bahan referensi bagi siapa saja yang membaca dan membutuhkannya.

Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam skripsi ini :

1. Perhitungan daya dukung pondasi bore pile menggunakan data N-SPT.
2. Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi grup tiang menggunakan metode *conver-labarre* kelompok.
3. Perhitungan beban menggunakan perangkat software Sap2000 V16

4. Perhitungan beban menggunakan standard SNI 03-2847-2002 dan SNI 1726 -2012
5. Perhitungan daya dukung pondasi bor pile menggunakan metode mayerhof
6. Menghitung pile cap dan tie beam (balok pengikat)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Pondasi adalah adalah suatu jenis konstruksi yang menjadi dasar dan pondasi ini berfungsi untuk menopang bangunan yang ada di atasnya dan ini bertujuan untuk diteruskan secara bertahap dan merata ke lapisan tanah. Kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi yang bekerja di atasnya tanpa terjadi keruntuhan geser. Jenis dan besar kecilnya ukuran pondasi ditentukan oleh kekuatan atau daya dukung tanah dibawah pondasi tersebut, sebagai contoh untuk jenis pondasi telapak tunggal, semakin kuat daya dukung tanah, maka semakin kecil ukuran pondasi yang akan direncanakan. Sebaliknya semakin lemah daya dukung tanah semakin besar ukuran pondasi yang akan direncanakan. Untuk tanah dengan daya dukung yang lemah ini, sebaiknya digunakan jenis pondasi lain, misalnya pondasi sumuran atau bahkan digunakan tiang bor.

2.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor Dengan Data SPT

Jenis pengeboran yang dilakukan dalam proyek ini adalah jenis pengeboran yang menggunakan bor mesin. Lebih terperinci penyelidikan dengan pengeboran ini bertujuan:

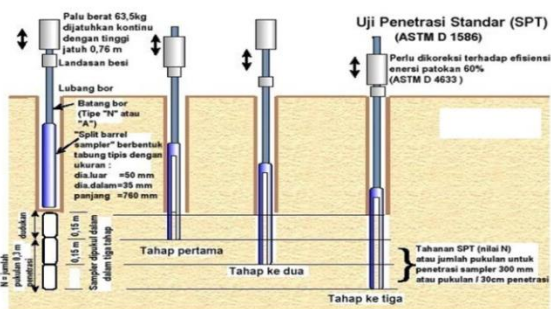
1. Untuk mengevaluasi keadaan tanah secara visual terperinci.
2. Untuk mengambil sampel layer sampai kedalam yang diinginkan
3. Untuk mengambil sampel tak terganggu (undisturbed) dan sampel terganggu (disturbed)

- untuk diselidiki di laboratorium
- Untuk melaksanakan test penetrasi SPT yang digunakan untuk menduga kedalaman tanah keras.

A. Penyelidikan Lapangan Dengan Standar Penetration Test (SPT)

Metode SPT adalah metode pemancangan batang (yang memiliki ujung pemancangan) ke dalam tanah dengan menggunakan pukulan palu dan mengukur jumlah pukulan perkedalaman penetrasi. Pengamatan dan perhitungan dilakukan sebagai berikut :

1. Mula-mula tabung SPT dipukul kedalam tanah sedalam 45cm yaitu kedalaman yang diperkirakan akan terganggu oleh pengeboran.
2. Kemudian untuk setiap kedalaman 15 cm dicatat jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukkannya. Jumlah pukulan untuk memasukan split spoon 15 cm pertama dicatat sebagai N1. Jumlah pukulan untuk memasukan 15 cm kedua adalah N2 dan jumlah pukulan untuk memasukan 15cm ketiga adalah N3.
3. Angka SPT ditetapkan dengan menjumlahkan 2 angka pukulan terakhir (N2+N3) pada setiap interval pengujian dan dicatat pada lembaran Drilling Log.
4. Setelah selesai pengujian, tabung SPT di angkat dari lubang bor ke permukaan tanah untuk diambil.



Gambar 2.3 Skema Urutan Standard Penetration Test
Sumber : SNI 4153-2008

Hasil dari pekerjaan Bor dan SPT kemudian dituangkan dalam lembaran drilling log yang berisi:

1. Deskripsi tanah meliputi : jenis tanah, warna tanah, tingkat plastisitas dan ketebalan lapisan tanah masing-masing.
2. Pengambilan contoh tanah asli / *undisturbed sample* (UDS).
3. Pengujian Standart Penetration (SPT).
4. Muka air tanah

Jumlah N pukulan memberikan petunjuk tentang kerapatan relatif dilapangan khususnya tanah pasir atau kerikil dan hambatan jenis tanah terhadap penetrasi. Uji ini biasanya digunakan untuk tanah yang keras.

B. Tujuan Percobaan SPT

- Untuk menentukan kepadatan relatif lapisan tanah tersebut.
- Memperoleh data yang kualitatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi

C. Kegunaan Hasil Penyelidikan SPT

1. Menentukan kedalaman dan tabel masing-masing lapisan tanah tersebut.
2. Alat dan cara operasinya relatif sederhana
3. Contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah sehingga interpretasi kuat geser dan deformasi tanah dapat diperkirakan dengan baik.

D. Langkah-Langkah SPT

Standart Penetration Test (SPT) dilakukan untuk mengestimasi nilai kerapatan relatif dari lapisan tanah yang diuji. Untuk melakukan pengujian SPT dibutuhkan sebuah alat utama yang

disebut *Standard Split Barrel Sampler* atau tabung belah standar. Setelah menumpu alat ini kemudian dipukul (dengan alat pemukul yang beratnya 63,5 kg) dari atas. Pada pemukulan pertama alat ini dipukul hingga sedalam 15,24cm. Kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm. Pada pukulan kedua inilah muncul nilai "N" yang merupakan manifestasi jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk membuat tabung belah standar mencapai kedalaman 30,48 cm.

| Lapisan Pasir | | Lapisan Lempung | |
|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Nilai N | Kepadatan Relatif | Nilai N | Kepadatan Relatif |
| 0 - 4 | Sangat Lepas | 0 - 2 | Sangat Lunak |
| 4 - 10 | Lepas | 2 - 4 | Lunak |
| 10 - 30 | Sedang | 4 - 8 | Sedang |
| 30 - 50 | Padat | 8 - 15 | Kaku |
| > 50 | Sangat Padat | 15 - 30 | Sangat Kaku |
| | | 30 - 60 | Keras |
| | | > 60 | Sangat Keras |

Tabel 2.3 Hubungan Nilai N dengan Kepadatan relatif
(Sumber: Buku Penuntun Praktikum Mekanika Tanah UDA)

2.3. Pondasi Bore Pile

Pondasi *bored pile* adalah salah satu jenis dari berbagai macam bentuk jenis dan pondasi dalam dengan memiliki bentuk seperti tabung yang terdiri dari campuran beton bertulang dengan dimensi diameter tertentu yang dipasang didalam tanah dengan menggunakan metode pengeboran terkini sampai panjang kedalam dengan tingkat kekerasan daya dukung tanah yang diperlukan untuk sesuatu konstruksibangunan. Daya Dukung Pondasi Tiang *Bore Pile* pada tanah non-koheisi dan koheisi dengan data SPT seperti berikut:

- Untuk tanah non-koheisi

Daya dukung ujung tiang
 $Q_p = 40 \times N_r \times A_p$

Dimana:

QP = Daya dukung ujung tiang (ton)

AP = Luas penampang tiang (m²)
 Nr = Nilai SPT 4D keatas 4D kebawah

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N1 = Harga dari dasar ke 4D Ke atas

N2 = Harga dari dasar ke 4D ke bawah

Tahanan geser selimut tiang

Untuk pondasi tiang Pancang

$$Q_s = 0,2 \times N\text{-SPT} \times A_k \times L_i$$

Untuk pondasi bore pile

$$Q_s = 0.1 \times N\text{-SPT} \times A_k \times L_i$$

Daya dukung ultimate (Qu)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Daya dukung ijin

$$Q_{ijin} = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{5}$$

➤ untuk kohesif

$$Q_p = 9 \times c_u \times A_p$$

Untuk tahanan geser selimut tiang:

$$Q_s = \alpha \times c_u \times K_p \times L_i$$

$$c_u = N\text{-SPT} \times 2/3 \times 10$$

Dimana:

α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang

c_u = koheisi undrained

A_k = keliling tiang

L_i = panjang lapisan tanah

2.4. Efisiensi Kelompok Tiang

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang menurut *Conversi-Labarre* adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)}{90 mn}$$

Dimana:

Eg = Efisiensi kelompok tiang

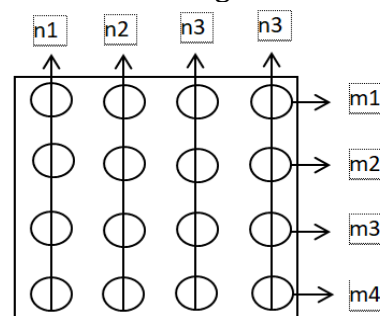
m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

θ = Arc tg d/s, (dalam derajat)

s = jarak tiang

d = diameter tiang



Gambar 2.10. Baris Kelompok Tiang beban maksimum daya dukung kelompok tiang dikalikan dengan efisiensi kelompok tiang dan jumlah tiang grup, seperti rumus di bawah ini:

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

Dimana:

Q_g = beban maksimum kelompok tiang yang mengingatkan keruntuhan

E_g = efisiensi kelompok tiang

n = jumlah tiang dalam kelompok

Q_u = beban maksimum tiang tunggal.

2.5. Pembebanan Pada Gedung

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat bergantung dari jenis struktur. Jenis-jenis beban, data dan beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan menjadi dasar dalam perhitungan struktur, beban-beban tersebut berdasarkan pada SNI-2847:2013 diantaranya adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa.

2.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin, dan peralatan tetap merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu menurut SKBI-1.3.5.3.1983 (DepPU 1983a). Menurut pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (DepPU 1983a) beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi dan beban mati akibat komponen gedung. Beban mati akibat material konstruksi yang digunakan adalah beton bertulang dengan berat material 24 kN/m² sedangkan beban mati akibat beban komponen gedung yang digunakan meliputi dinding pasangan bata ringan setengah batu dengan berat 1,5 kN/m², berat langit-langit penggantung sebesar 0,2 kN/m², berat keramik sebesar 0,24 kN/m², dan berat spesi 2 cm sebesar 0,42 kN/m²

Tabel 1. Berat Jenis

| Beban Mati | Berat |
|----------------------|------------------------|
| Beton bertulang | 24 kN/m ³ |
| Spesi, per cm tebal | 0,42 kN/m ² |
| Dinding ½ bata | 2,5 kN/m ² |
| Plafond penggantung | 0,18 kN/m ² |
| Keramik per cm tebal | 0,24 kN/m ² |
| Instalasi M&E | 0,19 kN/m ² |
| Plumbing | 0,25 kN/m ² |
| Waterproofing | 0,07 kN/m ² |

2.5.2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih bisa dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban pengguna (occupancy loads) adalah beban hidup, yang termasuk kedalam beban pengguna adalah berat manusia, perabot, material, yang disimpan, dan sebagainya. Beban salju juga termasuk kedalam beban hidup. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat pindah atau bergerak. Secara khas beban ini bekerja secara vertikal kebawah, tetapi kadang-kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup aktual pada struktur pada sembarang waktu umumnya lebih kecil dari pada besar beban yang dirancang pada struktur. Akan tetapi, pada suatu waktu besar kemungkinan beban yang bekerja itu sama dengan beban rencana pada struktur.

3. Beban Hidup Minimum

| Beban Hidup | Berat |
|-------------|------------------------|
| Helipad | 2,87 kN/m ² |
| Atap | 1 kN/m ² |
| Lantai | 2,50 kN/m ² |
| Basement | 3 kN/m ² |

2.5.3. Beban Gempa (*Earthquake*)

Beban Gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau pada bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu., maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Dalam tata cara perencanaan ketahanan gempa respon spectrum mengikuti aturan yang diterapkan berdasarkan SNI 1726:2012.

1. Menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF)
2. Menentukan Katagori Resiko Bangunan dan Faktor keutamaan gempa
3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah (S_s, S_1)
4. Menentukan Faktor Koefisien Situs (F_a, F_v)
5. Parameter Respons Spektrum (S_{MS}, S_{M1})
6. Menentukan Parameter Percepatan Desain (S_{DS}, S_{D1})
7. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)
8. Merencanakan Respon Spektrum

2.5.4. Beban Angin (Wind Load)

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan. Besarnya kecepatan angin berbeda-beda untuk setiap lokasi geografi

1. Kecepatan angin dasar (V)
2. Faktor arah angin (Kd)
2. Kategori Eksposur
3. Faktor Tofografi (Kzt)
4. Faktor efek tiupan angin (G)
5. Koefisien Tekanan Internal (G_{Cpi})
6. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (K_z)

7. Koefisien tekanan eksternal (C_p)
8. Tekanan Velositas
9. Beban angina (P)

2.5.5. Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor berdasarkan metoda ultimit. Adapun kombinasi pembebanan metoda ultimit menurut SNI-2847-2013 Pasal 4.2.2 adalah :

1. $1.4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9 D + 1,0 W$
7. $0,9 D + 1,0 E$

2.6. Pile Cap (Pelat Penutup Atas)

Setiap pondasi pelat penutup tiang (*pile cap*) harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Jarak tiang mempengaruhi *pile cap*, jarak tiang pada kelompok tiang biasanya diambil $2,5D-3D$, dimana D adalah diameter *bore pile*. Ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

- a. Bila jarak tiang $S < 2,5 D$ kemungkinan tanah disekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang yang berdekatan. Selain itu dapat menyebabkan terangkatnya tiang-tiang di sekitarnya yang telah dipancang lebih dahulu
- b. Bila jarak tiang $S > 3D$ akan menyebabkan perencanaan menjadi tidak ekonomis sebab akan memperbesar ukuran atau dimensi dari *pile cap*, jadi memperbesar biaya

2.6.1. Perhitungan *Pile Cap*

➤ Kontrol tebal pile cap

Kontrol terhadap geser satu arah

Gaya geser satu arah adalah kuat geser nominal secara satu arah yang disumbangkan oleh beton (V_c).

1. Perhitungan gaya geser yang bekerja pada penampang kritis

$$V_u = \delta \cdot L \cdot G'$$

Dimana:

$$\delta = P/A$$

$$G' = L - (L/2 + \text{lebar kolom}/2 + d)$$

$$d = h - \text{selimut beton}$$

Diketahui:

V_u = Gaya geser 1 arah yang terjadi (ton)

δ = Tegangan yang terjadi

L = Panjang pondasi(m)

G' = Penampang Kritis

A = Luas pondasi

d = Tebal efektif pondasi

h = Tebal pondasi

2. Perhitungan kuat geser beton

$$\Phi V_c = \Phi 1/6 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

Dimana:

V_c = Gaya geser nominal

f_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan

b = lebar pondasi d = Tebal efektif pondasi

h = selimut beton

Φ = nilai Φ adalah 0.75

Syarat: $V_u < \Phi V_c$

➤ Kontrol Gaya Geser 2 Arah

1. Perhitungan lebar penampang kritis (B')

$$B' = \text{lebar kolom} + 2 \cdot (1/2) \cdot d$$

2. Perhitungan gaya geser yang bekerja pada penampang kritis

$$V_u = \delta \cdot (L^2 \cdot G'^2)$$

3. Perhitungan kuat geser beton

Perhitungan besar V_c berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1

disyaratkan nilai V_c adalah nilai terkecil dari V_{c1} , V_{c2} , V_{c3} dengan nilai

as: as = 40 untuk kolom dalam

as = 30 untuk kolom tepi

as = 20 untuk kolom sudut

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

$$V_{c2} = \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6}$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_o$$

$$\beta_c = \frac{a_k}{b_k}$$

$$b_o = 4B'$$

Dimana:

V_c = Kuat geser nominal pada kolom (ton)

V_u = Gaya geser 2 arah yang terjadi (ton)

f_e = Mutu beton (MPa)

B_o = Keliling penampang kritis (m)

d = Tebal efektif pile cap (m)

h = selimut beton

β_c = Rasio dari sisi panjang

$$\beta_c = \frac{a_k}{b_k}$$

a_k = lebar kolom (m)

b_k = panjang kolom (m)

a_s = konstanta untuk perhitungan pondasi

Agar *pile cap* tidak mengalami kegagalan geser dua arah syarat $V_c > V_u$ Jika $V_u > V_c$ maka tebal *pile cap* harus ditambah.

➤ Perhitungan Tulangan

Beban aksial (P) yang bekerja dibebankan sama rata ke seluruh tiang. Setelah didapat nilai (M_u), maka langkah selanjutnya adalah mencari rasio distribusi tulangan (ρ), rasio distribusi tulangan minimum (ρ_{min}), dan rasio distribusi tulangan maksimum (ρ_{max}). Rasio distribusi tulangan haruslah memenuhi syaratnya, dimana ($\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$). Jika $\rho_{min} > \rho$, maka rasio distribusi tulangan yang digunakan dalam perhitungan adalah ρ_{min} . Jika $\rho > \rho_{max}$, maka tebal *pile cap* harus ditambah sampai $\rho < \rho_{max}$.

Berikut adalah cara perhitungan penulangan:

$$A_s = \frac{M_n}{f_y \cdot \beta \cdot d \cdot b}$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_{perlu}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Syarat: $\rho_{maks} < \rho < \rho_{min}$

Dimana:

ρ = rasio distribusi tulangan

f_y = mutu baja (Mpa)

M_u = momen lentur kritis (tm)

b = lebar atau panjang pile cap (mm)

a_k = lebar kolom (mm)

ρ_{maks} = rasio distribusi tulangan maksimum

ρ_{min} = rasio distribusi tulaugan minimum

A_s = luas penampang tulangan (mm²)

2.12.1 Perhitungan Tie Beam

Tie Beam dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung. (Ali Asroni, 2010:39). Adapun langkah-langkah yang dapat digunakan dalam perencanaan balok pengikat yaitu:

Penulangan lentur pada tumpuan dan lapangan

Momen nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

Koefisien tahanan

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0.85 f'c}} \right)$$

Rasio tulangan minimum (ρ_{min})

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{maks})

$$\rho_{maks} = 0.75 \left(\frac{0.85 f'c \beta}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Syarat: $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

Luas tulangan

$$A_{sperlu} = \rho \times b \times d_{eff}$$

$$A_{sada} = \frac{1}{4} \times \pi \times d$$

Syarat: $A_{sada} > A_{sperlu}$

Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

Kontrol lebar balok

$$b_{perlu} = 2.p + 2 \phi_{senggang} + 4 \phi_{tulangan\ pokok} + 2 \times \text{jarak antar tulangan}$$

syarat: $b_{perlu} < b$ ok

Kontrol momen nominal

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right)$$

Syarat: $\phi M_n > M_u$ ok

Keterangan:

A_s = luas tulangan (mm²)

P = rasio tulangan distribusi tulangan

d = lebar efektif tie beam (mm)

A_s = luas tulangan (mm²)

M_n = momen nominal pada penampang

M_u = momen terfaktor pada penampang

Perhitungan tulangan geser

$$d_{eff} = h - p - \frac{\phi_s}{2} \phi D$$

$$v_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c = 0.75 \cdot V_c$$

Syarat tulangan geser yaitu:

$V_u \leq \phi V_c \Rightarrow$ (tidak perlu tulangan geser)

$V_u > \phi V_c \Rightarrow$ (perlu tulangan geser)

Luas tulangan

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \cdot d_s^2$$

Jarak tulangan

$$V_{sperlu} = \frac{\phi V_s}{0.75}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s \text{ perlu}}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{2}$$

Keterangan:

V_c = kuat geser nominal

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

$f'c$ = mutu beton

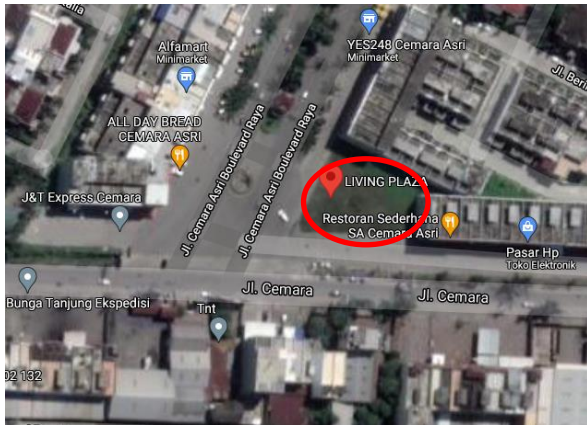
d_s = diameter sengkang

A_v = luas tulangan geser

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Proyek

Lokasi proyek berada di jalan Jl. Komp. Cemara Hijau, Medan Estate, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20241



Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Living Plaza Cemara Asri - Medan

3.2. Gambaran Umum Proyek

Data proyek dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu data umum dan data teknis, yang diuraikan sebagai berikut:

Lokasi = Jalan Cemara Asri
 Owner = PT. Tiga Dua Delapan
 Kontraktor = PT. Tamoratama

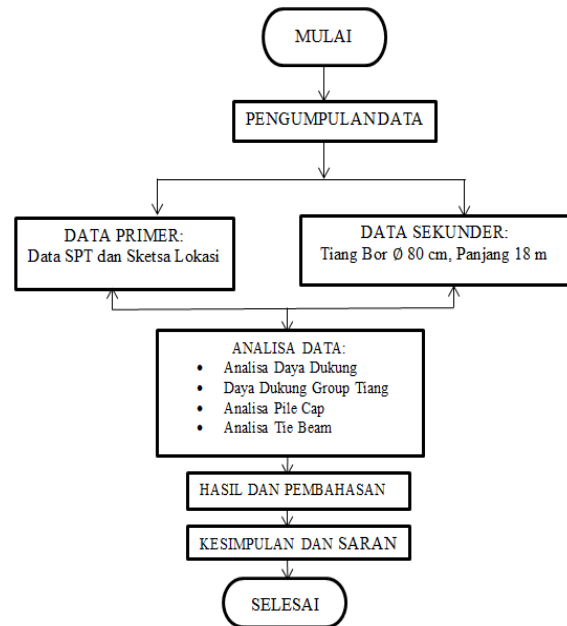
3.3. Data Teknis Proyek

Data ini diperoleh dari lapangan dengan data sebagai berikut:

Diameter bore pile = 80 cm
 Panjang tiang bor = 18 meter
 Mutu beton bore pile = $f'c$ 30

3.4. Tahapan Penelitian

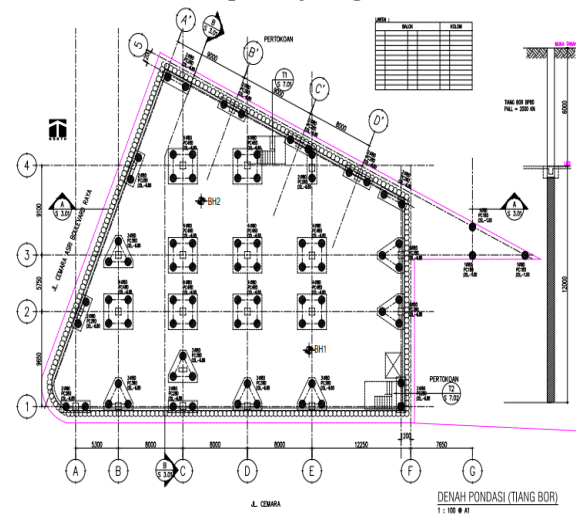
Skema pelaksanaan studi ini dapat dilihat pada gambar diagram alir dibawah ini adalah:



Gambar 3.2 Bagan Alir Metodologi Penelitian

3.5. Denah Pondasi

Adapun denah pondasi ini untuk menunjukkan susunan pondasi yang direncanakan seperti yang dibawah ini:



Gambar 3.3 Denah Pondasi

3.6 Data N-SPT

Dari grafik data N-SPT kita dapatkan nilai N

| BH1 | | | | BH2 | | | |
|-------|----|----------------|-------------|-------|-------------------|----------------|-------------|
| Depth | N | Filed Material | | Depth | N | Filed Material | |
| 0 | 0 | | | 0 | 0 | | |
| 2 | 9 | Silty Sand | Kohesif | 2 | 9 | Silty Sand | Kohesif |
| 4 | 7 | silty Clay | | 4 | 11 | | |
| 6 | 11 | Silty Sand | | 6 | 13 | Clayey Silt | |
| 8 | 10 | silty Clay | | 8 | 10 | | |
| 10 | 20 | | | 10 | 23 | Silty Clay | |
| 12 | 17 | Sand | 12 | 18 | | | |
| 14 | 16 | | 14 | 16 | Silty Sand | | |
| 16 | 17 | Sandy Silt | 16 | 17 | Organic Materials | | |
| 18 | 60 | Sand | Non Kohesif | 18 | 60 | Sand | Non Kohesif |
| 20 | 60 | | | 20 | 60 | | |
| 22 | 60 | | | 22 | 60 | | |
| 24 | 60 | | | 24 | 60 | | |
| 26 | 60 | | | 26 | 60 | | |
| 28 | 60 | | | 28 | 60 | | |
| 30 | 60 | | | 30 | 60 | | |

Tabel 3.1 Data N-SPT

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

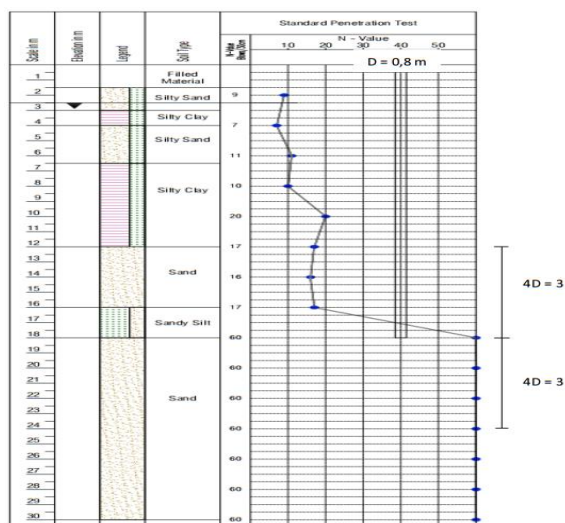
4.1. Perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor dari hasil standart Penetration test (SPT)

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor per lapisan dari data SPT memakai metode Mayerhoff.

$$\text{Keliling tiang (Ak)} = 3,14 \cdot 0,8 = 2,512 \text{ m}$$

$$\text{Luas tiang (Ap)} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 = 0,5024 \text{ m}^2$$

Digunakan nilai N-SPT 4D ke atas (N1) dan 4D kebawah (N2).



Gambar 4.1 Data N-SPT

Perhitungan ini menggunakan dua rumus yakni untuk jenis tanah non-

kohesif (pasir) dan jenis tanah kohesif (lempung),.

➤ Untuk tanah non-kohesif

Daya dukung ujung pada kedalaman 18 meter

$$N1 = 38,5$$

$$N2 = 60$$

$$N_r = 49,25$$

Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 40 \times 49,25 \times 0,5024$$

$$= 989,728 \text{ ton}$$

Untuk tahanan geser selimut tiang

$$N_k = \frac{9+7+11+10+20+17+16+17+60}{8}$$

$$= 20,875$$

$$L_i = 18 \text{ m}$$

$$Q_s = 0,1 \times 20,875 \times 2,512 \times 18$$

$$= 94,39 \text{ Ton}$$

Daya dukung ultimate

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 989,728 + 94,39 = 1084,12 \text{ ton.}$$

Daya dukung ijin tiang :

$$Q_{ijin} = \frac{989,728}{3} + \frac{94,39}{5} = 348,79$$

ton

➤ untuk tanah kohesif :

Pada kedalaman 6,00 m

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p$$

$$= 9 \cdot 6,66 \cdot 0,5024 = 30,11 \text{ ton}$$

$$C_u = N\text{-SPT} \cdot 2/3 \cdot 10$$

$$= 11 \cdot 2/3 \cdot 10 = 73,3 \text{ KN} \sim 7,33$$

Ton

Untuk tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif :

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot K_p \cdot L_i$$

$$= 0,60 \times 7,33 \times 2,512 \times 6 = 66,27$$

ton

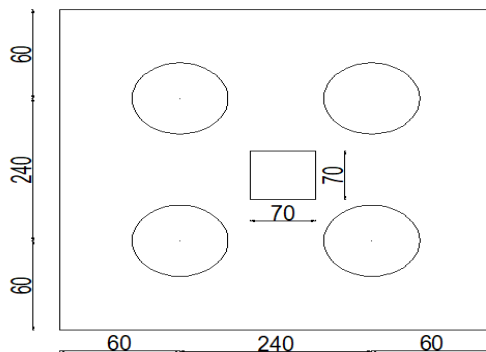
Perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor per lapisan dari data N-SPT pada titik BH1,

| Dept (m) | D (m) | Ap (m ²) | Ak (m) | N | N1 | N2 | Nr | NK | Qp (ton) | Qs (ton) | Qu (ton) | Qi (ton) |
|----------|-------|----------------------|--------|----|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 9 | 4,50 | 8,00 | 6,25 | 9,00 | 125,60 | 4,52 | 130,12 | 42,77 |
| 4 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 7 | 8,00 | 9,00 | 8,50 | 16,00 | 170,82 | 16,08 | 186,89 | 60,15 |
| 6 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 11 | 9,00 | 10,50 | 9,75 | 13,50 | 195,94 | 20,35 | 216,28 | 69,38 |
| 8 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 10 | 10,50 | 15,00 | 12,75 | 12,33 | 256,22 | 24,79 | 281,01 | 90,37 |
| 10 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 20 | 15,00 | 18,50 | 16,75 | 14,25 | 336,61 | 35,80 | 372,40 | 119,36 |
| 12 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 17 | 18,50 | 16,50 | 17,50 | 14,80 | 351,58 | 44,61 | 396,19 | 126,15 |
| 14 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 16 | 16,50 | 16,50 | 16,50 | 15,00 | 331,58 | 52,75 | 384,34 | 121,08 |
| 16 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 17 | 16,50 | 38,50 | 27,50 | 15,29 | 552,64 | 61,44 | 614,08 | 196,50 |
| 18 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 38,50 | 60,00 | 49,25 | 20,88 | 989,73 | 94,39 | 1084,12 | 348,79 |
| 20 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 25,22 | 1205,76 | 126,72 | 1332,48 | 427,26 |
| 22 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 28,70 | 1205,76 | 158,61 | 1364,37 | 433,64 |
| 24 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 31,55 | 1205,76 | 190,18 | 1395,94 | 439,96 |
| 26 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 33,92 | 1205,76 | 221,54 | 1427,28 | 446,22 |
| 28 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 60,00 | 60,00 | 35,92 | 1205,76 | 252,67 | 1458,43 | 452,45 |
| 30 | 0,8 | 0,5024 | 2,512 | 60 | 60,00 | 30,00 | 45,00 | 37,64 | 904,32 | 283,68 | 1188,00 | 358,18 |

Tabel 4.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor pada BH1

Tabel 4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor pada BH2

Metode Converse-Laberre Formula Tipe Pondasi PC480



Gambar 4.2 Tipe Pondasi PC480

Efisiensi kelompok tiang dihitung dengan menggunakan rumus Converse-Laberre:

Diketahui: $n = 2$, $d = 80$ cm

$m = 2$ $s = 240$ cm

$\theta = \arctan (d/s)$

$= \arctan (80/240)$

$= 18,43^\circ$

$Eg = 1 - 18,43^\circ \frac{(2-1) \times 2 + (2-1) \times 2}{90 \times 2 \times 2} = 0,795$

Daya dukung single pile adalah:

Daya dukung = $Eg \cdot Qi$

$= 0,795 \times 348,79 = 277,288$

ton

Perhitungan Daya Dukung Grup Tiang

$Qg = Eg \cdot n \cdot Q_{ijin}$

$= 0,795 \cdot 4 \cdot 348,79 = 1109,152$ ton

Daya dukung grup tiang BH1 seperti berikut

| Depth (m) | D (m) | N | NK | Nr | Ap (m ²) | Kp (m) | Qp (ton) | Qs (ton) | Qan (ton) | Qin (m) | Metode Converse - Labarre | | | | | | | |
|-----------|-------|----|-------|-------|----------------------|--------|----------|----------|-----------|---------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|--------|---|---|
| | | | | | | | | | | | Qg 4 Pile (ton) | Qg 3 Pile (ton) | Qg 2 Pile (ton) | Qg 1 Pile (ton) | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,80 | 9 | 9,00 | 6,25 | 0,5024 | 2,512 | 125,60 | 4,52 | 130,12 | 42,77 | 0,795 | 136,01 | 97,65 | 0,897 | 76,73 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0,80 | 7 | 16,00 | 8,50 | 0,5024 | 2,512 | 170,82 | 16,08 | 186,89 | 60,15 | 0,795 | 191,29 | 0,761 | 137,33 | 0,897 | 107,92 | 0 | 0 |
| 6 | 0,80 | 11 | 13,50 | 9,75 | 0,5024 | 2,512 | 195,94 | 20,35 | 216,28 | 69,38 | 0,795 | 220,63 | 0,761 | 158,40 | 0,897 | 124,47 | 0 | 0 |
| 8 | 0,80 | 10 | 12,33 | 12,75 | 0,5024 | 2,512 | 256,22 | 24,78 | 281,00 | 90,36 | 0,795 | 287,36 | 0,761 | 206,30 | 0,897 | 162,11 | 0 | 0 |
| 10 | 0,80 | 20 | 14,25 | 16,75 | 0,5024 | 2,512 | 336,61 | 35,80 | 372,40 | 119,36 | 0,795 | 379,57 | 0,761 | 272,50 | 0,897 | 214,14 | 0 | 0 |
| 12 | 0,80 | 17 | 14,80 | 17,50 | 0,5024 | 2,512 | 351,58 | 44,61 | 396,19 | 126,15 | 0,795 | 396,29 | 0,761 | 288,00 | 0,897 | 226,31 | 0 | 0 |
| 14 | 0,80 | 16 | 15,00 | 27,50 | 0,5024 | 2,512 | 552,64 | 52,75 | 605,39 | 194,76 | 0,795 | 619,35 | 0,761 | 444,65 | 0,897 | 349,41 | 0 | 0 |
| 16 | 0,80 | 17 | 15,29 | 27,50 | 0,5024 | 2,512 | 552,64 | 61,45 | 614,09 | 196,50 | 0,795 | 624,88 | 0,761 | 448,62 | 0,897 | 352,53 | 0 | 0 |
| 18 | 0,80 | 60 | 20,88 | 49,25 | 0,5024 | 2,512 | 989,73 | 94,41 | 1084,14 | 348,79 | 0,795 | 1109,16 | 0,761 | 796,29 | 0,897 | 625,73 | 0 | 0 |
| 20 | 0,80 | 60 | 25,22 | 60,00 | 0,5024 | 2,512 | 1205,76 | 126,71 | 1332,47 | 427,26 | 0,795 | 1358,69 | 0,761 | 975,44 | 0,897 | 766,51 | 0 | 0 |
| 22 | 0,80 | 60 | 28,70 | 60,00 | 0,5024 | 2,512 | 1205,76 | 158,61 | 1364,37 | 433,64 | 0,795 | 1378,98 | 0,761 | 990,00 | 0,897 | 777,95 | 0 | 0 |
| 24 | 0,80 | 60 | 31,55 | 60,00 | 0,5024 | 2,512 | 1205,76 | 190,18 | 1395,97 | 439,96 | 0,795 | 1399,08 | 0,761 | 1004,43 | 0,897 | 789,29 | 0 | 0 |
| 26 | 0,80 | 60 | 33,92 | 60,00 | 0,5024 | 2,512 | 1205,76 | 221,54 | 1427,30 | 446,22 | 0,795 | 1419,00 | 0,761 | 1018,74 | 0,897 | 800,53 | 0 | 0 |
| 28 | 0,80 | 60 | 35,92 | 60,00 | 0,5024 | 2,512 | 1205,76 | 252,65 | 1458,41 | 452,45 | 0,795 | 1438,79 | 0,761 | 1032,94 | 0,897 | 811,69 | 0 | 0 |
| 30 | 0,80 | 60 | 37,64 | 45,00 | 0,5024 | 2,512 | 904,32 | 283,66 | 1187,98 | 358,17 | 0,795 | 1138,98 | 0,761 | 817,70 | 0,897 | 642,56 | 0 | 0 |

Tabel 4.3 Perhitungan Daya Dukung Grup Tiang BH1

4.4. Analisa Pembebanan

4.4.1 Struktur Portal Yang Akan Dianalisa

Ukuran kolom

Ukuran 700 x 700

Ukuran balok (mm):

Ukuran 400 x 700

Ukuran 500 x 700

Ukuran 300 x 700

Ukuran 300 x 500

Ukuran 200 x 500

Ukuran 400 x 600

Mutu Beton $f'c = 30$ Mpa

Mutu baja tulangan $fy = 240$ Mpa

Besi tulangan polos $fy = 400$ Mpa

Ec Beton = $4700 \sqrt{f'c} = 25742,96$ Mpa

Baja Tulangan (Fy) = 400 Mpa

Tebal Plat Lantai = 12 cm

Plat, Atap = 10 cm

Berat Jenis Beton Bertulang (γ_c) = 2400 Kg/m³

Modulus Elastisitas Baja (Es) = 200000 Mpa

Nisbah Poisson (μ) = 0,3

4.1.1. Pembebanan Pada Atap

Beban Mati (Dead Load)

Berat Pelat Atap = 2,40 kN/m²

Berat Air Hujan = 0,50 kN/m²

Finishing Atap = 0,28 kN/m²

Plafond, penggantung = 0,18 kN/m²

Plafond, penggantung = 0,18 kN/m²

= 3,28 kN/m²

Beban Hidup Atap = 1 kN/m²

4.1.2. Pelat Lantai 1-5

Beban Mati (Dead Load)

Berat Pelat Atap = 2,88 kN/m²

Tegel = 0,48 kN/m²

ME = 0,40 kN/m²

Spesi = 0,42 kN/m²

Plafond, penggantung = 0,18 kN/m²

= 4,36 kN/m²

Beban Hidup Atap = 2,5 kN/m²

4.1.2. Pelat Lantai B1,B2,LP1,LP2

Beban Mati (Dead Load)

Berat Pelat Atap = 2,88 kN/m²

Tegel = 0,48 kN/m²

ME = 0,40 kN/m²

Spesi = 0,42 kN/m²

Plafond, penggantung = 0,18 kN/m²

= 4,36 kN/m²

Beban Hidup = 4,79 kN/m²

Perhitungan beban gempa struktur dihitung dengan metode respon spectrum sesuai dengan SNI-1726-2012.

- Berdasarkan data tanah yang digunakan, klasifikasi tanah sedang
- Parameter Percepatan Tanah (S_s, S₁) diambil dari peta zona gempa Indonesia wilayah Medan (Sumatera Utara)
S_s = 0.527 g dan S₁ = 0.333 g
- Faktor Koefisien Situs (F_a dan F_v)
F_a = 1,385 g, dan F_v = 1,744 g
- Parameter Respon Spektrum
S_{ms} = F_a . S_s = 0,729 g
S_{m1} = F_v . S₁ = 0,581 g
- Menentukan Parameter Percepatan Desain

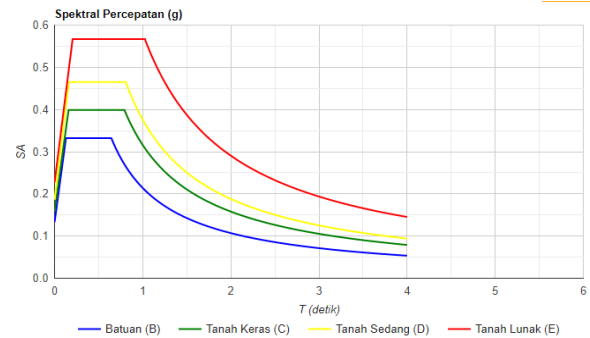
$$S_{DS} = 2/3 S_{ms} = 2/3 \times 0.73 = 0,486 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{m1} = 2/3 \times 0.58 = 0,387 \text{ g}$$

- Merencanakan Respon Spektrum

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,159$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,796$$



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum

4.1.4. Perhitungan Beban Angin

Beban Angin Arah X :

Beban Angin Tekan

$$W_1 = 0,9 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 4,5 = 1296 \text{ Kg} = 1,296 \text{ ton}$$

Beban Angin Hisap

$$W_2 = -0,4 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 4,5 = -576 \text{ Kg} = -0,576 \text{ ton}$$

Beban Angin Arah Y :

Beban Angin Tekan

$$W_1 = 0,9 \cdot 40 \cdot 9,65 \cdot 4,5 = 1563,3 \text{ Kg} = 1,5633 \text{ ton}$$

Beban Angin Hisap

$$W_2 = -0,4 \cdot 40 \cdot 9,65 \cdot 4,5 = -694,8 \text{ Kg} = -0,6948 \text{ ton}$$

Maka hasil analisa beban yang bekerja dan momen yang didapat dari program SAP2000 yaitu sebesar:

Pondasi PC480:

$$P = 7344,386 \text{ KN} \rightarrow 734,439 \text{ Ton}$$

$$M_{maks} = 321,904 \text{ KN/m}$$

Pondasi PC380:

$$P = 6757,272 \text{ KN} \rightarrow 675,727 \text{ Ton}$$

$$M_{maks} = 507,937 \text{ KN/m}$$

Pondasi PC480:

$$Q_g = 1109,16 \text{ Ton} > P$$

$$= 1109,16 \text{ Ton} > 734.439 \text{ Ton} \dots$$

OK

Pondasi PC380:

$$Q_g = 796,29 \text{ Ton} > P$$

$$= 796,29 \text{ Ton} > 675.727$$

Ton.....OK

Perhitungan Pile Cap

| PC480 | | |
|------------|--------------|---------------|
| | Maksimum | Minimum |
| Momen (Mu) | 371,9036 KNm | 147,98837 KNm |
| Shear (Vu) | 122,032 KN | 48,450 KN |
| Axial (Pu) | 7344,386 KN | 1770,797 KN |

Total panjang pile cap = 3600 mm

Total lebar pile cap = 3600 mm

Total tinggi pile cap = 1500 mm

Tebal efektif (d) = ht - d' - 1/2 D_{utama}

$$= 1500 - 70 - \frac{1}{2} \times 22$$

$$= 1419 \text{ mm}$$

➤ Kontrol Gaya Geser Satu Arah.

a). Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis daerah Y

$$V_u = \delta [(L \cdot b) - G']$$

$$\delta = \frac{P}{A} = \frac{7344.386}{(3.6 \times 3.6)} = 566,697 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = (b/2 - \text{lebar kolom}/2) - d$$

$$= (3600 / 2 - 700 / 2) - 1419 = 31 \text{ mm}$$

$$V_u = 566.697 [(3,6 \times 3,6) \cdot 0.031] = 227,67 \text{ ton}$$

b). Kuat Geser Beton

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

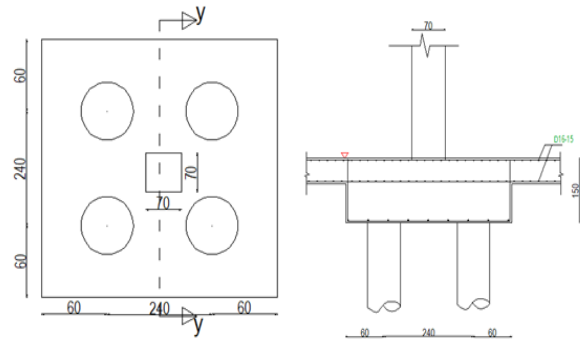
$$= 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 3600 \times 1419$$

$$= 14059300.167 \text{ N} = 1405.93 \text{ ton}$$

Dimana syarat yang berlaku dalam SNI 2847:2013 :

$$\phi V_c \geq V_u$$

1405.93 ton \geq 227.67 ton, Dinyatakan aman !!! (Maka Pondasi Memenuhi syarat!!!!)



Gambar 4.12 Analisa Geser 1 Arah Daerah Y

4. Kontrol Gaya Geser 2 Arah

a) Penampang Kritis Daerah X

$$V_u = \delta [(L \cdot b) - G']$$

$$\delta = \frac{P}{A} = \frac{7344.386}{(3.6 \times 3.6)} = 566,697 \text{ ton/m}^2$$

$$G' = (b/2 - \text{lebar kolom}/2) - d$$

$$= (3600 / 2) - (700 / 2) - 1419 = 31 \text{ mm}$$

$$V_u = 566.697 \times 3.6 \times (0.031) = 63.243 \text{ ton}$$

Kuat Geser Beton

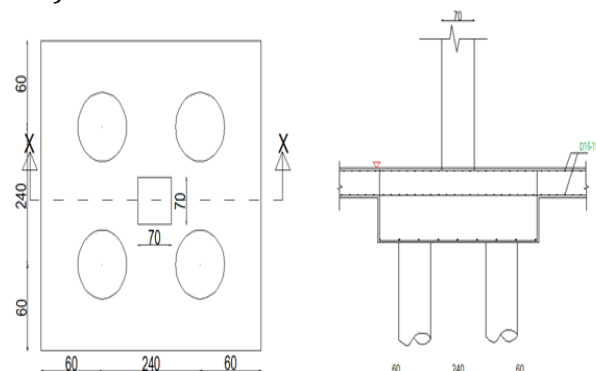
$$\phi V_c = 0,75 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{30} \cdot 3600 \cdot 1419$$

$$= 3567285.117 \text{ N} = 356.728 \text{ ton}$$

Dimana syarat yang berlaku dalam SNI

$$\phi V_c \geq V_u$$

356.728 ton \geq 63.243 ton, Dinyatakan aman (maka pondasi memenuhi syarat!!!!)



Gambar 4.13 Analisis Geser 1 arah daerah X

a) Gaya Geser yang Bekerja Pada Penampang Kritis Daerah Y

P = 7344.386 Ton (pondasi PC480)

1. Lebar Penampang Kritis (B')

$$B' = b \text{ kolom} + 2(1/2) \cdot d$$

$$= 700 + 2(0,5) \cdot 1419 = 841,9$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis

$$V_u = \delta ((L \cdot b) - B'^2) \\ = \delta = \frac{P}{A} = \frac{7344.386}{(3.6 \times 3.6)} = 566.696$$

ton/m²

$$V_u = \delta ((L \cdot b) - B'^2) \\ = 566.696 ((3.6 \times 3.6) - 84,19^2) \\ = 256,424 \text{ ton}$$

3 Kuat geser beton (Vc) berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 13.12.2.1 adalah nilai terkecil dari:

$$b_o = 4B' \\ = 4 \times 841,9 \\ = 3367.6 \text{ cm} \Rightarrow 33.676 \text{ m}$$

$$\beta_c = \frac{700}{700} = 1$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d}{6} \\ = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot \frac{\sqrt{30} \cdot 3367,9 \cdot 1419}{6} \\ = 6543714,349 \text{ N} = 667,27 \text{ ton}$$

$$V_c = \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \frac{\sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d}{12} \\ = \left(\frac{40 \cdot 1419}{3367.6} + 2\right) \cdot \frac{\sqrt{30} \cdot 3367.6 \cdot 1419}{12} \\ = 41122999.6298 \text{ N} = 4193.38 \text{ ton}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \\ = 0,33 \sqrt{30} \cdot 3367,6 \cdot 1419 \\ = 8636933.527 \text{ N} = 880,72 \text{ ton}$$

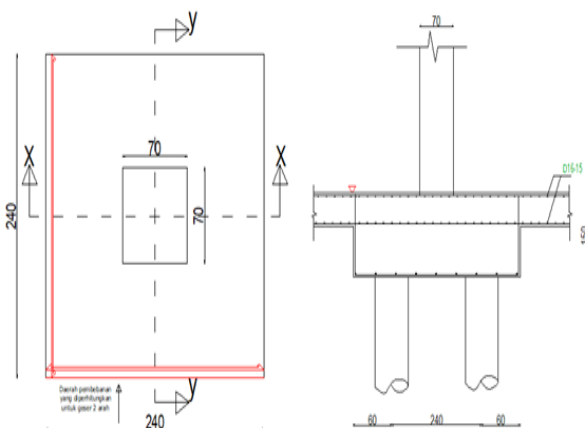
Digunakan nilai terkecil dari ke tiga nilai

Vc di atas yaitu :

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 667,27 = 500,45 \text{ ton}$$

Syarat $\emptyset V_c \geq V_u$

$$500,45 \text{ ton} \geq 256,424 \text{ ton} \dots\dots!!! \text{ OKE}$$



Gambar 4.14 Penampang Kritis Geser Dua Arah X dan Y

4.7 Perhitungan Tie Beam

Data Perencanaan

- Lebar Balok (bw) = 500 mm
- Tinggi Balok (h) = 700 mm
- Mutu Beton (f'c) = 30 Mpa
- Mutu Beton Baja (fy) = 400 Mpa
- Selimut Beton = 60 mm
- Tulangan Pokok = 25 mm
- Tulangan Sengkang = 13 mm
- Bentang Tie Beam = 12250 mm
- Defektif = 622 mm
- Faktor reduksi = 0,9

Diperoleh dari analisa SAP2000:

| Tie Beam 500 x 700 | Tumpuan | Lapangan |
|--------------------|--------------|-------------|
| Mu (+) | 313,613 KN.m | 609,12 KN.m |
| Mu (-) | 116,695 KN.m | 587,75 KN.m |
| Vu (Kn) | 360,154 KN.m | |

Perhitungan Tulangan Logitudinal

Tulangan logitudinal adalah tulangan yang sejajar sumbu batang, untuk perhitungan penulangan diambil nilai Mu dari semua kombinasi beban yang ada, maka dari hasil output Sap2000 v16 diperoleh sebagai berikut:

$$Mu (-) \text{ maks} = 313,613 \text{ KN.m}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{316,2729}{0,9} = 351,414 \text{ KNm}$$

$$d = 700 - 60 - 13 - \frac{1}{2} 25 = 622 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 700 - 622$$

$$Rn = \frac{Mn}{0,9 \times b \times d^2} = \frac{351,414 \times 10^6}{0,9 \times 500 \times 622^2} \\ = 2,018 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,018}{0,85 \times 30}}\right] \times \frac{0,85 \times 30}{400} \\ = 0,00526$$

$$AS_{\text{perlu}} = 0,00526 \times 500 \times 622 \\ = 1635,86 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{min}} = \frac{1,4}{400} \cdot 500 \cdot 622 = 1088,5 \text{ mm}^2$$

$$AS_{\text{min}} = \frac{\sqrt{30}}{4 \times 400} \cdot 500 \cdot 622 \\ = 1064,635 \text{ mm}^2$$

As min yang digunakan adalah 1088,5 mm². Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 21.5.2.1 Rasio tulangan tidak boleh melebihi 0,025.

$\rho_{maks} = 0,025$, maka ;
 $AS_{maks} = 0,025 \cdot 500 \cdot 622 = 7775 \text{ mm}^2$
 $AS_{min} < AS_{Perlu} < AS_{maks}$, Maka yang digunakan adalah $AS_{perlu} = 1635,86 \text{ mm}^2$
 $Ab_{logitudinal} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 25^2$
 $= 490,625 \text{ mm}^2$
 $n = \frac{1138,362}{490,625} = 2,320 \approx 3 \text{ buah}$
 $AS_{pakai} = 3 \cdot 490,625$
 $= 1471,875 \text{ mm}^2$

$AS_{pakai} > AS_{Perlu}$, maka yang digunakan adalah AS_{pakai}

Sesuai dengan SNI 2847 : 2013 pasal 7. 6 . 1 jarak bersih antar tulangan sejajar harus lebih dari 25 mm

$x =$

$$b - (2 \cdot d') - (2 \cdot \emptyset) - (n \cdot \emptyset_{logitudinal})$$

$$= \frac{500 - (2 \cdot 60) - (2 \cdot 13) - (3 \cdot 25)}{3-1}$$

$$= 139,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}, \text{ maka}$$

digunakan 1 lapis tulangan

Periksa Momen Nominal

$$a = \frac{1471,875 \times 400}{0,85 \times 30 \times 500} = 46,176 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{46,176}{0,84} = 54,97 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{622 - 54,97}{54,97} \times 0,003 = 0,03094$$

$0,03094 > 0,005$ (memenuhi syarat)

$$\emptyset Mn = \emptyset \cdot AS_{pakai} \cdot fy \cdot (d - \frac{a}{2})$$

$$= 0,9 \cdot 1471,875 \cdot 400 (622 - \frac{46,176}{2})$$

$$= 305,115 \text{ KN.m} > Mu = 313,613 \text{ KN.m},$$

maka rancangan tulangan yang direncanakan aman.....!!

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada lokasi proyek Pembangunan Living Plaza Cemara Asri medan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang bor dari data SPT pada titik BH-I, didapat daya dukung ijin pondasi tiang bor pada kedalaman 18 m (Q_{ijin}) sebesar 348,79 ton dengan menggunakan metode mayerhof. Efisiensi grup tiang dengan menggunakan metode

Converse-Labarre formula untuk pile cap type PC480 didapat efisiensi kelompok tiang (E_g) 0.795.

2. Hasil perhitungan beban yang dipikul tiang bor menggunakan aplikasi SAP2000 V16. Untuk pondasi PC480 dari hasil perhitungan daya dukung total kelompok tiang (Q_g) untuk 4 tiang pada kedalaman 18 m sebesar 1109,16 Ton > beban yang dipikul (P_u) 734.439 Ton (Ok).Maka pondasi dalam memikul beban yang diatasnya.....Aman
3. Perhitungan dimensi pile cap 4 pile yaitu panjang 3600 mm, lebar 3600 mm dan tinggi 1500 mm. Kuat geser satu arah daerah Y pile cap $\emptyset V_c = 1405,93 \text{ ton} > V_u 369,259 \text{ ton}$, kuat geser satu arah daerah X pile cap pada kolom $\emptyset V_c = 356,728 \text{ ton} > V_u = 63,259 \text{ ton}$, kuat geser dua arah pile cap pada kolom $\emptyset V_c = 500,45 \text{ ton} > V_u = 256,424 \text{ ton}$. Hasil perhitungan penulangan pada pile cap adalah D16 - 100 mm untuk atas, D22 - 100 mm tulangan bawah pada daerah X sesuai dengan tulangan yang digunakan dilapangan.
4. Dari perhitungan penulangan tie beam dengan bentang E - F dimensi 500 x 700 mm didapat tulangan 7D22 atas 3D22 bawah untuk tulangan tumpuan, dan 3D22 atas 7D22 bawah untuk tulangan sengkang 2D8-150

Saran

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas, maka disarankan beberapa hal berikut:

1. Ada baiknya perencanaan pondasi tidak hanya berdasarkan data SPT saja namun menggunakan data sondir dan data laboratorium sebagai pembanding demi keakuratan hasil akhir yang dipakai dalam perencanaan. Sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita memperoleh data teknis yang

lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan sesuai dengan standart.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I1* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hardiyanto, Christady, H. *Mekanika Tanah I*, PT 1987 Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1987
- Gramedia Pustaka Kopa, Raiman, 2008. Rekayasa Gempa.
- Novieyandi Setia, Struktur bangunan bertingkat tinggi, penerbit PT. Refika Aditama, Bandung, 2001
- Pamungkas, Anugrah.&Harianti, Erny. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa* Yogyakarta: ANDI
- Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung dan bangunan lain (sni-1727 2013)
- Putri, prima yane. (2007). *Analisis dan Desain Struktur Rangka dengan Sap 2000 versi student*. Padang.
- Rekayasa Fundasi II (Findasi Dangkal dan Fundasi Dalam), Penerbit Gunadarma. Jakarta, 1997
- Reinforced Concrete Design. Design of pile cap. From http://www.ceref.com/RC-Design/Pile_cap/Pile_cap.html. 14 september 2014.
- Schodek. Daniel L. 1999. *Sruktur*. Jakarta: Erlangga
- Silalahi. Juniman, 2009. *Mekanika Struktur*. SNI-03-2847-2002
- Mayerhoff, Karl, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa* Jilid 1. Erelangga Jakarta, 1987.