

**ANALISA STRUKTUR PONDASI GEDUNG REKTORAT
UNIVERSITAS MUARA BUNGO - JAMBI (Gedung Berlantai 7)**

Lian novratrilova, S.T., M.T, Yugo Satriyadi, Suwarjo,ST.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,

Universitas Muara Bungo

E-mail : lianlova86@gmail.com, yugosatriyadi16@gmail.com,

ABSTRAK

Universitas Muara Bungo merupakan salah satu Universitas yang ada di Provinsi Jambi wilayah Barat. Kebutuhan akan gedung untuk proses belajar/mengajar dan fasilitas lainnya sebagai sarana penunjang pendidikan adalah mutlak diperlukan. Pondasi pada proyek pembangunan gedung Universitas Muara Bungo ini adalah jenis pondasi dalam yakni pondasi Bored Pile. Pondasi bored pile adalah pondasi dalam yang berfungsi meneruskan beban bangunan kedalam lapisan tanah keras yang bila lapisan tanah dipermukaan atas tidak cukup untuk menahan beban bangunan ; jika hanya menggunakan pondasi dangkal, sehingga diperlukan daya dukung tambahan. Tugas akhir ini menyajikan daya dukung pondasi bored pile, stabilitas pondasi dan analisa detail penulangan pondasi pada proyek pembangunan gedung Rektorat Universitas Muara Bungo. Untuk mencari daya dukung pondasi menggunakan Metode Mayerhoff. Didapat daya dukung pondasi 1 tiang bored pile berdasarkan mutu kekuatan bahan adalah 3.255 ton dan daya dukung pondasi berdasarkan nilai konus $q_c = 41,94 \text{ kg/cm}^2$ adalah 3.044,04 ton. Berdasarkan analisa stabilitas pondasi, pondasi tidak akan terjadi guling, tidak bergeser, tidak melesak dan terjadi penurunan(settlement) pada pondasi. Untuk tiang tunggal sebesar 6 cm dan kelompok tiang sebesar 0,83 cm.

Kata kunci: Pondasi bored pile, Daya dukung pondasi, Stabilitas pondasi.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Semakin meningkatnya jumlah penduduk seiring dengan perkembangan zaman maka kebutuhan akan pendidikan sangat diperlukan, hal tersebut juga berarti tuntutan akan kebutuhan pendidikan meningkat pula, dan tentu diperlukan pula fasilitas pelayanan pendidikan yang lebih memadai dan lebih mendukung

Universitas Muara Bungo merupakan salah satu Universitas yang ada di Provinsi Jambi wilayah Barat yang berdiri pada tahun 2008. Keberadaan gedung Rektorat Universitas Muara Bungo yang lama dirasakan tidak lagi mampu menyediakan ruang dalam proses pelayanan terhadap mahasiswa dan para dosen. Oleh karena itu, diperlukan pembangunan gedung Rektorat yang baru dimana kebutuhan ruang tersebut dapat mengakomodasi segala aktivitas kegiatan kampus.

Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Pertama-tama yang dilaksanakan pada kegiatan pembangunan struktur di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah yaitu pekerjaan pondasi.

Berdasarkan jenis tanah, kondisi geografis, lokasi sekitar proyek, biaya konstruksi dan kemudahan pelaksanaan di lapangan, besarnya beban statis dan dinamis yang bekerja, fungsi bangunan dan jumlah tingkat bangunan pemilihan pondasi pada proyek pembangunan gedung Universitas Muara Bungo ini adalah jenis pondasi dalam yakni pondasi *Bored Pile*

Tujuan, Maksud dan manfaat

Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mencari daya dukung satu tiang dan kelompok tiang pondasi bored pile.
2. Menentukan jumlah bored pile dalam satu titik.
3. Menentukan stabilitas pondasi.
4. Menganalisa tulangan pondasi

Maksud

Adapun maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah dapat memberikan pengetahuan, pengertian, pemahaman mengaplikasikan teori-teori selama dalam bangku kuliah serta pengalaman dalam merencanakan struktur bawah yaitu pondasi gedung Rektorat Universitas Muara Bungo yang nantinya dapat dijadikan referensi untuk menganalisa struktur bawah gedung yang lainnya.

Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Sebagai bahan referensi bagi diri penulis dan siapa saja yang membacanya khususnya bagi mahasiswa teknik sipil.
2. Penyusun / penulis berharap dapat memberikan pemahaman mengenai :
 - Cara menganalisis pondasi
 - Cara menghitung / menganalisis dimensi pondasi
 - Menganalisa daya dukung pondasi
 - Perhitungan pondasi

Batasan masalah

Dalam penulisan tugas akhir dengan judul "Analisa Struktur Pondasi Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo" permasalahan hanya dibatasi :

1. Daya dukung pondasi berdasarkan Metode Mayerhoff
2. Stabilitas pondasi
3. Jumlah *bored pile* dalam satu titik yaitu pada pondasi di titik C karena di titik tersebut menerima beban atau gaya aksial yang terbesar (titik terkritik).

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir perencanaan struktur pondasi gedung rektorat UMB ini meliputi :

1. Berapakah jumlah tiang *bored pile* yang dipakai pada 1 titik pondasi ?
2. Bagaimanakah cara menghitung daya dukung 1 tiang *bored pile* berdasarkan mutu kekuatan bahan ?

3. Bagaimanakah cara menghitung daya dukung 1 tiang *bored pile* berdasarkan nilai konus qc ?
4. Bagaimanakah stabilitas pondasi dititik C ?
5. Berapakah dimensi kolom pada titik CF ?

2. DASAR TEORI

Umum

Pada prinsipnya perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas (*upper structure*) meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang ada dibawah permukaan tanah, dalam hal ini yang dimaksud adalah pondasi.

Tanah sebagai dasar pondasi

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah kumpulan (agregat) butir mineral alami yg bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat tersebut diaduk dalam air.

Struktur bawah

Struktur bawah adalah struktur yang seluruh bagiannya berada dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah dari suatu bangunan terdiri atas *pile cape* dan pondasi namun komponen yang lebih dikenal adalah pondasi karena tugasnya lebih berat yaitu memikul beban bangunan diatasnya.

Pondasi *bored pile* (Tiang bor)

Pondasi *bored pile* adalah pondasi dalam yang berfungsi meneruskan beban bangunan kedalam lapisan tanah keras yang bila lapisan tanah dipermukaan atas tidak cukup untuk menahan beban bangunan jika hanya menggunakan pondasi dangkal, sehingga diperlukan daya dukung tambahan.

Metode pelaksanaan pondasi *bored pile*

1. Persiapan lokasi pekerjaan (*Site Preparation*)
2. Rute/Alur pengeboran
3. Survey lapangan dan penentuan titik pondasi
4. Pemasangan *stand pipe/casing*
5. Pembuatan drainase dan kolam air
6. Setting mesin RCD (*RCD Machine Instalation*)

Metode pelaksanaan pondasi *strauss pile*

- a. Pekerjaan lokasi pekerjaan (*Site Preparation*)
- b. Rute/Alur pengeboran (*Route of boring*)
- c. Survey lapangan dan penentuan titik pondasi (*Site Survey dan Centering of Pile*)
- d. Persiapan Pengeboran
- e. Pengeboran
- f. Pembesian
- g. Pengecoran

Perencanaan dan perhitungan daya dukung pondasi tiang berdasarkan data sondir

Untuk Perencanaan pondasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dihitung dengan menggunakan Metode **Mayerhoff**.

Daya dukung ultimit tiang Metode Mayerhoff

Untuk daya dukung ultimit pondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus :

$$Q_u = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot Kll) \quad (2.1)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung ultimit tiang (ton)

q_c = Tahanan ujung sondir (kg/cm^2) A_p = Luas penampang tiang (cm^2)

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm^2)

K_{11} = Keliling tiang (cm)

Adapun daya dukung ijin pondasi menggunakan metode ini

$$Q_n = \frac{(q_c \cdot A_p)}{3} + \frac{(JHL \cdot K_{11})}{5} \quad (2.2)$$

Daya dukung ijin untuk kelompok tiang

Daya dukung sebuah tiang dalam kelompok adalah sama dengan daya dukung tiang tersebut dikalikan faktor efisiensi :

$$Q_{pg} = E_g \cdot n \cdot Q_u \quad (2.3)$$

Dimana :

Q_{pg} = daya dukung yang diijinkan untuk kelompok tiang (ton)

E_g = Efisiensi kelompok tiang = Jumlah tiang (buah)

Q_u = Daya dukung ultimit untuk tiang tunggal (kg)

- Menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang (E_g)

Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang adalah tiang adalah diambil dari rumus *Converse Labarre*, yaitu:

$$E_g = \frac{p}{m \times n \times \pi \times D} \quad (2.4)$$

Dimana :

m = jumlah tiang dalam 1 kolom (buah)

n = jumlah tiang dalam 1 baris (buah)

p = keliling kelompok tiang (m)

D = diameter dimensi *bored pile* (m)

Penulangan pondasi *bored pile*

Hitung tulangan utama

Untuk menentukan presentasi tulangan kolom menggunakan grafik interaksi kolom dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.5)$$

Dimana :

ϕ = faktor reduksi kekuatan tekandengan tulangan spiral 0,70

M_n = Momen nominal yang bekerja

M_u = Momen maksimum yang bekerjapada tiang

2. Menghitung $\rho_{\min}$ dan $\rho_{\max}$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{F_y} \quad (2.6)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \beta_1 f'_{c_c} \epsilon_r}{F_y} \left(\frac{600}{600 - F_y} \right) \quad (2.7)$$

$$\rho_{\max} = 0.75 (\rho_b) \quad (2.8)$$

Dimana :

$\rho_{\min}$ = rasio tulangan minimum

ρ_b = rasio tulangan seimbang (*balance*)

$\rho_{\max}$ = rasio tulangan maksimum

3. Menghitung ρ_{perlu}

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2m \cdot R_n)}{f_y}} \right) \quad (2.9)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \quad (2.10)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} \quad (2.11)$$

Dimana :

ρ = rasio tulangan yang digunakan atau perlu

4. Menghitung luas tulangan $A_s \rightarrow$ dimensi tulangan yang dicari

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (2.12)$$

Dimana :

A_s = luas tulangan hasil perhitungan atau yang dicari

b = diameter pondasi

d = lebar efektif pondasi

5. Menghitung jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ tulangan}} \quad (2.13)$$

Dimana :

n = jumlah tiang yang digunakan

6. Menghitung kuat dukung penampang bored pile berdasarkan kekuatan bahan

$$P_u = 0,1 \times f_c' \times A_{gr} \quad (2.14)$$

Dimana :

f_c' = mutu beton (Mpa)

A_{gr} = luas penampang *bored pile* (m^2)

Untuk mendapatkan nilai r menggunakan persamaan :

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,81 \times f_c'} \text{ dan } \frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,81 \times f_c'} \leq \frac{e_t}{\phi} \quad (2.15)$$

Dimana :

e_t = eksentrisitas

jumlah tiang yang diperlukan

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang

$$n_p = \frac{P}{P_{all}} \quad (2.16)$$

Dimana :

n_p = jumlah tiang

P = gaya aksial yang terjadi

P_{all} = daya dukung ijin tiang

Beton bertulang

Beton menurut Mc Cormac (2002) adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat- agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan.

Pembebanan

Beban Mati (*Dead Load*)

Mencakup semua beban yang disebabkan oleh beban sendiri struktur yang bersifat tetap dan bagian lain yang tak terpisahkan dari gedung. Beban mati untuk gedung ini diatur dalam "Tata

Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SKSNI T15-1991-03 untuk gedung-gedung)''.

Beban Hidup (*Live Load*)

Mencakup semua beban yang terjadi akibat beban penghunian ataupun penggunaan gedung termasuk barang-barang dalam ruangan yang tidak permanen. Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan (servis).

Beban Gempa Statik Ekuivalen

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Perencanaan beban gempa menggunakan analisis statik ekuivalen (metoda Kiyoshi Muto).

Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya beban angin minimum adalah 25 kg/cm^2 . Koefisien beban angin dan syarat-syarat yang lainnya diatur dalam Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SNI 1726-2002).

Kombinasi Pembebanan

Dengan mengacu pada SNI 03- 2847-2002, standar kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- $1,4D$ (2.15)
- $1,2D + 1,6L$ (2.17)
- $1,2D + 1,0L \pm 1,5 W$ (2.18)
- $0,9D \pm 1,6W$ (2.19)
- $1,2D + 1,0L \pm 1,0E$ (2.20)
- $0,9D \pm 1,0E$ (2.21)

Dimana:

D = Beban Mati (*Dead Load*)

L = Beban Hidup (*Live Load*)

E = Beban Gempa

W = Beban Angin

3. METODOLOGI**Metode Pengumpulan Data**

Dalam membuat dan melakukan analisis yang baik, Data-data tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok data, yaitu data primer dan data sekunder.

3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lapangan maupun hasil survey. Data primer antara lain sebagai berikut:

1. Data Proyek

Nama Proyek : Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo

Fungsi Bangunan : Gedung Kantor

Jumlah Lantai : 7 lantai

Lokasi : Jl. Pendidikan, Sei. Binjai, Muara Bungo

Struktur Bangunan : Konstruksi Beton Bertulang

Struktur Atap : Konstruksi Rangka Baja

Bahan Bangunan : Beton

Data Sondir.....(terlampir)

2. Data Spesifikasi Bahan

Data spesifikasi bahan digunakan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan dalam struktur. Yaitu sebagai berikut:

Kolom beton dengan Mutu beton K275, dengan tegangan ijin beton : $f_c' = 27,5$ MPa
 Pondasi beton dengan Mutu beton K350, dengan tegangan ijin beton : $f_c' = 35$ MPa
 Tulangan baja U 39 dan U40 Tegangan Ijin leleh baja : $f_y = 390$ MPa, dan $f_y = 400$ Mpa untuk tulangan fondasi
 Tulangan baja U 24 Tegangan Ijin leleh baja : $f_y = 240$ MPa, untuk tulangan geserpada fondasi

3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang berasal dari peraturan-peraturan, ketentuan- ketentuan, dan referensi kepustakaan untuk digunakan dalam menganalisa struktur pondasi . Data sekunder antara lain :

1. Data analisa struktur rangka atapgedung rektorat UMB.
2. Data analisa struktur portal gedungrektorat UMB.
3. Data perhitungan mekanika teknikterlampir :
4. literatur-literatur pendukung, grafik,tabel, dan peta lokasi bangunan.
5. Data Tanah

Peraturan Perencanaan

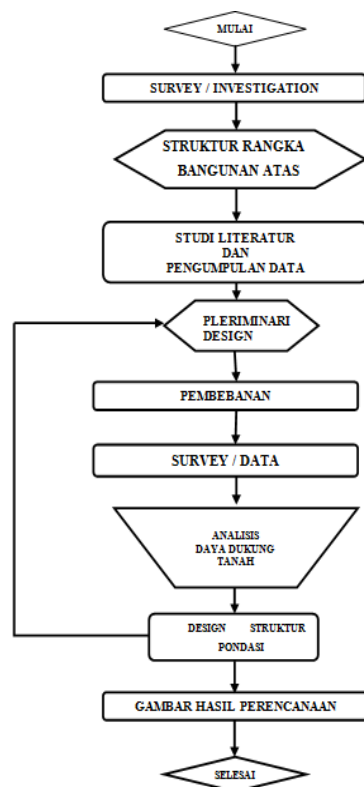
Peraturan perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara PerencanaanPembebanan Untuk Rumah dan Gedung SNI 03-2847-2002.
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung tahun SNI 1726-2002.
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan GedungSKSNI T-15-1991-03.
4. Perhitungan analisa struktur pondasi tiang pancang.

3.3 Metode Analisis Data

Perhitungan analisa struktur pondasi dalam struktur gedung rektoriat univeritas muara bungo dalam penyusunan tugas akhir ini adalah menggunakan Metode “*Mayerhoff*”.

3.4. Bagan Alir Langkah Kerja



Gambar 3.1. Bagan Alir Langkah Kerja

4. ANALISA STRUKTUR PONDASI GEDUNG REKTORAT UMB

Beban Rencana

Beban rencana terdiri dari :

1. Akibat struktur bangunan atas (*upperbuilding*)
2. Akibat struktur bangunan bawah (*bottom structure*)

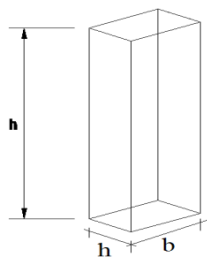
Reaksi Perletakan Pada Masing- Masing Titik

Reaksi perletakan pada masing-masing titik adalah gaya normal total pada tapak pondasi (di titik yang ditinjau) dari perhitungan mekanika teknik (balok dan lantai).

$$\begin{array}{l}
 N_{Aa} = 193,8235 \text{ t} \\
 N_{Ba} = 4836,9453 \text{ t} \\
 N_{Ca} = 5193,7407 \text{ t} \\
 N_{Da} = 5182,9858 \text{ t} \\
 N_{Ea} = 399,3892 \text{ t}
 \end{array}
 \rightarrow \text{hasil perhitungan mekanika teknik}$$

(termasuk beban gempa) belum termasuk berat kolom

Berat sendiri struktur kolom Kolom lantai 6 titik Ag - Ab



Gambar 4.1 Penampang Kolom Diketahui :

$$\gamma_{\text{beton}} = 2,5 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Faktor keamanan} = f_k = 1,2 R_{\text{atap}} = 3,33 \text{ ton}$$

$$t = 3,6 \text{ m}$$

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Volume} &= t \times b \times h \\
 &= 3,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \\
 &= 0,576 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana : } t &= \text{Tinggi kolom} \\
 b &= \text{Tebal kolom} \\
 h &= \text{Lebar kolom}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Berat layan} &= \text{Volume} \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,576 \text{ m}^3 \times 2,5 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 1,44 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Berat beban} \\
 \text{kondisi ultimate} &= \text{Berat layan} \times f_k \\
 &= 1,44 \text{ ton} \times 1,2 \\
 &= 1,728 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \sum N_k &= R_{\text{atap}} + \text{Berat beban ultimate} \\
 &= 3,33 \text{ ton} + 1,728 \text{ ton} \\
 &= 5,058 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Resume Parameter Beban Rencana Pada Kolom (Kondisi *Ultimate*) Momen pada kolom lantai 6 titik Ag-Ab

Diketahui :

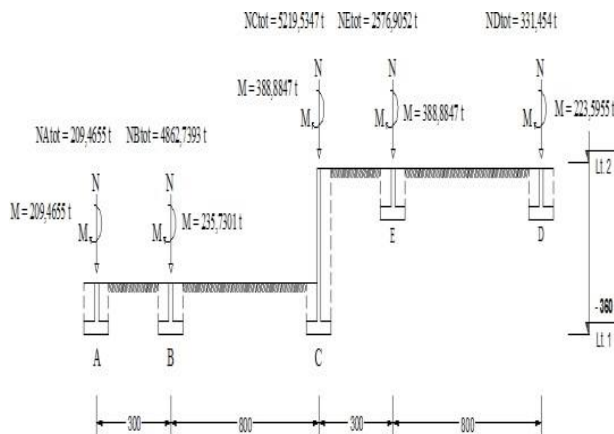
Gaya aksial normal = 8,4616 ton

Berat sendiri kolom ($\sum N_k$) = 5,058 ton Gaya Horizontal atap (H_{Atap}) = 8,844 ton Gaya Lintang kolom ditengah bentang = 2,025516 ton

Momen pada kolom yang terbesar titik Ag-Ab = 4,375114 ton.m

1. Beban rencana = Gaya normal + $\sum N_k$
 $= 8,4616 \text{ ton} + 5,058 \text{ ton}$
 $= 13,5196 \text{ ton}$
2. Gaya geser kolom
 $= H_{Atap} + \text{Gaya Lintang}$
 $= 8,844 \text{ ton} + 2,025516 \text{ ton}$
 $= 10,86951 \text{ ton}$

Resume beban rencana kolom dan pondasi



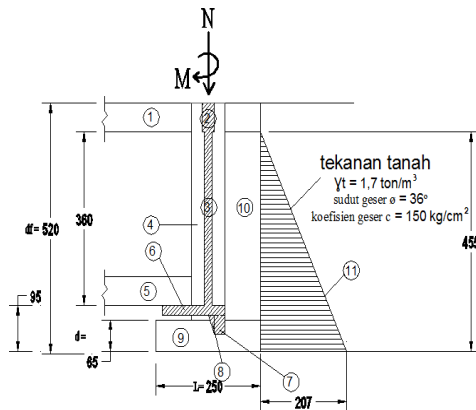
Gambar 4.2 Resume Beban Rencana Pada Pondasi

Beban total struktur bangunan

- Rangka atap + portal (ultimate) = 5.219,5347 ton
- Struktur berat sendiri pondasi = 73,73875 ton
- Nut = 5294 ton

Momen yang bekerja pada tapak pondasi

- Mut = 507 ton

a. Analisa berat sendiri struktur pondasi (*Buttom Structure*)

Gambar 4.3 Resume Berat Sendiri Struktur Pondasi

Tabel 4.11. Perhitungan Berat Sendiri Pondasi titik C

No	Berat (ton)	(ton) G	Lengan t(m)	Momen t (t.m)	Lengan tx (m)	Momen tx (t.m)
1	beton sloof = 0,30 x 0,60 x 5,5 x 2,5	2,475	4,9	12,1275	1,25	3,094
2	beton sloof = 0,30 x 0,60 x 4 x 2,5	1,8	4,9	8,82	1,25	2,25
3	beton talut = 3,6 x 0,20 x 4 x 2,5	7,2	2,75	19,8	1,25	9
4	beton kolom = 0,50 x 0,80 x 4,5 x 2,5	4,5	3,2	14,4	1,25	5,625
5	beton sloof = 0,60 x 0,30 x 4 x 2,5	1,8	1,25	2,25	1,25	2,25
6	beton sloof = 0,60 x 0,30 x 4 x 2,5	1,8	1,25	2,25	1,25	2,25
7	tapak talut = 1,5 x 0,2 x 4 x 2,5	3	0,85	2,55	1,05	3,15
8	rumit talut = 0,4 x 0,25 x 4 x 2,5	1	0,55	0,55	1,525	1,525
9	rumit talut = 0,4 x 0,15 x 1/2 x 4 x 2,5	0,3	0,617	0,1851	1,35	0,405
10	tapak pondasi = 0,65 x 2,5 x 1,5 x 2,5	6,094	0,325	1,980	1,25	7,617
11	tim. Tanah = 1,15 x 4,5 x 4 x 1,7	35,19	2,9	102,051	1,925	67,74075
11	tek. Trh aktif = 4 m x Pa	8,58	0	0	1,533	13,153
	jumlah	Σ	73,73875	166,96407		118,0598

Titik berat struktur pondasi

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{arah vertikal th} &= \frac{\sum Mt}{\sum G} \\ &= \frac{166,964069}{73,73875} \\ &= 2,264 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{arah horizontal tx} &= \frac{\sum Mtx}{\sum G} \\ &= \frac{118,0598}{73,73875} \\ &= 1,601 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan tanah aktif cara Rankine

$$\begin{aligned} - K_a &= \tan^2(45^\circ - \theta/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 36/2) \\ &= 0,260 \rightarrow (K_a)^{0,5} = 0,51 \end{aligned}$$

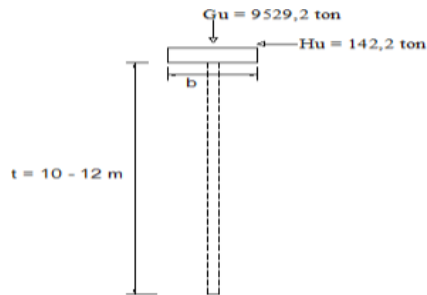
- Tekanan tanah

$$\begin{aligned} Pa &= \gamma t \times h \times K_a - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \\ &= 1,7 \times 5,2 \times 0,26 - 2 \times 0,15 \times 0,51 \\ &= 2,145 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar tinjauan} &= 4 \text{ m sehingga } P = 4 \times Pa \\ &= 4 \times 2,145 \\ &= 8,580 \text{ ton}\end{aligned}$$

b. Menghitung daya dukung tiang *bored pile*

- **Daya dukung tiang *bored pile* berdasarkan mutu kekuatan bahan**
 - Mutu beton *bored pile* K.350 Tegangan ijin beton f_c
 $= 0,85 \times 350 \text{ kg/cm}^2$
 $= 297,5 \text{ kg/cm}^2$
 - Beban aksial vertikal pada pondasi



Gambar 4.4 Beban Aksial Vertikal

- Menentukan jumlah tiang pancang berdasarkan mutu kekuatan bahan Per tiang :

$$\begin{aligned}P_1 &= A_{pc} + P_p \\ \text{Daya } \textit{bored pile} \text{ beton } A_{pc} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \times f_c \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 30^2 \times 297,5 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 210.183,75 \text{ kg} \\ \text{Daya hambatan lekat pada } \textit{bored pile} \\ P_p &= t \times \phi \times c \\ &= 800 \text{ cm} \times 188,4 \text{ cm} \times 20 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 3.014.400 \text{ kg} \\ \text{Jadi daya dukung 1 tiang pancang adalah : } P_1 &= A_{pc} + P_p \\ &= 210.183,75 \text{ kg} + 3.014.400 \text{ kg} \\ &= 3.224.583,75 \text{ kg} \\ &= 3.225 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jadi jumlah tiang pancang berdasarkan daya dukung kekuatan tiang pancang *bored pile* di titik c adalah :

$$n_p = \frac{G_u}{P_1} = \frac{9.529,2 \text{ ton}}{3.225 \text{ ton}} = 2,95 \approx 3 \text{ bored pile}$$

- **Daya dukung tiang *bored pile* berdasarkan nilai konus $q_c = 41,94 \text{ kg/cm}^2$ dengan metode mayerhoff $\rightarrow$ dari hasil data sondir**

Daya dukung *bored pile* berdasarkan nilai ujung konus q_c

$$\begin{aligned}A_{pc} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \times q_c \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 30^2 \times 41,94 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 29.630,61 \text{ kg} = 29,63061 \text{ ton}\end{aligned}$$

Daya dukung hambatan lekat pada *bored pile*

$$\begin{aligned}\text{Hambatan lekat } P_p &= 3.014,4 \text{ ton} \text{ Maka : } P_1 = A_{pc} + P_p \\ &= 3.014,4 \text{ ton} + 29,63061 \text{ ton} \\ &= 3.044,04 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jadi jumlah tiang pancang *bored pile* berdasarkan nilai konus q_c adalah :

$$n_p = \frac{G_u}{P_1} = \frac{9.529,2 \text{ ton}}{3.044,04 \text{ ton}} = 3,13 \approx 4 \text{ bored pile}$$

Jadi di dalam gambar rencana terdapat 5 buah tiang *bored pile* sedangkan dalam analisa cukup 4 buah tiang *bored pile* sehingga analisa kita tetap di pondasi titik C diperlukan 5 buah *bored pile*

sesuai gambar rencana.

• **Daya dukung tiang *bored pile* kelompok tiang *bored pile* dengan MetodeMayerhoff**

Jarak tiang ke tiang $s > 2,5 - 3 D$

S diambil antara $2,5D - 3D = 2,5 \times 0,30$
 $= 0,75$

D = ukuran penampang tiang

m = jumlah tiang dalam 1 kolom

n = jumlah tiang dalam 1 baris Efisiensi kelompok tiang

Keliling kelompok tiang p

$= 2(m + n - 2)s + 4 D$

$= 2(2 + 2 + 1 - 2) 0,75 + 4 \times 0,30$

$= 4,5 + 1,2$

$= 5,7 \text{ m}$

fisiensi kelompok tiang E_g

$$= \frac{p}{m \times n \times \pi \times D}$$

$$= \frac{5,7}{2 \times 3 \times 3,14 \times 0,30}$$

$$= \frac{5,7}{5,6}$$

$$= 1,02$$

Daya dukung kelompok tiang berdasarkan mutu kekuatan bahan adalah :

$Q_a = E_g \times n_p \times P_1$

$= 1,02 \times 5 \times 3.225 \text{ ton}$

$= 16.447,5 \text{ ton} > G_r = 9.529,2 \text{ ton (ok)} \rightarrow \text{aman}$

Daya dukung kelompok tiang berdasarkan nilai konus q_c adalah :

$Q_a = E_g \times n_p \times P_1$

$= 1,02 \times 5 \times 3.044,04 \text{ ton}$

$= 15.524,60 \text{ ton} > G_r = 9.529,2 \text{ ton}$

(ok) $\rightarrow$ aman

a. Menganalisa stabilitas pondasi dititik C

1. Apakah pondasi tidak guling ?

$\rightarrow$ Vertikal

$\rightarrow G_r = N C_{tot} + \sum G$

$= 5219,5347 + 73,73875$

$= 5293,28575 \text{ Ton} \approx 5294 \text{ ton}$

$\rightarrow$ Horizontal $\rightarrow H$

- Gempa $= 70,3922 \text{ ton}$

- Tn.Aktif $= \frac{8,580 \text{ ton}}{= 78,922 \text{ ton}}$ H

H = 79 ton

- Beban Rencana Total

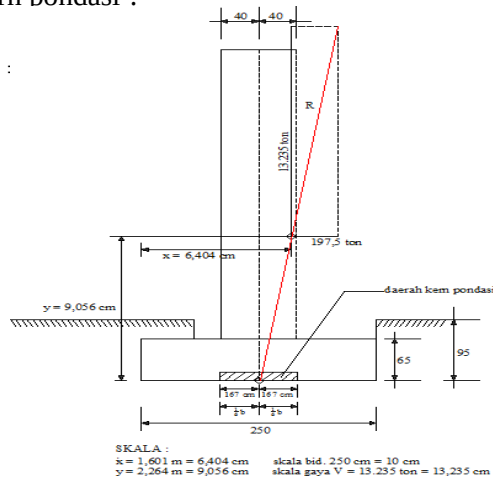
$\rightarrow$ Vertikal $G_u = G_r \times f_k$

$= 5294 \times 2,5$

$= 13.235 \text{ ton}$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{horizontal } H_u &= H \times f_k \\ &= 79 \times 2,5 \\ &= 197,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Melalui perhitungan cara grafis kita tentukan letak *resultante* atau gaya vektor R apakah terletak di daerah kern pondasi ?



Gambar 4.5 Gaya Resultante

$$\begin{aligned} \text{Daerah kern} &= 1/6 b &= 1/6 \times 250 \text{ cm} \\ & &= 41,67 \text{ cm} \\ & &= 167 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ternyata berdasarkan grafis gaya R jatuh atau terletak tepat di daerah kern pondasi. Berarti pondasi dengan struktur tersebut tidak akan terjadi guling.

2. Apakah pondasi bergeser atau tidak dengan gaya-gaya yang bekerja tersebut ?

$$\begin{aligned} \frac{\text{gaya vertikal}}{\text{gaya horizontal}} &\geq 1,5 \rightarrow (\text{fgs}) \\ \frac{9529,2 \text{ ton}}{142,2 \text{ ton}} &\geq 1,5 \\ 67,013 &\geq 1,5 \rightarrow \text{tidak bergeser} \end{aligned}$$

3. Apakah pondasi terjadi *settlement* atau penurunan pada pondasi *boredpile* tersebut ?

Metode empiris (Vesic, 1970)

$$\begin{aligned} S &= \frac{\mu}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\ S &= \frac{\mu}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\ &= \frac{0,3}{100} + \frac{1508,8 \times 8}{0,0706 \times 2.780.557,50} \\ &= 0,06 \text{ m} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penurunan pondasi kelompok tiang :
 Metode Vesic (1970)

$$\begin{aligned} S_g &= \sqrt{\frac{B \cdot g}{D \cdot S}} \\ S_g &= \sqrt{\frac{B \cdot g}{D \cdot S}} \\ &= \sqrt{\frac{125}{30 \times 6}} \\ &= 0,83 \text{ cm} \end{aligned}$$

Penurunan pondasi tiang kelompok menurut Vesic, 1970 sebesar 0,83 cm, sedangkan untuk penurunan pondasi tiang tunggal adalah 6 cm.

B. Penulangan Pondasi

Penulangan Tiang *Bored Pile*

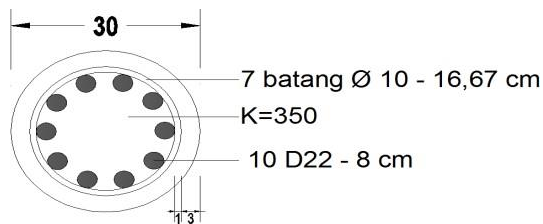
$$\begin{aligned}\rho &= r \cdot \beta \text{ (untuk } f'_c = 35 \text{ Mpa ; } \beta = 1,33) \\ &= 0,04 \times 1,33 \\ &= 0,0532\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As total} &= \rho \times A_{gr} \\ &= 0,0532 \times (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \\ &= 0,0532 \times (1/4 \times 3,14 \times 30^2) \\ &= 37,5858 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Dicoba dengan A22 D₂₂ = 3,871 cm²

Maka jumlah tulangan

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{As total}}{A_{22}} = \frac{37,5858 \text{ cm}^2}{3,871 \text{ cm}^2} = 9,70 \approx 10 \text{ D}\end{aligned}$$



Gambar 4.6 Detail Penulangan Tiang *Bored Pile*

$$\text{Jarak tulangan } (@) = \frac{69}{10-1} = 7,69 \approx 8 \text{ cm}$$

$$8 \text{ cm} - 3,871 \text{ cm} = 3,819 > 3 \text{ cm}$$

- Gaya lintang sisa

$$\begin{aligned}D_s &= V_{maks} - D_1 \\ &= 15.800 \text{ kg} - 4.097,7 \text{ kg} \\ &= 11.702,3 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Perlu tulangan geser

$$A_{s\sigma} = \frac{D_s}{f_y} = \frac{11.702,3 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/cm}^2} = 4,8760 \text{ cm}^2$$

→ misal dipakai tulangan

$$A_{10 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm}} = 0,79 \text{ cm}^2$$

- Perlu tulangan

$$\frac{A_{s\sigma}}{A_{10}} = \frac{4,8760 \text{ cm}^2}{0,79 \text{ cm}^2} = 6,172 \approx 7 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{Jarak tulangan } (@) = \frac{100}{7-1} = 16,67 \text{ cm}$$

C. Penulangan *Pile Cape*

Data-data sebelumnya :

- $b = 150 \text{ cm}$
- $h = 65 \text{ cm}$
- Mutu beton K350
 $f'_c = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$
- Baja tulangan Bj U39
 $\rightarrow f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2$
 $M_{tp} = 1P \times e$
 $= 1058,8 \text{ ton} \times 35 \text{ cm}$
 $= 37058 \text{ ton.cm}$
 $= 37058 \times 10^3 \text{ kg.cm}$

- $f'_c = 35 \text{ Mpa} = 350 \text{ kg/cm}^2$
- Baja tulangan Bj U39
 $\rightarrow f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2$
 $M_{tp} = 1P \times e$
 $= 1058,8 \text{ ton} \times 35 \text{ cm}$
 $= 37058 \text{ ton.cm}$
 $= 37058 \times 10^3 \text{ kg.cm}$

$$= \frac{1}{13,756} - [1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,756) \times 68,63}{3900}}] = 0,0205$$

$$\rho_{\text{batas}} = 0,00255 \times \beta \times f'_c$$

$$= \frac{f_y \times \left(\frac{e_v + f_y}{E_s} \right)}{f_y \times \left(\frac{e_v + f_y}{E_s} \right)}$$

$$= \frac{0,00255 \times 0,81 \times 350}{3900 \times \left(\frac{0,003 + 3900}{2,1 \times 10^5} \right)} = 0,0099$$

$$\rho_{\text{maks}} = 75 \% \times \rho_{\text{batas}}$$

$$= 75 \% \times 0,0099$$

$$= 0,0075$$

Maka tulangan

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0075 \times 150 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$$

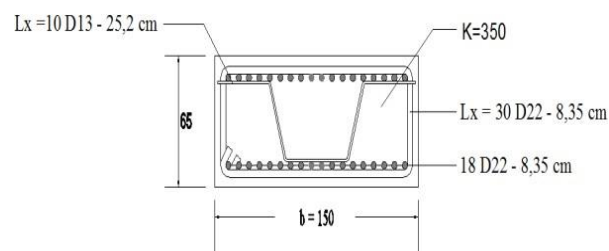
$$= 67,5 \text{ cm}^2$$

Dicoba dengan A22 D₂₂ = 3,871 cm²

Perlu tulangan

$$= \frac{A_s}{A_{22}} = \frac{67,5 \text{ cm}^2}{3,871 \text{ cm}^2} = 17,43 \approx 18 \text{ D}_{22}$$

$A_s = A_s^1$



Gambar 4.7 Detail Penulangan *Pile Cape*

$$\rightarrow \text{jarak tulangan } (a) = \frac{150 - (2 \times 4)}{18 - 1} = 8,35 \text{ cm}$$

$$a = 8,35 - 2,2 = 6,15 \text{ cm}$$

- Gaya geser sisa yang perl

$$R_u = \frac{M_{tp}}{b \times d^2} = \frac{37058 \times 10^3 \text{ kg.cm}}{150 \times 60^2}$$

$$m = \frac{f_y}{3900 \text{ kg/cm}^2} = 68,63 \text{ kg/cm}^2 = 13,756$$

$$\beta_1 \times f'_c = 0,81 \times 350 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{3900 \text{ kg/cm}^2} = 0,00358 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \cdot [1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_u}{f_y}}]$$

$$D_s = H - D_t$$

$$= 79.000 \text{ kg} - 52.200 \text{ kg}$$

$$= 26.800 \text{ kg}$$

Luas geser pons Agp

$$= (2 \times 60) + 80 \times (2 \times 60) + 50$$

$$= 200 \times 170$$

$$= 34.000 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{D_s}{A_{gp}}$$

$$= \frac{26.800 \text{ kg}}{34000 \text{ cm}^2} = 2,323 \text{ kg/cm}^2 < 5,8 \text{ kg/cm}^2$$

tebal tapak h = 65 cm cukup kuat dan aman Jika diasumsikan ada tulangan praktis pons maka :
Mutu baja tulangan $f_y' = 0,58 \times 3900 \text{ kg/cm}^2$

$$= 2262 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga Asgp

$$= \frac{D_s}{f_y'} = \frac{26.800 \text{ kg}}{2262 \text{ kg/cm}^2} = 11,85 \text{ cm}^2$$

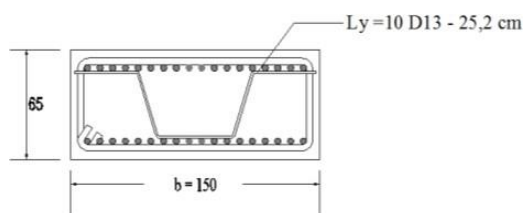
$$\rightarrow \text{misal pakai } D_{13} \rightarrow A_{13} = 1,267 \text{ cm}^2$$

Perlu tulangan geser pons

$$= \frac{11,85 \text{ cm}^2}{1,267 \text{ cm}^2} = 9,35 \approx 10 D$$

$$1,267 \text{ cm}^2 \quad 13$$

$$\text{Jarak tulangan geser } (a) = \frac{250 - 5 - 5 - (10 \times 1,3)}{10 - 1} = 25,2 \text{ cm}$$



Gambar 4.8 Detail Penulangan *Pile Cape*

D. Analisa penulangan kolom pada pondasi titik C

Beban kerja pada kolom (kondisi *ultimate*) :

Gaya aksial normal

$N = 5219,5347 \text{ ton} \approx 5219,54 \text{ ton}$

Gaya horizontal $H = 79 \text{ ton}$

Momen : $M_x = 507 \text{ ton} \cdot \text{m}$

m Dimensi kolom :

$b = 50 \text{ cm}$ @ $= 5 \text{ cm}$

$h = 80 \text{ cm}$ $d = 75 \text{ cm}$

Momen nominal " M_n " :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{507}{0,9} = 563,33 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

Eksentrisitas :

$$e = \frac{M_n}{N} = \frac{563,33}{5219,54} = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

Rasio mutu baja dengan mutu beton

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 f_c'} = \frac{3900}{0,81 \times 350} = 13,7566 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung kolom terhadap gaya aksial

normal sehingga :

$$\begin{aligned} P_k &= A_{ck} \times b \times h \rightarrow \text{mutu beton K350} \\ &= \beta_1 \times f_c \times b \times h \rightarrow \beta_1 = 0,81 \\ &= 0,81 \times 350 \text{ kg/cm}^2 \times 50 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \\ &= 1.134.000 \text{ kg} \\ &= 1.134 \text{ ton} < N = 5219,54 \text{ ton} \end{aligned}$$

→ kolom sudah runtuh

- Cek gaya nominal yang terjadi pada kolom P_n sesuai SKSNI T.15-1993

• Cek dengan

$$\begin{aligned} \rho_{ada} &= \frac{A_s}{b \times d} = \frac{8 \times 3,871}{50 \times 75} = 0,0083 \\ P_n &= \frac{0,81 f_c b d \left[\frac{1}{d} + \left(\frac{1}{d} \right) + 2 m \rho \left(1 - \frac{1}{d} \right) \right]}{\phi} \\ &= 862.750,7815 \text{ kg} \\ &= 862,751 \text{ ton} < N = 5219,54 \text{ ton} \end{aligned}$$

→ Dengan $\rho = 0,0083$ ternyata kuat dukung penampang kolom masih belum berimbang dengan gaya aksial kolom yang bekerja atau $P_n = 862,751 \text{ ton} < N = 5219,54 \text{ ton}$.

• Cek dengan rumus Whitney

- Misal dengan $\rho_{min} = 1,75 \%$

- → $A_s = 0,0175 \times b \times d$

$$= 0,0175 \times 50 \times 75$$

$$= 65,625 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{f_c \times b \times d^2}{\left(\frac{3e}{2}\right) + 1,18} + \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} \\
 &= \frac{350 \times 50 \times 80}{\left(\frac{3(80) \times 11}{2}\right) + 1,18} + \frac{65,625 \times 3900}{\frac{11}{75-5} + 0,5} \\
 &= \frac{1.400.000}{1,64933} + \frac{255.937,5}{0,65714}
 \end{aligned}$$

$$= 848.829,53 + 389.471,81$$

$$= 1.238.301,34 \text{ kg} \approx 1.238.302 \text{ kg}$$

→ Dengan faktor reduksi kekuatan bahan

$$\phi = 0,7$$

$$\phi P_n = \phi \times P_n$$

$$= 0,7 \times 1.238.302 \text{ kg}$$

$$= 866.811,4 \text{ kg}$$

$$= 866,812 \text{ ton} < N = 5219,54 \text{ ton}$$

→ tetap beton kolom runtuh $d = 75 \text{ cm}$

- Misal dengan ρ min diambil maks $= 2,5 \%$

$$\rightarrow A_s = 0,025 \times b \times d$$

$$= 0,025 \times 50 \times 75$$

$$= 93,75 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{f_c \times b \times d^2}{\left(\frac{3e}{2}\right) + 1,18} + \frac{A_s \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} \\
 &= \frac{350 \times 50 \times 80}{\left(\frac{3(80) \times 11}{2}\right) + 1,18} + \frac{93,75 \times 3900}{\frac{11}{75-5} + 0,5} \\
 &= \frac{1.400.000}{1,64933} + \frac{365625}{0,65714} \\
 &= 848.829,53 + 556.388,29 \\
 &= 1.405.217,82 \text{ kg} \approx 1.405.218 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

→ Dengan faktor reduksi kekuatan bahan

$$\phi = 0,7$$

$$\phi P_n = \phi \times P_n$$

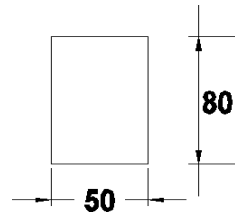
$$= 0,7 \times 1.405.218 \text{ kg}$$

$$= 983.652,6 \text{ kg}$$

$$= 983,653 \text{ ton} < N = 5219,54 \text{ ton}$$

→ ukuran kolom 50/80 kurang memenuhi syarat (kurang besar)

- Dari perhitungan cara SKSNI T.15-1993 dan cara Dr. Whitney ternyata gaya dukung penampang kolom masih lebih kecil dari gaya aksial normal yang bekerja pada kolom, sehingga dimensi kolom perlu dibusakan.



Gambar 4.9 Dimensi Kolom Yang Akan Direvisi

- $P_n = (862,751 \text{ ton})$
 $= (866,812 \text{ ton})$
 $= (983,653 \text{ ton})$
- Ukuran kolom belum mampu menerima beban aksial $N = 5219,54 \text{ ton}$
- Kolom dalam gambar rencana harus direvisi (*review design*)

- Analisa dimensi kolom yang di *review design* :

$$b = 115 \text{ cm} \quad @ = 5 \text{ cm}$$

$$h = 115 \text{ cm} \quad d = 110 \text{ cm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{507}{0.9} = 563.33 \text{ ton.m}$$

$$e = \frac{M_n}{N} = \frac{563.33}{5219.54} = 0.11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 f_c'} = \frac{3900}{0.81 \times 350} = 13.757 \text{ kg/cm}^2$$

Daya dukung penampang kolom :

$$P_n = \beta_1 f_c' \times b \times d \left(\frac{\phi - 2e}{d} + \sqrt{\frac{\phi - 2e}{d} + 2 \times m \times \rho (1 - e)} \right)$$

$$= 5.282.943.35 \text{ kg}$$

$$\approx 5.282,94 \text{ ton} > 5219,54 \text{ ton}$$

Untuk mencari Tulangan As

$$P_n \cdot e = p_n \left(\frac{\phi}{2} - \frac{p_n}{2 \times 1.7 \times f_c' \times b} \right) + A_s \times f_y (d - d')$$

$$58112377 = -104115163 + A_s 409500$$

$$A_s 409500 = 104.115.163 + 58.112.377$$

$$A_s = \frac{46002786}{409500}$$

$$A_s = 112.33 \text{ cm}^2$$

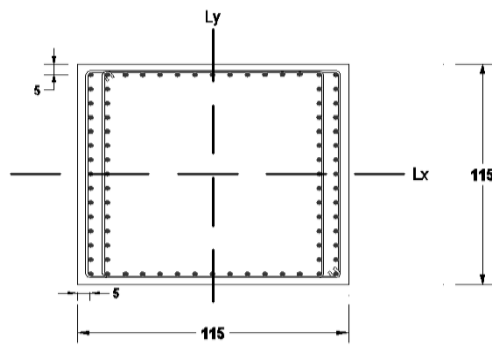
$$A_s = A_s'$$

Jadi tulangan yang memenuhi adalah

$$A_s = 112.33 \text{ cm}^2 \text{ dan } A_s' = 112.33 \text{ cm}^2$$

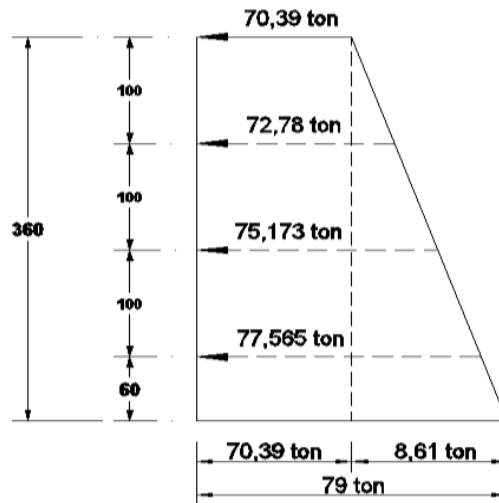
Dipakai tulangan $D_{22} A_{22} = 3.871 \text{ cm}^2$

$$D_{22} = \frac{A_s}{A_{22}} = \frac{112.33}{3.871} = 29.020 \approx 30 D_{22}$$



Gambar. 4.10 Detail Penulangan Kolom Yang Telah Direvisi

- Perhitungan tulangan geser (sengkan) Gaya H atau $D = 79 \text{ ton} = 79.000 \text{ kg}$ Mutu beton K.350 $\rightarrow f_c' = 0,81 \times 350 = 283,5 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 4.11 Diagram Gaya Geser

(Lintang) Pada Kolom “Pondasi Titik C”

- $X = 0,60 \rightarrow D_1 = 79 \text{ ton}$
- $X = 1,60$
 $\rightarrow D = \frac{8,61}{2} \times 3 + 70,39 = 77,565 \text{ ton}$
- $X = 2,60$
 $\rightarrow D_3 = \frac{8,61}{3,6} \times 2 + 70,39 = 75,175 \text{ ton}$
- $X = 3,60$
 $\rightarrow D_4 = \frac{8,61}{4} \times 1 + 70,39 = 72,78 \text{ ton}$

Daya dukung kolom terhadap gaya geser

$$[\text{Tegangan geser } V_c = \tau = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d]$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{350} \times 115 \times 110$$

$$= 39.433,31 \text{ kg} \approx 39,44 \text{ ton}$$

$$- X = 0,60 \text{ m}$$

Gaya geser sisa

$$\rightarrow D_{s1} = D1 - V_c$$

$$= 79 - 39,44$$

$$= 39,56 \text{ ton}$$

$$= 39.560 \text{ kg}$$

→ perlu dilawan oleh tulangan geser (sengkang)

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Baja U.39} = \tau_{\text{baja}} &= 3900 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 60\% \times f_c \\ &= 60\% \times 3900 \\ &= 2340 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{gs}} &= \frac{\text{gaya}}{\text{tegangan}} \\ &= \frac{D_{s1}}{\tau_{\text{baja}}} \\ &= \frac{39.560 \text{ kg}}{2340 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 16,91 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

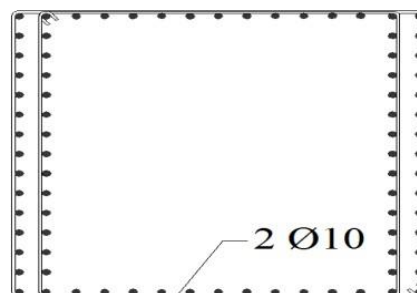
Dipakai $\emptyset_{10 \text{ mm}}$

$$\rightarrow A_{10} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$\text{Perlu } \frac{A_{\text{gs}}}{A_{10}} = \frac{16,91}{0,79} = 21,41 \approx 22 \emptyset_{10 \text{ mm}}$$

$$\rightarrow \text{sisi kanan } \emptyset_{10 \text{ mm}} = 11/2 = 6 \text{ baris}$$

$$\rightarrow \text{sisi kiri } \emptyset_{10 \text{ mm}} = 11/6 = 6 \text{ baris}$$



Gambar 4.12 Tulangan Sengkang

Jarak sengkang

$$X = 0,60 \text{ m}$$

$$@_1 = \frac{X1}{11-1} = \frac{60}{10} = 6 \text{ cm} \rightarrow \text{sengkang dibua}$$

rangkap 2 $\emptyset_{10 \text{ mm}}$

sehingga jarak sengkang adalah 12 cm

$$X = 1,6 \text{ m}$$

Gaya geser sisa $\rightarrow D_{s2} = D_2 - V_c$

$$= 77,565 - 39,44$$

$$= 38,125 \text{ ton}$$

$$= 38.125 \text{ kg}$$

$\rightarrow$ perlu dilawan oleh tulangan geser (senggang)

$$A_{gs} = \frac{\text{gaya}}{\text{tegangan}} \frac{D_{s2}}{D_{s2}}$$

$$A_{gs} = \frac{r \text{ baja}}{38.125 \text{ kg}} = \frac{2340 \text{ kg/cm}^2}{16,30 \text{ cm}^2}$$

$$\text{Dipakai } \phi_{10 \text{ mm}} \rightarrow A_{10} = 0,79 \text{ cm}^2$$

$$\text{Perlu } \frac{A_{gs}}{A_{10}} = \frac{16,30}{0,79} = 20,63 \approx 22 \phi$$

$$\rightarrow \text{sisi kanan } \phi_{10 \text{ mm}} = 11/2 = 6 \text{ baris}$$

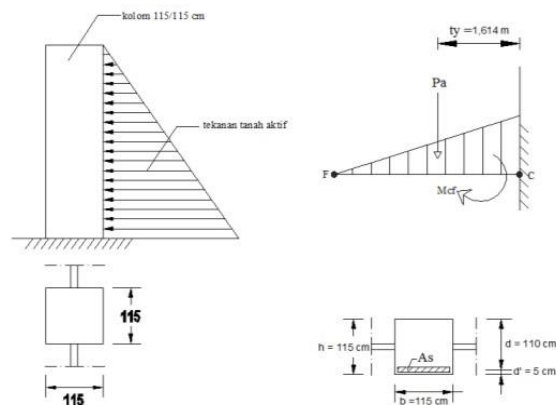
$$\rightarrow \text{sisi kiri } \phi_{10 \text{ mm}} = 11/2 = 6 \text{ baris}$$

dibuat rangkap 2 $\phi_{10 \text{ mm}}$

sehingga jarak senggang adalah $20 \text{ cm} \times 2,6 \text{ m}$

Jarak senggang selanjutnya diatur antara 23 cm sampai 25 cm pada posisi ditengah- tengah tinggi kolom.

- Cek kontrol tulangan pokok kolom terhadap gaya geser kolom dan gaya geser tekanan tanah aktif.
= $11/2 = 6$ baris



Gambar 4.13 Bidang Momen Tekanan Tanah Aktif dan Bidang Luasan As

Dimana :

M_{CF} = Momen yang terjadi titik C

$$\begin{aligned} ty &= th - \text{tebal pile cape} \\ &= 2,264 \text{ m} - 0,65 \text{ m} \\ &= 1,614 \text{ m} \end{aligned}$$

Pa = Gaya geser yang terjadi dikolom CF

$$\begin{aligned}
 M_{CF} &= Pa \times ty \\
 &= 79 \text{ ton} \times 1,614 \text{ m} \\
 &= 127,506 \text{ ton.m} \\
 &= 127,506 \times 10^5 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ru &= \frac{Mtp}{b \times d^2} \\
 &= \frac{127,506 \times 10^5 \text{ kg.cm}}{115 \times 110^2} = 9,1632 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{\beta_1 \times f'c} = \frac{3900 \text{ kg/cm}^2}{0,81 \times 350 \text{ kg/cm}^2} = 13,76$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{fy} = \frac{14}{3900 \text{ kg/cm}^2} = 0,0036 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Ru}{fy}} \right] \\
 &= \frac{1}{13,76} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(13,76) \times 9,1632}{3900}} \right]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{batas}} &= \frac{0,00255 \times \beta \times f'c}{fy + \sqrt{fy^2 + 17 \times f'c}} \\
 &= \frac{0,00255 \times 0,81 \times 350}{3900 + \sqrt{3900^2 + 17 \times 350}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 75 \% \times \rho_{\text{batas}} \\
 &= 75 \% \times 0,00998 \\
 &= 0,00748
 \end{aligned}$$

Maka tulangan $A_s = \rho_{\text{maks}} \times b \times d$

$$= 0,0075 \times 115 \text{ cm} \times 110 \text{ cm}$$

$$= 86,0775 \text{ cm}^2 < A_s = 112,33 \text{ cm}^2$$

→ tulangan akibat momen gempa dantekanan tanah aktif.

Sehingga tulangan pokok kolom CFdigunakan luasan :

$$A_s = A_s^1 = 112,33 \text{ cm}^2$$

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Titik tinjauan pondasi diambil di titik C karena di titik tersebut menerima beban atau gaya aksial yang terbesar (titik terkritis). Daya dukung 1 tiang berdasarkan mutu beton $f_c = 350 \text{ Mpa}$ adalah 3.255 ton sedangkan dayadukung 1 tiang berdasarkan nilai konus $q_c = 41,94 \text{ kg/cm}^2$ adalah 3.044,04 ton. Daya dukung kelompok tiang berdasarkan mutu kekuatan bahan adalah 16.447,5 ton > $Gr = 9.529,2 \text{ ton}$ (ok). Daya dukung kelompok tiang berdasarkan nilai konus q_c adalah 15.524,60 ton > $Gr = 9.529,2 \text{ ton}$ (ok).
2. Jumlah tiang pada titik C adalah 5 buah tiang *bored pile*.
3. Stabilitas pondasi dititik C
4. Pada analisa tulangan kolom CF ternyata penampang kolom pada gambar rencana dengan dimensi kolom $h = 80 \text{ cm}$ dan $b = 50 \text{ cm}$ dengan mutu beton $f_c = 27,5 \text{ MPa}$ dan mutu baja tulangan $f_y = 320 \text{ MPa}$ belum memenuhi syarat sehingga dilakukan revisi(*review design*) dengan $h = 115 \text{ cm}$ dan $b = 115 \text{ cm}$ sesuai dengan hasil analisa, dan mutu beton dinaikkan menjadi $f_c = 35 \text{ MPa}$ dan mutu baja tulangan menjadi $f_y = 390 \text{ MPa}$.

Tabel 5.1. Dimensi Kolom Setelah Direvisi

Gambar bentuk kolom	Ukuran kolom rencana			Ukuran kolom setelah review design		
	b	=	50 cm	b	=	115 cm
	h	=	80 cm	h	=	115 cm
	Mutu Beton			Mutu Beton		
	f _c	=	27,5 Mpa	f _c	=	35 MPa
	Mutu Baja			Mutu Baja		
	f _y	=	320 MPa	f _y	=	390 MPa

Penampang tulangan kolom diataspondasi titik C, bahwa $A_s = A_s^1$

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 1726-2002 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. SKSNI T15-1991-03 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002 *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia.
- Gunawan, Ir. Rudy. 1983. *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hary Christady Hardiyatmo. 2001. *Teknik Fondasi I Edisi Ke 1*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Hary Christady Hardiyatmo. 2002. *Teknik Fondasi II Edisi ke 2*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Sardjono HS. *Pondasi Tiang Pancang jilid I*. Surabaya : Sinar Wijaya.
- Sardjono HS. 1988. *Pondasi Tiang Pancang jilid II*. Surabaya : Sinar Wijaya.
- Kh, Sunggono. 1995. *Buku Teknik Sipil*. Bandung : Nova.
- Vis, W.C dan Gideon H Kusuma. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Vis, W.C dan Gideon H Kusuma. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti. 2013. *Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002*. Yogyakarta : Andi.
- Mac Cormac, Jack C. 2002. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Edward Z Halibu. 2015. *Perencanaan Pondasi Bored pile dan Metode Pelaksanaan Pada Proyek Pembangunan Gedung RSJ PROFDR. Ratumbuang Manado*. Manado : Kementrian Riset,

Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Politeknik Negeri Manado.

<http://belajar-teknik>

[Sipil.blogspot.co.id/2011/03/pengertian-tanah.html](http://sipil.blogspot.co.id/2011/03/pengertian-tanah.html) diakses pada tanggal 02-april-2017

<http://ilmukonstruksi.blogspot.co.id/2013/01/macam-dan-jenis-pondasi.html> diakses pada tanggal 20-april-2017

<http://www.mandiriboredpile.com/2012/10/pondasi-bored-pile.html> diakses pada tanggal 23-mei-2017