

TUGAS AKHIR

**“PERHITUNGAN STRUKTUR BANGUNAN PASAR TUA TOMBATU
MINAHASA TENGGARA”**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :
MICHAEL LEONARD ELLA
12 012 056



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam proses mendukung terbentuknya percepatan perkembangan perekonomian di era otonomi daerah dan era persaingan bebas, kelengkapan sarana dan prasarana pada berbagai bidang merupakan syarat penting yang harus ada. Penyediaan sarana oleh pemerintah Kabupaten adalah penyediaan sarana perdagangan berupa pembangunan Pasar Tradisional Modern.

Pembangunan Pasar Tradisional Modern merupakan salah satu sarana ekonomi untuk memberikan kemudahan pada masyarakat dalam melakukan transaksi jual beli barang baik barang bersifat konsumtif maupun produktif.

Begitu pentingnya fungsi pasar terhadap perkembangan suatu daerah terutama dibidang perekonomian, maka pemerintah daerah sebagai pengambil kebijakan melakukan pembangunan pasar di tiap-tiap daerah. Menindaklanjuti kebijakan tersebut maka pembangunan Pasar Tua Tombatu di bangun dengan struktur bangunan 2 lantai.

Struktur bangunan gedung terdiri atas 2 bangunan utama yaitu struktur bangunan bawah dan struktur bangunan atas. Struktur bangunan bawah berupa pondasi yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari Struktur atas ke lapisan tanah dasar, sedangkan struktur bangunan atas yaitu balok, kolom, pelat lantai, struktur atap dan dinding. Balok dan kolom ini menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (portal) dari suatu gedung.

Pada perencanaannya struktur bangunan gedung meliputi banyak hal yang mencakupi beberapa bidang ilmu teknik sipil, sehingga dalam merencanakan maupun menganalisis suatu bangunan diperlukan pemahaman terhadap berbagai hal bidang teknik sipil tersebut. Pemahaman ilmu teknik sipil tidak cukup hanya dengan mempelajari teori dan membaca berbagai literaturnya saja, tapi diperlukan juga suatu penerapan perencanaan, salah satu caranya adalah dengan melakukan perhitungan struktur menggunakan Program *SAP 2000 versi 14*. Pembangunan Pasar Tua Tombatu merupakan bangunan yang menggunakan konstruksi beton bertulang, karena selain mudah dalam pengerjaan juga tidak membutuhkan peralatan khusus dalam pengangkutan material maupun pelaksanaannya. Beton bertulang efektif digunakan pada konstruksi sehingga konstruksi beton bertulang di terapkan dalam pembangunan Pasar Tua Tombatu.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud dan penulisan Tugas Akhir ini adalah mendesain kembali struktur atas (kolom, balok, plat) dan struktur bawah (pondasi) pada Gedung Pasar Tua Tombatu.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada gedung Pasar Tua Tombatu dengan perhitungan program *SAP 2000 versi. 14*
- b. Mendesain dimensi dan penulangan struktur atas (kolom, balok, plat) serta menggambar dengan menggunakan *software* Auto CAD
- c. Menghitung penulangan Pondasi Telapak.

1.3 Pembatasan Masalah

Masalah yang akan penulis bahas pada penulisan Tugas Akhir ini meliputi :

- a. Berapa besar gaya-gaya yang bekerja pada gedung Pasar Tua Tombatu?
- b. Bagaimana dimensi dan penulangan pada struktur atas?
- c. Berapa penulangan Pondasi Telapak?

1.4 Metode Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini metode yang digunakan penulis adalah :

- a. Studi Pustaka
Mempelajari literatur yang membahas tentang desain struktur.
- b. Analisa data
 1. Menghitung gaya-gaya yang bekerja dengan caraaplikasi program *softwareSAP 2000 versi.14* dengan mempertimbangkan beban yang bekerja didalam struktur yaitu (beban hidup dan beban mati).
 2. Mendesain dimensi dan penulangan struktur atas dengan analisis hasil *output* gaya-gaya dalam program *softwareSAP 2000 versi.14*, dan juga menggambar dengan *software* Auto CAD.
 3. Menghitung penulangan Pondasi Telapak.
 4. Hasil akhir diperoleh perhitungan struktur dengan dimensi dan penulangannya.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas akhir ini, dibuat sistematika penulisan yang diharapkan dapat mempermudah pembaca memahami tulisan ini. Berikut ini adalah sistematika penulisan Tugas akhir ini penulis :

Bab I : Pendahuluan

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan
- 1.3 Pembatasan Masalah
- 1.4 Metode Penelitian
- 1.5 Sistematika Penulisan

Bab II : Dasar Teori

Bab III : Pembahasan

Bab IV : Penutup

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Struktur Bangunan

Struktur bangunan merupakan suatu susunan yang terdiri dari komponen-komponen yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya agar mendapatkan konstruksi yang stabil. Pada prinsipnya, elemen struktur berfungsi untuk mendukung keberadaan elemen nonstruktur yang meliputi elemen tampak, interior, dan detail arsitektur sehingga membentuk satu kesatuan. Setiap bagian struktur bangunan tersebut juga mempunyai fungsi dan peranannya masing-masing.

Kegunaan lain dari struktur bangunan gedung yaitu meneruskan beban bangunan dari bagian bangunan atas menuju bagian bangunan bawah, lalu menyebarkannya ke tanah. Perancangan struktur harus memastikan bahwa bagian-bagian sistem struktur ini sanggup mengizinkan atau menanggung gaya gravitasi dan beban bangunan, kemudian menyokong dan menyalurkannya ke tanah dengan aman.

Ditinjau dari sisi susunannya, struktur bangunan gedung dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu sebagai berikut:

2.1.1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri dari kolom, pelat, dan balok. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur.

2.1.2. Struktur Bawah (*Lower Structure*)

Struktur bawah suatu gedung adalah pondasi, yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan yang ada di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti tekanan angin gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan.

2.2. Elemen Struktur Atas

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang optimal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

A. Balok

Balok merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal. Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur. Pendirian konstruksi balok pada bangunan umumnya mengadopsi konstruksi balok beton bertulang.

B. Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (*Sudarmoko, 1996*). Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

C. Pelat Lantai

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Ketebalan plat lantai ditentukan oleh besar lendutan yang diinginkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung dan bahan konstruksi dan plat lantai

2.3 Peraturan – Peraturan

Perhitungan konstruksi gedung ini memperhatikan ketentuan – ketentuan yang berlaku yang terdapat pada buku – buku pedoman antara lain :

- a. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2002, diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Beberapa ketentuan yang diambil dari Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2002, dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Cara – cara analisis gempa
- 2) Faktor respon gempa (C)
- 3) Faktor keutamaan (I)
- 4) Faktor jenis struktur (K)
- 5) Wilayah / zone gempa

- b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

Beberapa ketentuan yang diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Berat sendiri bahan bangunan
- 2) Beban hidup lantai gedung

- c. *Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (beta version, (SNI 03 – 2847 – 2002).*

2.3.1. Kategori Gedung

Bangunan yang direncanakan haruslah diketahui apakah termasuk dalam salah satu dari 5 kategori gedung yang disebut pada SNI – 03 – 1726 – 2002 pasal 4.1 tabel 1, yang mencantumkan faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai untuk menghitung beban gempa nominal (V).

Tabel 2.1 Faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Sumber: SNI 03-1726-2002

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I ₃
Gedung umum seperti perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monument dan bangunan monumental.	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk penyimpanan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara.	1,5	1,0	1,5

Sedangkan bentuk suatu gedung dikategorikan sebagai gedung beraturan dan tidak beraturan, berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002, pasal 4.2, beberapa syarat struktur gedung ditetapkan sebagai gedung beraturan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun ada tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar bangunan denah struktur dalam arah tonjolan tersebut.

- c. Denah struktur tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.

2.3.2. Daktilitas Struktur

Dalam SNI 1726 sekarang memakai 2 parameter daktilitas struktur gedung yaitu factor daktilitas simpangan μ dan factor reduksi gempa R. Kalau μ menyatakan rasio simpangan diambang keruntuhan δ_m dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama, maka R adalah rasio beban gempa rencana dan beban gempa nominal. R ini merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai μ dan R tercantum disamping berbagai jenis struktur yang diuraikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Parameter daktilitas struktur gedung

Sumber : SNI 03-1726-2002

Taraf kinerja struktur gedung	μ	R
Elastisitas penuh	1,0	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4
	2,2	3,2
	2,5	4
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktilitas penuh	5,3	8,5

2.3.3 Perencanaan Elemen Struktur

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang imajal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

A. Balok

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” Tabel 3.2.5 (a) dan Pasal; 3.14.3 Ayat 1.

Syarat minimum :

$$h_{min} = \frac{L}{18.5} \text{ untuk balok dengan satu ujung menerus} \quad (2-1)$$

$$b_{min} = 250 \text{ mm dan } \frac{b}{h} \geq 0,3 \quad (2-2)$$

Dimana :

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok

L = panjang bentang balok, diukur dari pusat ke pusat (mm)

Pers. (2.1) dan (2.2) berlaku untuk mutu baja dengan $f_y = 400$ MPa. Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$

Setelah proses *preliminary design* balok selesai, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai-nilai dibawah ini berdasarkan hasil Mu (momen negatif max. di tumpuan) hasil *output* gaya-gaya dalam *SAP 2000*, yang kemudian akan menghasilkan dimensi tulangan pada balok di tumpuan dan lapangan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, nilai-nilai yang harus ditentukan untuk mendapatkan dimensi tulangan tersebut adalah sebagai berikut:

- Menentukan Mu (momen negatif max. di tumpuan)
- Menentukan $\rho_{balance}$

$$\rho_{balance} (\rho_b) = \beta_1 \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (2-3)$$

- Menentukan ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2-4)$$

- Menentukan ρ_{max}

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b \quad (2-5)$$

- Menentukan nilai Mn perlu

$$Mn \text{ perlu} = \frac{Mu}{\phi} \quad (2-6)$$

- Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn \text{ perlu}}{b \times d^2} \quad (2-7)$$

- Menentukan m

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} \quad (2-8)$$

- Menentukan ρ perlu

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \quad (2-9)$$

- Menentukan As perlu

$$As = \rho \times b \times d \quad (2-10)$$

- Menentukan jumlah tulangan n

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4\pi} \times Dtul^2} \quad (2-11)$$

- Menentukan As ada

$$As \text{ ada} = 4 \times \frac{1}{4\pi} \times Dtul^2 \quad (2-12)$$

- Menentukan nilai a

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times B} \quad (2-13)$$

- Menentukan Mn ada

$$Mn \text{ ada} = As \text{ ada} \times fy \times (d - a/2) \quad (2-14)$$

Catatan: syarat Mn ada > Mn \longrightarrow Memenuhi syarat !!!

Perhitungan untuk tulangan geser yang berada pada wilayah gempu 5 harus memenuhi persyaratan pada SNI-03-2847-2002 pasal 13 dan 23.10 sebagai berikut:

Perencanaan penampang untuk menahan geser:

$$\Phi Vn \geq Vu \quad (2-15)$$

$$Vn = Vc + Vs \quad (2-16)$$

$$\Phi (Vc + Vs) \geq Vu \quad (2-17)$$

Dimana:

Φ = faktor reduksi kuat geser senilai 0,75

Vu = kuat geser terfaktor

Vn = kuat geser nominal

V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan beton
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
B_w	= lebar badan balok
d	= tinggi efektif balok
f'_c	= kuat tekan beton yang disyaratkan
s	= jarak sengkang

B. Kolom

Menurut Sudarmoko (1996), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total seluruh struktur.

Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan beban bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin.

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang di tinjau. Untuk konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus di perhitungkan. Kolom bertulang hampir selalu mengalami lentur, selain juga gaya aksial, sebagai akibat kondisi pembebanan dan hubungan dengan elemen struktur lain.

Elemen struktur kolom mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya dengan dimensi penampang melintang relatif kecil di sebut kolom pendek dan kegagalannya di tentukan oleh tekuk. Dalam perhitungan momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom dapat di anggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu dengan komponen struktur lainnya. Momen yang bekerja di setiap level lantai atau atap harus di pada kolom atas dan di bawah berdasarkan kekakuan relatif kolom.

Perbandingan b/h dari kolom tidak < dari 0,4 dan dimensi minimumnya = 300 mm. diameter tulangan yang di gunakan pada kolom harus > 12 mm. diameter minimum sengkang untuk kolom harus 8mm. lusan tulangan minimum untuk beban = 1% dari luas penampang dan luas tulangan maksimumnya = 6%.

Semua dimensi kolom berbentuk bujur sangkar dengan lebar minimal sama dengan lebar balok yang di tumpuhnya, dan harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*” pasal 3.14.4 ayat 1. $b_{min} = 300\text{mm}$, dimana

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 \text{ dan } \frac{L}{b} \leq 16 \quad (2-18)$$

dimana :

b = dimensi penampang terpendek (mm)

h = dimensi penampang yang tegak lurus penampang terpendek (mm)

L = tinggi kolom (mm)

Langkah selanjutnya adalah menentukan rencana tulangan kolom dengan menggunakan kurva diagram interaksi, sebagai berikut:

- Menentukan luas penampang bruto kolom (A_{gr}).

$$A_{gr} = b \times h \quad (2-19)$$

- Menentukan nilai sumbu vertikal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \quad (2-20)$$

dimana: P_u adalah beban aksial kolom

- Menentukan nilai sumbu horisontal.

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times f'_c} \times \frac{e_t}{h} \quad (2-21)$$

- Menentukan nilai d'/h (2-22)

- Plot nilai sumbu vertikal dan sumbu horizontal sehingga didapatkan nilai r .

- Tentukan nilai presentase tulangan (ρ) dengan $\rho = r \times \beta$ (nilai β tergantung dari mutu beton f'_c . Untuk f'_c 30 MPa $\beta = 1,2$). (2-23)

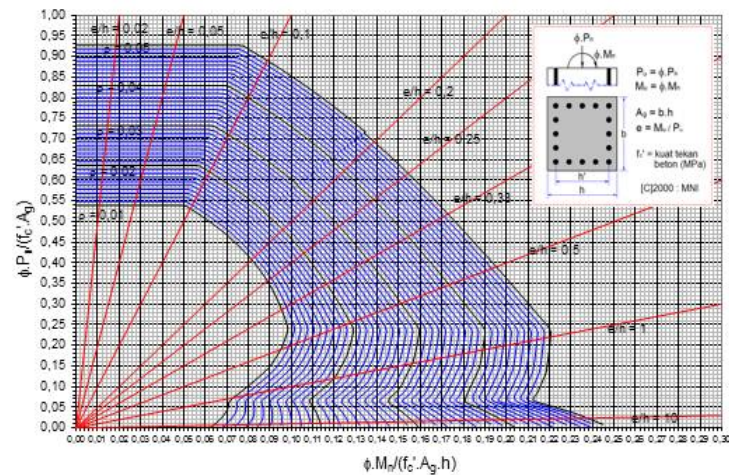
- Pembatasan rasio tulangan, dimana:

$$\rho_{maks} = 0,06 A_{gr} \quad (2-24)$$

$$\rho_{min} = 0,01 A_{gr} \quad (2-25)$$

- Menentukan luas tulangan (A_s).

$$A_s = \rho_{desain} \times A_{gr} \quad (2-26)$$



Sumber : [http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-xMwnRn6UTBM/UHSMd7YVTGI/AAAAAAAAAOA/vS3FyFs81kY/s1600/DIAGRAM_INTERAKSI_SEGIA_2_SISI_FY4000_S015.JPG)

[xMwnRn6UTBM/UHSMd7YVTGI/AAAAAAAAAOA/vS3FyFs81kY/s1600/DIAGRAM_INTERAKSI_SEGIA_2_SISI_FY4000_S015.JPG](http://2.bp.blogspot.com/-xMwnRn6UTBM/UHSMd7YVTGI/AAAAAAAAAOA/vS3FyFs81kY/s1600/DIAGRAM_INTERAKSI_SEGIA_2_SISI_FY4000_S015.JPG)

Gambar 2.1 Grafik Interaksi Kolom

C. Pelat

Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” Pasal 3.2.5 Ayat 3.

1. Menentukan $l_{n1}, l_{n2}, \beta, h_{maks}, h_{min}$

l_{n1} = bentang bersih terpanjang, diukur dari muka kolom dan atau balok

l_{n2} = bentang bersih terpendek, diukur dari muka kolom dan atau balok

$$\beta = \frac{l_{n1}}{l_{n2}} \quad (2-27)$$

$$h_{min} = l_{n1} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \quad (2-28)$$

$$h_{maks} = l_{n1} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (2-29)$$

Dimana :

β = rasio panjang bentang tepanjang dengan panjang bentang terpendek

f_y = tegangan leleh baja (MPa)

h = tebal pelat (mm)

2. Menentukan jarak titik berat, inersia balok dan inersia pelat

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times y_i)}{\sum A} \quad (2-30)$$

$$I_b = \left(\left(\frac{1}{2} \times b \times h_b^3 \right) + (A \times d^2) \right) \quad (2-31)$$

$$I_p = \frac{1}{2} \times L \times h_p^3 \quad (2-32)$$

Dimana :

\bar{y} = jarak titik berat penampang (mm)

A = luas penampang (mm²)

y = jarak titik berat penampang keserat terluar (mm)

I_b = momen inersia balok (mm⁴)

I_p = momen inersia plat (mm⁴)

b = lebar penampang balok (mm)

h_b = tinggi penampang balok (mm)

h_p = tinggi penampang pelat (mm)

L = lebar pelat, dari pusat ke pusat (mm)

d = jarak titik berat penampang ke titik beratnya (mm)

3. Menentukan α_m

$$\alpha_i = \frac{I_{bi}}{I_{pi}} \quad (2-33)$$

$$\alpha_m = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{E_{bi} \times I_{bi}}{E_{pi} \times I_{pi}} \right)}{4} \quad (2-34)$$

Dimana :

α_i = rasio kekakuan lentur balok terhadap kekuatan lentur pelat

α_m = harga rata-rata dari perbandingan kekakuan lentur balok terhadap kekakuan lentur pelat pada keempat sisinya, dengan syarat tebal minimum pelat :

I_{bi}, I_{pi} = momen inersia balok dan pelat yang ditinjau (mm⁴)

E_{bi}, E_{pi} = modulus elastisitas beton = $4700 \sqrt{f'c}$

4. Control terhadap tebal minimum

Tebal pelat yang digunakan harus lebih dari :

$$h \geq \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \quad (2-35)$$

2.4 Pembebanan

Berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, 1983, struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan-pembebanan sebagai berikut :

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (*PPIUG 1983 – pasal 1.0. ayat 1*).

Beban mati yang direncanakan pada Tugas Akhir ini diambil dari table 2.1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Beban finishing (keramik) | = 24 kg/m ² |
| 2. Plester 2.5 cm (2.5 x 21 kg/m ²) | = 53 kg/m ² |
| 3. Beban ME | = 25 kg/m ² |
| 4. Beban plafond dan penggantung | = 18 kg/m ² |
| 5. Beban dinding bata | = 250 kg/m ² |

Beban material bangunan tergantung dari jenis bahan bangunan yang dipakai. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPIUG table 2.1 adalah :

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Baja | = 7850 kg/m ³ |
| 2. Batu alam | = 2600 kg/m ³ |
| 3. Beton bertulang | = 2400 kg/m ³ |
| 4. Pasangan batu merah | = 1700 kg/m ³ |

2.4.2. Beban Hidup

Adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari beban-beban yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan lantai tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetic) butiran air (*PPIUG 1983 – pasal 1.0. ayat 2*). Beban hidup yang direncanakan pada Tugas Akhir ini diambil dari Tabel 3.1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

- Parkir = 400 kg/m²
- Parkir lantai bawah = 800 kg/m²
- Lantai kantor = 250 kg/m²
- Lantai sekolah = 250 kg/m²
- Ruang pertemuan = 400 kg/m²
- Ruang dansa = 500 kg/m²
- Lantai olahraga = 400 kg/m²
- Tangga dan bordes = 300 kg/m²

2.5 Penggunaan Program SAP 2000 Versi.14

Model geometri pada SAP 2000 versi 14 terbagi menjadi dua jenis, yaitu template dan koordinat. Model geometri template digunakan apabila semua jarak adalah sama untuk sumbu X dan sumbu Z, sedangkan model geometri koordinat digunakan apabila jarak tidak sama baik dalam arah X maupun arah Z.

2.5.1. Pemodelan Struktur

Model geometri koordinat dipakai apabila salah satu sumbu saja yang memakai ukuran tidak sama. Hal itu dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Jalankan aplikasi SAP 2000 versi 14
2. Pilih menu **File** → **New Model...**
3. Selanjtnya akan ditampilkan kotak dialog **New Model**
4. Pilih **Grid Only**
5. Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog **Quick Grid Lines**
6. **X direction** diartikan jumlah panjang dari arah sumbu X dari suatu frame
7. **Z direction** diartikan jumlah panjang dari arah sumbu Z dari suatu frame
8. Sedangkan untuk **Y direction** tidak perlu diisi karena sumbu yang aktif pada SAP 2000 versi 14 adalah XZ
9. Klik **Ok**
10. Selanjutnya akan ditampilkan antarmuka SAP 2000 versi 14
11. Tutup jendela **3-D View** dan perbesar jendela **X-Y Plane**
12. Klik ikon **XZ** pada toolbar untuk mengubah tampilan sumbu X-Y menjadi tampilan sumbu X-Z

13. Selanjutnya akan ditampilkan antarmuka SAP 2000 versi 14 dengan **X-Z**

Plane

14. Setelah mengetahui batas-batas gambar, mulailah menggambar yang dimulai dengan pembuatan kolom-kolomnya kemudian baru balok-baloknya.

15. Pilih menu **Draw** → **Draw Frame/Cable /Tendon**

16. Gambarlah dari titik ke titik dengan cara mengklik tiap titik yang dilewati sehingga akhir dari gambar tersebut.

2.6 Elemen Struktur bawah

2.6.1 Pengertian Pondasi

Secara garis besar, struktur bangunan di bagi menjadi dua bagian utama, yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur bangunan di atas tanah. Struktur bangunan di dalam tanah sering di sebut struktur bawah, sedangkan struktur bangunan di atas tanah sering di sebut struktur atas. Struktur bawah dari suatu bangunan lazim di sebut pondasi, yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus di pindahkan atau di teruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

Karena pondasi harus memikul bangunan beserta beban-beban yang bekerja pada bangunan, maka dalam perencanaan pondasi harus di perhitungkan dengan cermat terhadap 2 macam beban, yaitu beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi merupakan beban vertikal dengan arah dari atas ke bawah, dan berasal dari dasar dalam struktur bangunan, baik berupa beban mati (berat sendiri bangunan) maupun beban hidup (orang dan beban di dalam bangunan). Sedangkan beban lateral merupakan beban horizontal dengan arah dari kiri ke kanan atau dari kanan ke kiri dan berasal dari luar struktur bangunan, baik berupa beban yang di akibatkan oleh angin maupun beban yang di akibatkan oleh gempa.

Dari uraian di atas dapatlah di pahami, bahwa pondasi merupakan bagian paling penting dari struktur bangunan, karena jika terjadi kegagalan/kerusakan pada pondasi, maka dapat berakibat pada kerusakan bangunan di atasnya, atau bahkan robohnya struktur bangunan secara keseluruhan.

2.6.2 Pondasi Telapak

Secara garis besar, pondasi telapak dapat di bedakan menjadi 5 macam, yaitu sebagai berikut:

1) Pondasi dinding

Pondasi dinding ini sering di sebut pondasi lajur

2) Pondasi telapak tunggal

Pondasi telapak tunggal sering disebut dengan pondasi kolom tunggal, artinya setiap kolom mempunyai pondasi sendiri-sendiri, pondasi telapak tunggal dapat berbentuk bujur sangkar, lingkaran dan persegi panjang

3) Pondasi gabungan

Jika letak kolom relatif dekat, pondasinya di gabung menjadi satu. Bentuk pondasi berupa persegi panjang atau trapesium

4) Pondasi telapak menerus

Jika letak kolom berdekatan dengan daya dukung tanah relatif, lebih baik di buat pondasi telapak menerus. Agar kedudukan kolom lebih kokoh dan kuat, maka antara kolom satu dan lainnya di jepit oleh balok *sloof*. Balok *sloof* di cor bersamaan dengan pondasi

5) Pondasi mat

Pondasi mat sering di sebut pondasi pelat, di pasang di bawah seluruh bangunan, karena daya dukung tanahnya sangat kecil

2.6.3 Perencanaan Pondasi Telapak

Peraturan untuk perencanaan pondasi telapak tercantum pada pasal 1.12 dan pasal 7 SNI 03-2847-2002. Perencanaan pondasi harus mencakup segala aspek agar terjamin keamannya sesuai dengan persyaratan yang berlaku, misalnya: penentuan dimensi telapak pondasi, tebal pondasi dan jumlah/jarak tulangan yang harus di pasang pada pondasi.

Secara garis besar, perencanaan pondasi yang lengkap harus memuat 5 kriteria berikut:

1. Menentukan ukuran pondasi

Ukuran panjang dan lebar telapak pondasi harus di tetapkan sedemikian rupa, sehingga tegangan yang terjadi pada dasar pondasi tidak melampaui daya dukung tanah di bawahnya.

2. Mengontrol kuat geser 1 arah

Gaya geser 1 arah yang bekerja pada dasar pondasi dapat mengakibatkan retak pondasi pada jarak $\pm d$ dari muka kolom, dengan d adalah tebal efektif pondasi.

3. Mengontrol kuat geser 2 arah

Akibat gaya geser 2 arah (geser pons), maka pondasi akan retak di sekeliling kolom dengan jarak $\pm d/2$ dari muka kolom.

4. Menghitung tulangan pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi berupa beban vertikal dengan arah ke atas yang di sebabkan oleh tekanan tanah di bawah pondasi. Tulangan pondasi di hitung berdasarkan besar momen maksimal yang terjadi pada pondasi.

5. Mengontrol kuat dukung pondasi

Pondasi harus mampu mendukung semua beban yang bekerja pada bangunan di atasnya. Oleh karena itu di syaratkan bahwa beban aksial terfaktor pada kolom (P_u) tidak boleh melampaui kuat dukung dari pondasi (\bar{P}_u) yang di rumuskan:

$$P_u \leq \bar{P}_u$$

$$\bar{P}_u = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 \text{ dengan } \phi = 0,7 \text{ (Pasal 12.17.1)}$$

Dengan :

P_u = gaya aksial terfaktor (pada kolom), N

\bar{P}_u = kuat dukung pondasi yang di bebani, N

f_c' = mutu beton yang di syaratkan, Mpa

A_1 = luas daerah yang di bebani

2.7 Daya dukung tanah

Jenis dan besar-kecilnya ukuran pondasi sangat di tentukan oleh kekuatan/daya dukung tanah di bawah pondasi tersebut. Sebagai contoh untuk jenis pondasi telapak tunggal, semakin kuat daya dukung tanah, semakin kecil ukuran pondasi yang akan di rencanakan. Sebaliknya, semakin lemah daya dukung tanah, semakin besar ukuran pondasi yang akan di rencanakan. Untuk tanah dengan daya dukung yang lemah ini, sebaiknya di di gunakan pondasi jenis lain, misalnya pondasi sumuran atau bahkan di gunakan tiang pancang.

Kekuatan/daya dukung tanah pada umumnya dapat di ketahui melalui berbagai usaha berikut:

- a) Peraturan bangunan setempat yang di keluarkan oleh lembaga yang terkait
- b) Pengalaman tentang pembuatan pondasi yang sudah ada, atau keterangan yang berkaitan dengan pondasi di sekitarnya
- c) Hasil pemeriksaan/pengujian tanah, baik pengujian di laboratorium maupun pengujian di lapangan

Penentuan kekuatan/daya dukung tanah yang tepat dan pasti, merupakan permasalahan yang tidak mudah. Sebagai contoh, misalnya di jumpai lapisan tanah keras pada kedalaman 4 m di bawah permukaan tanah. Setelah di teliti lebih saksama, ternyata lapisan tanah keras tersebut hanya setebal 10 cm, dan di bawahnya di jumpai lapisan tanah yang sangat lunak.

Kesulitan dalam menentukan daya dukung tanah secara tepat ini di sebabkan oleh beberapa kemungkinan, misalnya:

- a) Jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah memiliki variasi yang sangat banyak. Variasi lapisan tanah ini bergantung pada sumber geologi tanah, cara perpindahan tanah, dan mekanisme sedimentasi
- b) Sifat fisik tanah telah di bebani sering di luar perkiraan semula, dan memerlukan biaya mahal jika harus di adakan uji coba
- c) Adanya penurunan tanah akibat konsolidasi butir-butir tanah yang di timbulkan oleh getaran (gempa bumi, lalu lintas, alat pemadat dan sebagainya)

Sebagai langkah praktis untuk keperluan perencanaan pondasi, pada umumnya jenis tanah berikut dapat di pakai sebagai perkiraan daya dukung tanah, yaitu:

- a) Jenis tanah cadas/batuan: daya dukungnya baik sekali
- b) Jenis tanah kerikil/batu: daya dukunya baik
- c) Jenis tanah pasir/*silt*: daya dukungnya meragukan (hati-hati). Pada tanah pasir, jika dalam kondisi jenuh air dan menerima getaran (misalnya oleh gempa), maka butir-bitirnya saling memisahkan diri/saling lepas sehingga daya dukungnya nol (kecil sekali). Peristiwa ini di sebut *liquefaction* yang sangat berbahaya bagi bangunan.

- d) Jenis tanah liat: daya dukungnya sangat meragukan (sangat hati-hati). Sifat tanah liat, yaitu pada keadaan kering menjadi keras, tetapi pada keadaan tanah basah menjadi lunak (daya dukungnya menurun). Di samping itu, jika terjadi getaran (oleh gempa atau kereta api yang lewat) pada tanah liat basah, maka sifat getaran tersebut dapat berubah menjadi getaran harmonis. Getaran harmonis ini sangat membahayakan bangunan (terutama gedung bertingkat), karena dapat memperbesar amplitudo (pergeseran horizontal) pada lantai tingkat.

2.8 Analisa Daya Dukung Pondasi

2.8.1 Analisa Daya Dukung Pondasi Telapak

Daya dukung pondasi telapak ditentukan oleh daya dukung tanah dasar dan oleh gesekan (f) atau lekatan (c). Jika daya dukung oleh tanah dasar diberi notasi σ_1 dan daya dukung oleh gesekan dan atau lekatan diberi notasi σ_2 , maka daya dukung ultimate pondasi telapak ($\sigma_{ultimate}$) adalah $\sigma_1 + \sigma_2$.

- a. Daya dukung tanah dasar (σ_1)

Untuk menghitung daya dukung ultimate tanah dasar dapat digunakan persamaan klasik dari Terzaghi dan Peck sebagai berikut :

$$\sigma_{ult} = \alpha \cdot C \cdot N_c + D_f \cdot \gamma_1 \cdot N_q + \beta \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \quad (2-35)$$

Untuk pondasi bujur sangkar/segi empat :

$$\sigma_{ult} = 1,3 C \cdot N_c + D_f \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \quad (2-36)$$

Untuk pondasi bentuk empat persegi panjang :

$$\sigma_{ult} = ((1+0,3(B/L)) C \cdot N_c + D_f \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,4 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \quad (2-37)$$

Untuk pondasi bentuk lingkaran :

$$\sigma_{ult} = 1,3 C \cdot N_c + D_f \cdot \gamma_1 \cdot N_q + 0,3 \cdot B \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma \quad (2-38)$$

dengan :

σ_{ult} : Daya dukung ultimate pondasi

C : Kohesi tanah

γ_1 : Berat volume tanah disamping pondasi

γ_2 : Berat volume tanah dibawah pondasi

D_f : Kedalaman sampai dasar pondasi

B : Lebar atau diameter pondasi

N_c, N_q, N_γ : Faktor daya dukung Terzaghi yang besarnya ditentukan pada nilai sudut geser dalam (ϕ), lihat tabel 2.1 :

Tabel 2.3 Nilai-nilai faktor daya dukung tanah Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.7	1.0	0.0	5.7	1	0
5	7.3	1.6	0.5	6.7	1.4	0.2
10	9.6	2.7	1.2	8	1.9	0.5
15	12.9	4.4	2.5	9.7	2.7	0.9
20	17.7	7.4	5.0	11.8	3.9	1.7
25	25.1	12.7	9.7	14.8	5.6	3.2
30	37.2	22.5	19.7	19	8.3	5.7
34	52.6	36.5	35.0	23.7	11.7	9
35	57.8	41.4	42.4	25.2	12.6	10.1
40	95.7	81.3	100.4	34.9	20.5	18.8
45	172.3	173.3	297.5	51.2	35.1	37.7
48	258.3	287.9	780.1	66.8	50.5	60.4
50	347.6	415.1	1153.2	81.3	65.6	87.1

Sumber : *Rekayasa Pondasi, 2014*

b. Daya dukung oleh lekatan (c) dan atau gesekan (f)

- Daya dukung oleh lekatan (c)

Jika pondasi sumuran dibuat pada tanah kohesif, maka kekuatan pondasi sumuran ditentukan oleh lekatan. Besarnya daya dukung pondasi akibat lekatan (c) adalah seperti berikut :

$$\sigma_{ult} : A_s \cdot c \quad (2-39)$$

dimana :

A_s : luas selimut

c : kohesi

Q_s : daya dukung kulit

$$Q_s : \frac{\sigma_{ult}}{s_f}$$

- Daya dukung oleh gesekan (f)

$$\sigma_{ult} : k \cdot E_o \cdot f \quad (2-40)$$

dimana :

k : keliling pondasi

f : koefisien gesek = $\text{tg}\phi$

k_o : $1 + \text{tg}^2\phi$

E_o : $\frac{1}{2} \cdot D_f \cdot \gamma_t \cdot k_o$

$$Q_s = \frac{\sigma_{ult}}{s_f}$$

Daya dukung pondasi sumuran (Q) adalah :

$$Q = Q_b + Q_s \quad (2-41)$$

2.9 Langkah Perhitungan Pondasi Telapak

Untuk perhitungan Pondasi Telapak langkah-langkah sebagai berikut :

- 1). Dalam perhitungan dibutuhkan data-data untuk menunjang perhitungan pondasi.
- 2). Perhitungan daya dukung pondasi telapak (terzhagi).
- 3). Control tegangan tanah
- 4). Control tegangan geser 1 arah
- 5). Control tegangan geser 2 arah
- 6). Perhitungan penulangan pondasi