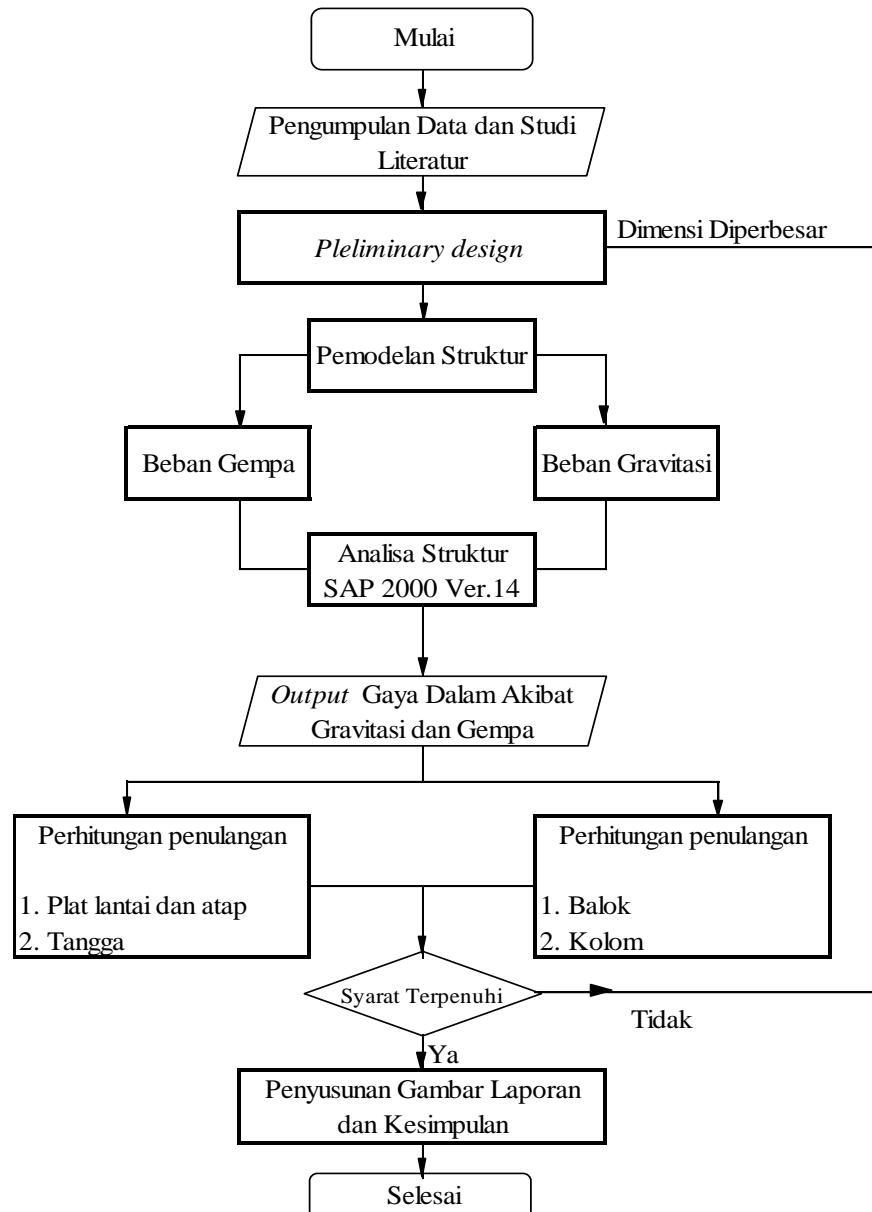


BAB III

METODELOGI PERHITUNGAN

3.1. Diagram Alur Perencanaan

Metoda penyelesaian ini tergambar dalam bagan alir dibawah ini:



Gambar 3.1. Bagan Alir Tahapan Perencanaaan

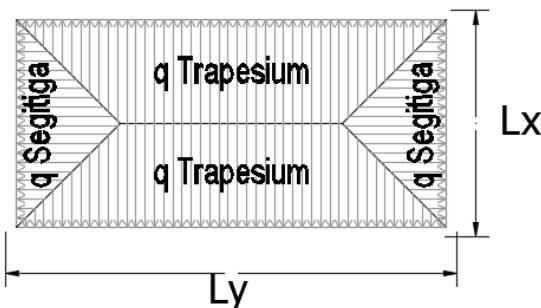
3.2. Perencanaan Portal

Portal yang direncanakan pada Gedung Rumah Sakit TMC Provinsi Jawa Barat adalah portal terbuka. Perhitungan konstruksi portal diwakili oleh dua portal yang mempunyai bentang cukup panjang dan menahan beban yang paling besar. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses perhitungan yang dilakukan secara 2 dimensi.

3.2.1. Pembebanan Portal

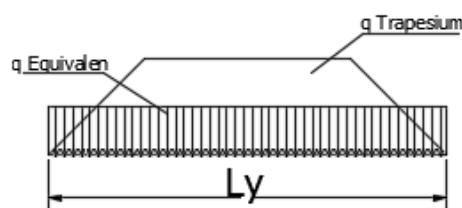
a. Beban merata

Beban diatas ditransfer ke setiap tepi, untuk bentang yang lebih pendek beban akan menjadi beban segitiga. Bentang yang lebih panjang akan berupa beban trapesium. Hal tersebut berdasarkan teori amplop dimana beban segitiga dan beban trapesium tersebut diubah menjadi beban equivalen. Sehingga beban menjadi merata sepanjang bentang balok.



Gambar 3.2. Penyaluran beban metode amplop

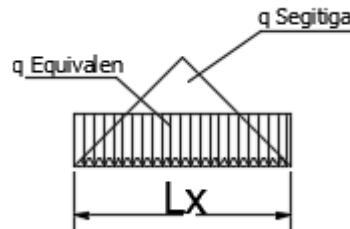
Secara garis besar pembebanan untuk portal adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3. Distribusi q equivalen trapesium

$q_{\text{equivalen trapesium}} =$

$$\frac{1}{2} \times q \times \left(\frac{Lx}{Ly^2} \right) \times \left(Ly^2 - \left(\frac{1}{3} \times Lx^2 \right) \right)$$



Gambar 3.4. Distribusi q equivalen segitiga

$$q_{\text{equivalen segitiga}} = \frac{1}{3} \times q \times Lx$$

Keterangan:

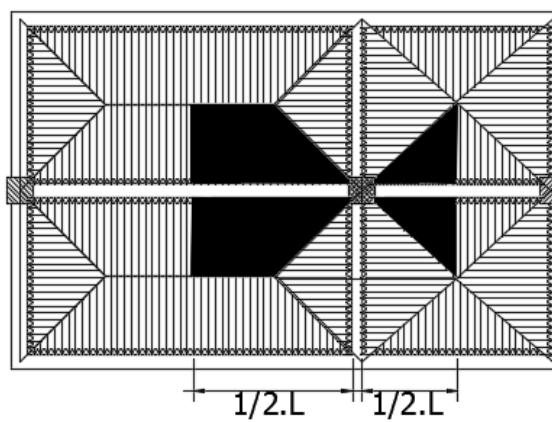
q = Beban yang ditahan

Lx = Bentang pendek

Ly = Bentang panjang

b. Beban Terpusat

Bisa terjadi diakibatkan dari beban balok anak. Pada perhitungan portal ini terjadi karena penyaluran beban pelat.



Gambar 3.5. Penyaluran beban terpusat pada joist

3.2.2. Beban Gravitasi

Pembebanan pelat atap terdiri dari:

- a. Beban hidup (LL)
- b. Beban mati (DL)
 - 1) Berat sendiri pelat
 - 2) Berat Gyp Tile + penggantung, ME
 - 3) Berat genangan air hujan finishing aspal
 - 4) Berat genangan air hujan 5 cm
 - 5) Berat lapisan aspal 1 cm

Pembebanan pelat lantai terdiri dari:

- a. Beban hidup (LL)
- b. Beban mati (DL)
 - 1) Berat sendiri pelat
 - 2) Berat Gyp Tile + penggantung,
 - 3) Beban finishing lantai keramik :
 - 4) Berat adukan setebal 0,015
 - 5) Berat penutup lantai :

3.2.3. Beban Gempa

Untuk perhitungan beban gempa menggunakan metode statik ekivalen dengan mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 1726–2012. Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

$$\text{dimana } C_{vx} = \frac{W_i h_i^k}{\sum W_i h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau gerak dasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

w = Bagian berat seismic efektif total struktur

h = Tinggi dari dasar

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur

Berdasarkan rumus tersebut maka tahapan perhitungan beban gempa antara lain sebagai berikut:

a. Klasifikasi Situs

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah harus disesuaikan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3.1. Klasifikasi situs tanah

Klasifikasi Site	\bar{V}_s (m/dt)	\bar{N}	\bar{s}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{s}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{s}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{s}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut :		
	1. Indeks plastisitas, PI > 20, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{s}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon spesifik (<i>Site-Specific Response Analysis</i>)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti: <ul style="list-style-type: none"> - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3m) - Plastisitas tinggi (ketebalan H > 7.5m dengan PI > 75) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan H > 35m 		

Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: SNI 1726-2012

b. Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

Dalam laporan ini penentuan wilayah gempa dan spektrum respons ditentukan dengan bantuan aplikasi online desain spektra Indonesia 2011 dari Kementerian Pembangunan Umum.

Berikut langkah-langkah menentukan grafik spektrum respon gempa menggunakan aplikasi tersebut:

1) Halaman awal

Masukan pada *web browser* alamat sebagai berikut
[**http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011**](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011) sehingga akan muncul halaman awal seperti pada gambar



Gambar 3.6. halaman awal desain spketra Indonesia 2011

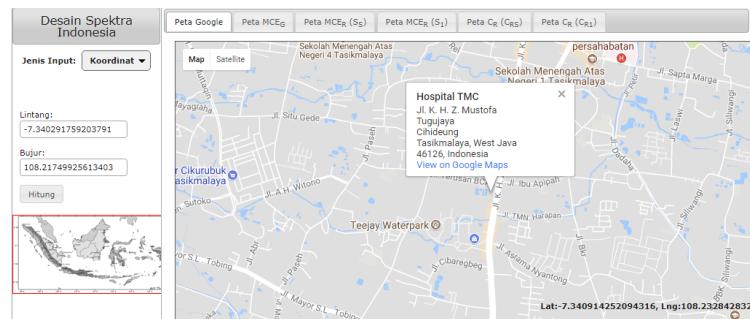
2) Tentukan jenis input

Jenis input bisa dilakukan dengan 2 cara yaitu berdasarkan koordinat (bisa dengan cara meng-klik wilayah peta yang disediakan) atau nama kota. Untuk penentuan pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan koordinat.



Gambar 3.7. Memilih jenis input data

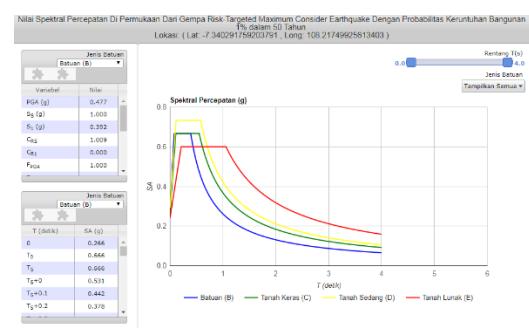
3) Pilih wilayah yang akan dianalisis



Gambar 3.8. input data

4) Klik hitung untuk menampilkan hasil

Maka akan muncul grafik respons spektrum seperti pada gambar.



Gambar 3.9. Hasil analisis

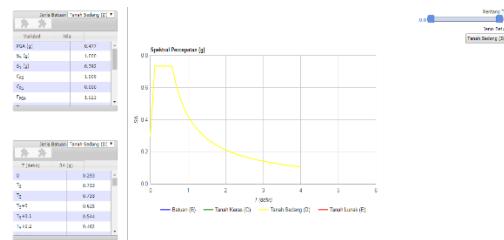
5) Pilih tanah yang dipakai

Bayu Widiantoro, 2017

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL BETON BERTULANG (STUDY KASUS : GEDUNG RUMAH SAKIT TASIK MEDICAL CENTER) TASIKMALAYA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pilih tanah yang akan dipakai sesuai dengan klasifikasi situs yang telah ditentukan sebelumnya



Gambar 3.10. Hasil analisis dipilih sesuai kelas situs

6) Salin tabel yang sudah teranalisis dari aplikasi

Untuk tabel tersebut data yang dipakai bisa disalin kedalam bentuk file excel.

Gambar 3.11. Output excel hasil analisis grafik spectra

c. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung dikategorikan terhadap 4 kategori resiko sesuai Tabel 3.2 kategori struktur bangunan berpengaruh terhadap besar faktor keutamaan gempa bangunan tersebut.

Tabel 3.2. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Tabel 3.2. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat <p>Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: SNI 1726-2012

Tabel 3.3. Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2012

d. Kategori Desain Seismik

Berdasarkan nilai S_{D1} dan S_{D2} , maka kategori desain seismik dapat ditentukan sesuai tabel 3.4. dan 3.5.

Tabel 3.4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012

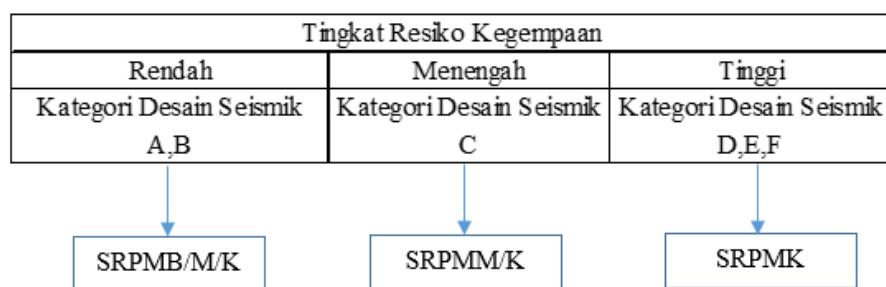
Tabel 3.5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012

Untuk memilih syarat spesifik sistem tabel 3.6. sesuai dengan kategori seismik

Tabel 3.6. Syarat spesifik sistem



Sumber: SNI 1726-2012

Keterangan:

SRPMB : Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa

SRPMM : Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah

SRPMK : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus

Setelah menentukan syarat spesifik sistem maka didapat nilai R , C_d dan Ω_0 .

Tabel 3.7. Faktor nilai R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	$10^{h,j}$	TI ^h	TI ^j
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ⁿ	TI ⁿ	TI ^j
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3°	3½	10	10	10	10	10

Sumber: SNI 1726-2012

e. Perioda Fundamental

Perioda fundamental pendekatan T_a , dalam detik dengan persamaan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1 berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Keterangan:

h_n = ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat tinggi struktur dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel 3.8.

Tabel 3.8. Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber: SNI 1726-2012

f. Gaya Lateral Ekivalen

1) koefisien respons seismik

geser dasar seismik V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W$$

C_s harus ditentukan dengan persamaan

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai persamaan diatas tidak boleh melebihi:

$$C_{smax} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

C_s harus tidak kurang dari:

$$C_{smin} = 0,044 S_{DS} I_e$$

Keterangan:

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismic efektif

S_{DS} = Parameter percepatan spektrum respons dalam periode pendek

S_{DI} = Parameter percepatan spektrum respons dalam periode 0,1 detik

I_e = Faktor keutamaan gempa

T = Periode fundamental struktur

2) Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} \cdot V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{W_i h_i^k}{\sum W_i h_i^k}$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral desain total atau gear didasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

w = Bagian berat seismic efektif total struktur

h = Tinggi dari dasar

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$

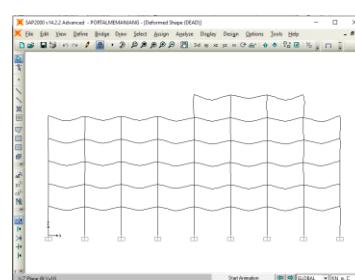
untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

3.3.Langkah-langkah Penggunaan SAP 2000 v. 14

3.3.1.Tahapan Analisis.

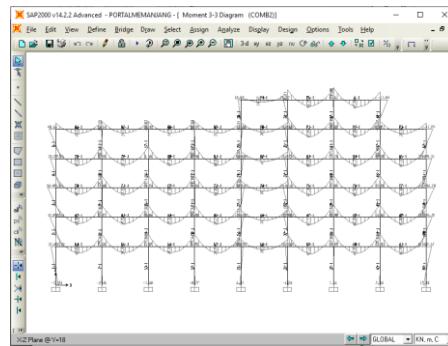
- a. Memulai aplikasi SAP 2000 v. 14
- b. Memilih model struktur.
 - 1) Pilih Input Unit KN,m,C
 - 2) Isikan Informasi Project yang sedang dikerjakan mengklik *Modify>Show Info* pada sudut kanan atas, setelah itu klik OK.
 - 3) Pilih 2D frames > Klik OK.
- c. Penentuan sifat-sifat material dan penampang (*material properties and section*).
 - 1). Mendefinisikan Material Data Beton
 - 2). Klik *Define > Materials*
 - 3). Pada kotak dialog *define material*, klik *Add New Material* pada kotak dialog *Material property data*
- d. Mendefinisikan beban dan kombinasi pembebanan (*Load pattern* dan *Load combinations*)
- e. Menentukan kondisi perletakan
- f. Memasukan data-data pembebanan pada struktur
- g. Asumsi-asumsi dan analisis (analysis options)
 - 1). Dari Menu Utama, Klik *Analyze > Set Analysis Option*.
 - 2). Klik pada *Model Plane Frame* > klik OK.
 - 3). Dari Menu Utama, Klik *Analyze > Run Analysis* atau tekan tombol F5 pada keyboard.
 - 4). Klik *Run Now* pada new window *Select Load Cases To Run*.



Gambar 3.12. Hasil *Running* SAP 2000

h. Menampilkan gaya-gaya dalam struktur.

- 1). Dari Menu Utama, Klik *Display > Show Forces/Stress > Frame/Cable.*
- 2). Pilih *Component* yang akan ditinjau > klik OK.



Gambar 3.13. Momen yang terjadi pada struktur

3.3.2. Output Analisis Gaya

a. Melihat hasil dalam bentuk tabel

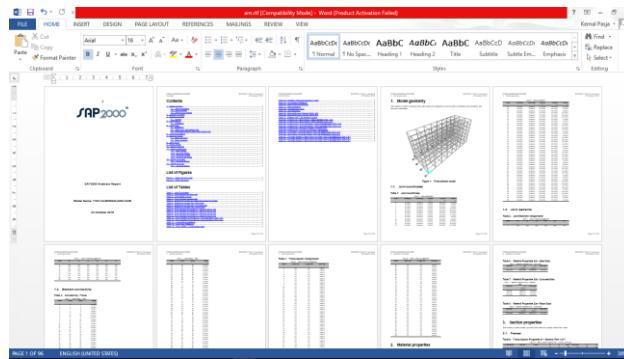
- 1) Dari *main menu*, klik *Display > Show Tables*
- 2) Pilih *Analisis Results* yang ingin ditampilkan dalam tabel data.
- 3) Pada *new window*, klik *File > Export all tables > To Excel*
- 4) *Save file* yang sudah di *export* dalam Excel

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Frame	Station	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3	FrameElement	ElementStatik	
2	0	0,COMB4	-73.513	-942.258	0	0	0	-2125.4913	29-1	0	
29	0,5,COMB4	Combination	-73.513	924.047	0	0	0	0	0,5	0,5	
29	1, COMB4	Combination	-73.513	905.836	0	0	0	-1201.4442	29-1	1	
29	0, COMB5	Combination	-78.546	-897.487	0	0	0	-2078.5185	29-1	0	
29	1,5,COMB4	Combination	-73.513	-887.625	0	0	0	-753.0788	29-1	1,5	
29	0,5,COMB5	Combination	-78.546	-884.276	0	0	0	-1633.0779	29-1	0,5	
29	1, COMB5	Combination	-78.546	-871.065	0	0	0	-1194.2427	29-1	1	
29	0, COMB7	Combination	-81.606	-870.184	0	0	0	-2050.7044	29-1	0	
29	2, COMB4	Combination	-73.513	-869.414	0	0	0	-313.8189	29-1	2	
29	0,5,COMB7	Combination	-81.606	-860.275	0	0	0	-1618.0897	29-1	0,5	
29	1,5,COMB5	Combination	-78.546	-857.854	0	0	0	-762.013	29-1	1,5	
29	2,5,COMB4	Combination	-73.513	-851.203	0	0	0	116.3356	29-1	2,5	
29	1, COMB7	Combination	-81.606	-850.367	0	0	0	-1190.429	29-1	1	
29	2, COMB5	Combination	-78.546	-844.643	0	0	0	-336.3887	29-1	2	
27	0, COMB4	Combination	-117.509	-842.735	0	0	0	-2792.7333	27-1	0	

Gambar 3.14. Hasil dalam bentuk tabel excel

b. Membuat laporan hasil analisis dan desain dalam bentuk file word.

Dari main menu klik *File > Create Report*.

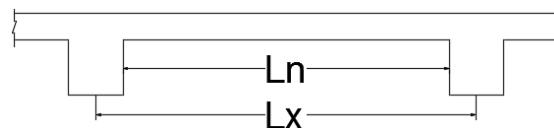


Gambar 3.15. . Laporan hasil analisis

3.4.Perencanaan Pelat

3.4.1.Tentukan Panjang Bentang

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 73) menggunakan persamaan :



Gambar 3.16. Penentuan panjang pelat

$$Ln = L + (2 \cdot 0,5 \cdot b)$$

Dimana :

Ln = panjang bentang bersih

L = panjang bentang

b = lebar balok

3.4.2.Menentukan Tebal Pelat

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 (2002, hlm. 66) tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{Ln \cdot (0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9C}$$

dan ≥ 90 mm

Dimana :

- h = ketebalan pelat
- L_n = panjang bentang
- f_y = mutu baja tulangan
- C = I_y/I_x

3.4.3. Menghitung Beban

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 75). Setelah menentukan bentang dan tebal pelat, kemudian beban-beban dihitung sebagai berikut :

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Dimana :

- W_u = Kuat perlu
- DL = Beban mati
- LL = Beban hidup

3.4.4. Tentukan Momen yang Menentukan

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 77). Untuk pelat ditumpu bebas berlaku :

$$M_u = 1/8 W_u l^2$$

Dan untuk momen jepit takterduga berlaku :

$$M_u = 1/24 W_u l^2$$

Dimana :

- M_u = momen ultimit
- W_u = kuat perlu
- l = panjang bentang

Atau Wahyudi L & Rahim S. (1997, hlm. 121). Momen yang mentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata.

Tabel 3.9. Tipe Momen Pelat

	I_y/k	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	117	125
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	36	37	38	38	38	37	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	38
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	36	37	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	34	38
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	49
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	22	28	31	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	31	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	27	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	25
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	75
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	97	94
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	34
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	43	46	48	50	51	51	51	50	50	49	49	48	48	48	48	48	19
	(M _{tx}) = 0,001 qh ² X	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63
	(M _{ty}) = 0,001 qh ² X	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38

— Terikat bawah
— Menerus atau terikat sasis

3.4.5. Menghitung dan Memilih Tulangan

1) Menghitung Tinggi Efektif

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 78).

Menghitung tinggi efektif sebagai berikut :

$$d = h - p - \frac{1}{2} \varnothing$$

Dimana :

d = tinggi efektif

h = tebal plat

p = selimut beton

\varnothing = diameter tulangan

2) Menghitung ρ

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 78).

Menghitung ρ sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \beta \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\text{Syarat} = \rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

Dimana :

f_c' = kuat tekan beton

f_y = kuat leleh baja

β = 0,85

3) Menghitung Luas Tulangan (As)

Sebagaimana dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm.

$$K = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right)$$

Dimana :

M_u = Momen ultimate

d = tinggi efektif

b = 1 meter

ϕ = 0,8 reduksi

f_c' = kuat tekan beton

f_y = kuat leleh baja

Menghitung luas tulangan (As) sebagai berikut :

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

As = luas tulangan

b = lebar plat

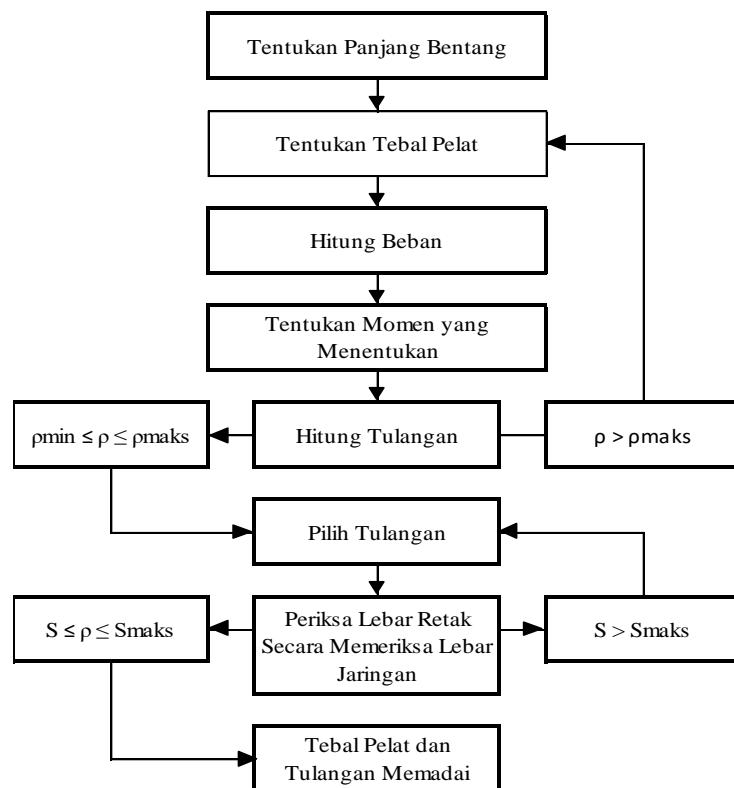
d = tinggi efektif

Menghitung jarak tulangan dapat ditentukan sebagaimana menggunakan dikemukakan oleh Kusuma G dkk. (1993, hlm. 15).

Tabel 3.10. Diameter tulangan dalam mm^2 per meter lebar pelat

Jarak pusat ke pusat dalam mm	Diameter dalam mm							
	6	8	10	12	14	16	19	20
50	565	1005	1571	2262	3079	4022	5671	6284
75	377	670	1047	1508	2053	2681	3780	4189
100	283	503	785	1131	1539	2011	2835	3142
125	226	402	628	905	1232	1608	2268	2513
150	188	335	524	754	1026	1340	1890	2094
175	162	287	449	646	880	1149	1620	1795
200	141	251	393	565	770	1005	1418	1571
225	126	223	349	503	684	894	1260	1396
250	113	201	314	452	616	804	1134	1257

3.4.6. Bagan Alir Perencanaan Pelat



Sumber: Kusuma G. (1993)

Gambar 3.17. Bagan Alir perencanaan pelat.

3.5.Tangga

Menurut Djojowirono (1984) dalam Asroni A (2010, hal. 235) Penentuan sudut kemiringan tangga bergantung kepada fungsi/ keperluan tangga yang akan dibangun. Sebagai pedoman dapat diambil ketentuan sebagai berikut :

- a Untuk tangga mobil masuk garasi, diambil sudut maksimal $12,5^\circ$ atau dengan kemiringan $1 : 4,5$
- b Untuk tangga di luar bangunan, diambil sudut 20° atau kemiringan $1:2,75$
- c Untuk tangga perumahan dan gedung pada umumnya, diambil sudut kemiringan 30° sampai 35° , atau kemiringan $1 : 1,7$ sampai $1 : 1,4$.
- d Untuk tangga dengan sudut sama atau lebih besar dari 41° , disebut tangga curam, biasanya digunakan untuk *basement*, menara atau tandon air.

Dalam Asroni A (2010, hal. 238) agar tangga dapat digunakan/dilalui dengan mudah, nyaman dan tidak melelahkan, maka ukuran anak tangga perlu diperhitungkan dengan mengingat beberapa pertimbangan berikut :

- a Jarak satu langkah orang berjalan, berkisar antara 61 cm sampai dengan 65 cm.
- b Pada saat orang berjalan, tenaga untuk mengangkat kaki diperlukan dua kali lipat daripada tenaga untuk memajukan kaki.
- c Semakin kecil sudut kemiringan tangga, semakin mudah untuk dilalui/didaki.

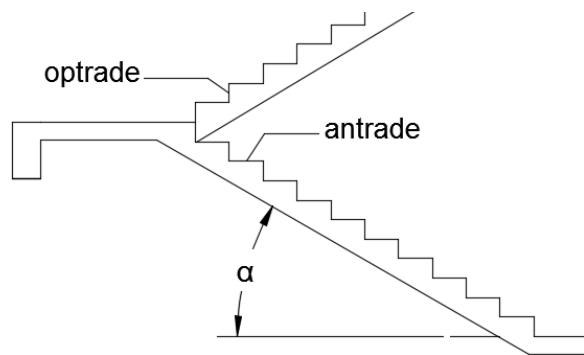
Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ukuran anak tangga dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$2 \text{ Optrade} + \text{Antrade} = 61 \text{ sampai } 65 \text{ cm}$$

Dimana :

Optrade = tinggi bidang tanjakan atau tinggi anak tangga

Antrade = lebar bidang tanjakan atau lebar anak tangga



Gambar 3.18. Ukuran Anak Tangga

3.6. Perencanaan Struktur Balok

3.6.1. Tentukan Syarat-Syarat Batas

Kusuma G dkk (1993, hal. 102) pada persyaratan tulangan balok disamping beban-beban pada balok ternyata ukuran dan syarat-syarat tumpuan pun perlu diketahui. Tumpuan akan dianggap kaku, yaitu tidak dapat berdeformasi, sehingga hanya tiga syarat-syarat tumpuan yang dipertimbangkan, yaitu:

- a Tumpuan bebas (sederhana), balok yang ditumpu bebas dapat mengalami perputaran sudut pada perletakan.
- b Tumpuan terjepit penuh, balok yang ditumpu tidak bisa berotasi.
- c Tumpuan terjepit sebagian (pasrsial), suatu keadaan diantara dua situasi tumpuan bebas dan terjepit yang memungkinkan tumpuan ini dapat sedikit berotasi.

3.6.2.Penentuan Panjang Bentang

Kusuma G dkk (1993, hal.102) seperti halnya konstruksi plat, pada balok berlaku pula panjang bentang teoritis l harus dianggap sama dengan bentang bersih L ditambah dengan setengah panjang perletakan yang telah ditetapkan. Untuk bentang teoritis harus ditentukan sebagai bentang bersih L ditambah tinggi balok

3.6.3.Tentukan Dimensi Balok

Kusuma G dkk (1993, hal.104) balok didimensikan dengan persyaratan tinggi minimum akan menghasilkan persentase penulangan tinggi atau dapat menimbulkan masalah berkaitan dengan penampungan tegangan geser akibat gaya lintang. Ukuran balok cukup diperkirakan dengan:

$$h_{\min} = \frac{1}{10} \cdot l$$

$$h_{\max} = \frac{1}{15} \cdot l$$

$$b_{\min} = \frac{1}{2} \cdot h$$

$$b_{\max} = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana:

h = tinggi balok

b = lebar balok

l = panjang bentang

3.6.4.Menghitung Beban-Beban

Setelah menentukan dimensi balok, kemudian beban-beban (beban gempa dan gravitasi) dihitung kuat perlu dengan kombinasi sebagai berikut:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L - 1,0 E$$

Dimana:

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

3.6.5.Tentukan Momen yang Menentukan

Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam didapat dengan menggunakan bantuan program komputer SAP2000 Versi 14

3.6.6.Hitung Tulangan yang Menentukan

Berdasarkan Asroni A (2010, hal.39) Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen puntir), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang (longitudinal) yang berfungsi menahan beban lentur, serta tulangan geser (begel) yang berfungsi menahan beban geser dan torsi).

a.Tulangan Longitudinal Balok Tunggal

- 1) Menghitung jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik (ds), sebagai berikut :

$$ds = p + \emptyset \text{ tulangan geser} + D \text{ tulangan utama} / 2$$

Dimana:

p = selimut beton

\emptyset = diamter tulangan ulir

D = diamter tulangan polos

- 2) Menghitung tinggi efektif penampang balok (d), sebagai berikut :

$$d = h - ds$$

Dimana:

h = tinggi balok

ds = jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi
serat beton tarik

- 3) Menghitung faktor momen pikul (K), berikut :

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Jika, $K < K_{maks}$, maka digunakan tulangan tunggal

Dimana:

$\beta_1 = 0,85$

f_c' = mutu beton

f_y = mutu baja

b = lebar balok

d = tinggi efektif

$\phi = 0,8$

- 4) Menenghitung tinggi balok tegangan tekan beton persegi
ekuivalen (a), berikut :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

Dimana:

d = tinggi efektif

k = faktor momen pikul

f_c = mutu beton

- 5) Menghitung jumlah tulangan maksimal per baris (m), sebagai berikut :

$$m = \frac{b - 2.ds}{\phi t_{\text{tulangan utama}} + S_n} + 1$$

Dimana:

b = lebar balok

ds = jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton

S_n = jarak bersih antar tulangan pada arah mendatar, dengan syarat dari ϕ dan lebih besar dari 40 mm. Dipilih nilai yang besar

ϕ = diameter tulangan

- 6) Menghitung luas tulangan perlu (A_s), dipilih yg terbesar berikut :

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

$$A_s \min = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Dimana:

f_c = mutu beton

a = balok tegangan tekan beton persegi ekuivalen

b = lebar balok

d = tinggi efektif

f_y = mutu baja

- 7) Jumlah tulangan (n) yang dipakai dihitung dengan membagi luas tulangan perlu A_s terhadap luas tulangan 1 batang, diperoleh :

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

Dimana :

As = luas tulangan perlu

D = diameter tulangan

8) Kontrol :

$$Mr \geq Mu$$

$$\epsilon_c' \leq 0,003$$

Dimana :

Mu = momen ultimit

Mr = momen rencana

ϵ_c' = regangan tekan beton

b.Tulangan Longitudinal Balok Rangkap

Hasil momen adalah negatif (-), berarti tulangan tarik berada di bagian atas dan tekan di bagian bawah.

- 1) Menghitung jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik (ds), sebagai berikut :

$$ds = p + \emptyset \text{ tulangan geser} + D \text{ tulangan utama} / 2$$

Dimana :

p = selimut beton

\emptyset = dismetr tulangan

- 2) Menghitung tinggi efektif penampang balok (d), sebagai berikut :

$$d = h - ds$$

Dimana :

h = tinggi balok

ds = jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi serat beton tarik

- 3) Menghitung faktor momen pikul (K), berikut :

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2}$$

$$K = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

Karena $K > K_{maks}$, maka digunakan tulangan rangkap

Diambil $K_1 = 0,8 \cdot K_{maks}$

Dimana :

$\beta_1 = 0,85$

f_c' = mutu beton

f_y = mutu baja

b = lebar balok

d = tinggi efektif

$\phi = 0,8$

- 4) Menenghitung tinggi balok tegangan tekan beton persegi
ekuivalen (a), berikut :

$$a = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2K_1}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \cdot d$$

Dimana :

d = tinggi efektif

K = faktor momen pikul

f_c' = mutu beton

- 5) Menghitung luas tulangan perlu A_s , berikut :

$$A_1 = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b}{f_y}$$

$$A_2 = \frac{(K - K_1) \cdot b \cdot d^2}{(d - ds') \cdot f_y}$$

Dimana :

f_c' = mutu beton

a = balok tegangan tekan beton persegi ekuivalen

b = lebar balok

f_y = mutu baja

K = faktor momen pikul

K_1 = faktor momen pikul terfaktor

d = tinggi efektif

ds' = jarak antara titik berat tulangan tarik dan tepi
serat beton tekan

6) Menghitung tulangan tarik

$$A_s = A_1 + A_2$$

7) Menghitung tulangan tekan

$$A_s = A_2$$

8) Jumlah tulangan (n) yang dipakai dihitung dengan membagi luas tulangan perlu A_s terhadap luas tulangan 1 batang, diperoleh :

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

Dimana :

A_s = luas tulangan perlu

D = diameter tulangan

c.Tulangan Geser Balok

1) Menghitung gaya geser yang ditahan oleh beton (V_c), sebagai berikut :

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c} b d}{6}$$

Dimana :

f_c = mutu beton

b = lebar balok

d = tinggi efektif

2) Menghitung gaya geser yang ditahan oleh begel (V_s), sebagai berikut :

$$V_s = \frac{V_u - \phi \cdot V_c}{\phi}$$

Dimana :

V_u = gaya geser ultimit

V_c = gaya geser yang ditahan oleh beton

ϕ = faktor reduksi geser (0,75)

- 3) Menghitung gaya geser nominal (V_n), sebagai berikut :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_c = gaya geser yang ditahan oleh beton

V_s = gaya geser yang ditahan oleh begel

- 4) Menghitung gaya geser rencana (V_r), sebagai berikut :

$$V_r = \phi \cdot V_n$$

Dimana :

ϕ = faktor reduksi geser (0,75)

V_n = kuat geser nominal

- 5) Menghitung luas tulangan geser per meter panjang balok yang diperlukan (A_v), dengan memilih nilai terbesar dari rumus berikut :

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

$$A_v = \frac{75 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot S}{1200 \cdot f_y}$$

$$A_v = \frac{b \cdot S}{f_y \cdot 3}$$

Dimana :

V_s = gaya geser yang ditahan oleh begel

S = 1 meter

f_y = mutu baja

f_c = mutu beton

d = tinggi efektif

b = lebar balok

6) Menghitung spasi begel (s), sebagai berikut :

$$s = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot S}{Av}$$

Dimana :

n = jumlah kaki begel

d = tinggi efektif

S = 1 meter

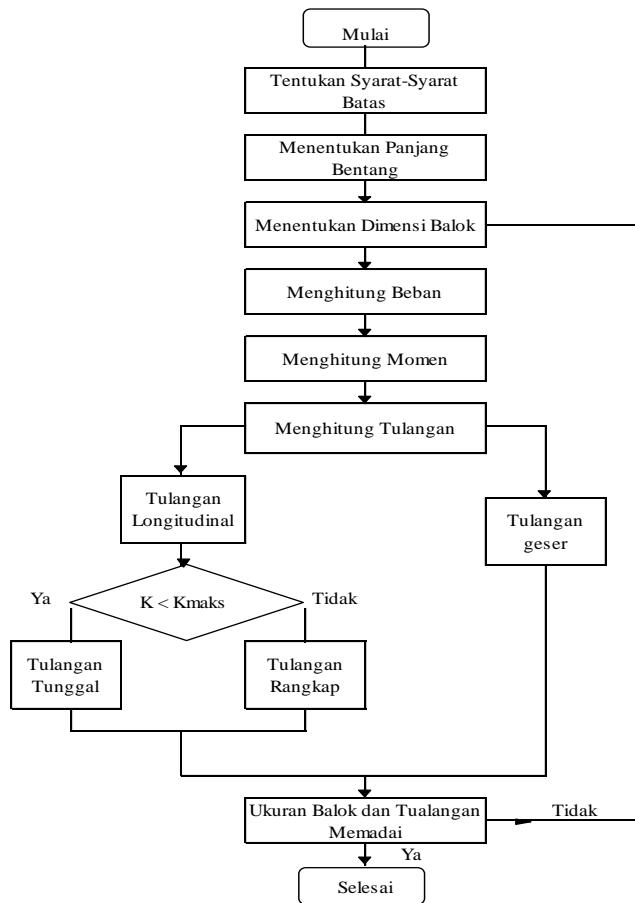
Av = luas tulangan geser per meter panjang balok

yang diperlukan.

3.6.7.Ukuran Balok dan Tulangan yang Memadai

Merupakan hasil akhir dari kolom, berupa gambar yang menyatakan lokasi dan jumlah tulangan yang dipasang dari kolom yang dihitung berdasarkan pendekatan yang telah disebutkan serta memenuhi pesyaratan aman.

3.6.8.Bagan Alir Perencanaan Balok



Gambar 3.19. Bagan Alir Perencanaan Balok

3.7. Perencanaan Struktur Kolom

3.7.1. Tentukan Syarat-Sayat Batas

Berdasarkan Kusuma dkk (1993, hal. 174) sebuah kolom adalah suatu komponen struktur yang diberi beban tekan sentris atau beban tekan eksentris. Dilihat dari segi perencanaan ternyata sebuah kolom pendek (yaitu kolom yang bersendi pada setiap ujung) dari komponen struktur tekan merupakan contoh yang paling mudah ditinjau, karena pada dasarnya kolom ini hanya mengalami gaya-gaya normal (aksi). Demikian kolom adalah sebuah komponen struktur yang mendapat beban tekan sentris.

Pada struktur yang sederhana, kolom sering merupakan bagian dari struktur rangka. Bila pada kolom bagian atas dan bawah berhubungan kaku dengan komponen horizontal (balok), maka tegangan yang bekerja pada kolom, selain tegangan aksi mungkin juga terdiri dari tegangan yang disebabkan oleh momen lentur. Kini dikatakan sebuah komponen struktur yang mendapat beban tekan eksentris.

3.7.2. Tentukan Ukuran Kolom

Ukuran kolom menggunakan, panjang (h) dan lebar (b) kolom ditentukan sebagai berikut:

$$A = \frac{P_{total}}{\sigma} \rightarrow (\sigma = fc')$$

$$A = b h \rightarrow A = 2 b^2$$

$$h = 2 b$$

Dimana:

A = Luas perlu kolom

b = lebar

h = panjang

P_{total} = beban ultimit yang dipikul kolom

3.7.3. Menghitung beban-beban

Setelah menentukan dimensi kolom, kemudian beban-beban (beban gempa dan gravitasi) dihitung kuat perlu dengan kombinasi sebagai berikut:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L - 1,0 E$$

Dimana:

U = Kuat perlu

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

3.7.4. Tentukan Momen-Momen yang Menentukan

Untuk mendapatkan gaya-gaya dalam diperoleh dengan menggunakan bantuan program komputer SAP2000 Versi 14.

3.7.5. Hitung Tulangan yang Menentukan

a. Tulangan Longitudinal Kolom

Untuk perencanaan tulangan longitudinal kolom bersengkang dilaksanakan dengan langkah berikut:

- 1) Dihitung nilai a_c dan a_b dengan persamaan:

$$a_c = \frac{Pu}{\phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$a_b = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d}{600 + f_y}$$

- 2) Nilai a_c dan a_b dibandingkan, sehingga diperoleh 2 kondisi penampang kolom berikut:

- a) Jika $a_c > a_b$ penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan.

Pada kondisi ini dihitung a_{b1} dan a_{b2} dengan persamaan:

$$a_{b1} = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot d}{600 - f_y}$$

$$a_{b2} = \beta_1 \cdot d$$

Serta ditetapkan nilai $\phi = 0,65$

Kemudian dilanjutkan langkah ke c.

- b) Jika $a_c < a_b$ penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan.

Pada kondisi ini dihitung a_{t1} dan a_{t2} dengan persamaan:

$$a_{t1} = \frac{600.\beta_1.ds'}{600 - fy}$$

$$a_{t2} = \beta_1.ds'$$

serta ditetapkan nilai \emptyset dengan persamaan:

$$P_{u\emptyset} = \emptyset.P_{nb}$$

$$P_{u\emptyset} = 0,10.fc' b.h$$

Jika $P_u \geq P_{u\emptyset}$, maka nilai $\emptyset = 0,65$

Jika $P_u < P_{u\emptyset}$, maka nilai $\emptyset = 0,8 - 0,15 \cdot P_u / P_{u\emptyset}$

Kemudian dilanjutkan langkah ke d.

- 3) Untuk penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan, masih dibagi lagi menjadi 3 kondisi yaitu:

- a) Jika $a_c > a_{b1}$, maka termasuk kondisi I: beton tekan menentukan dengan semua tulangan tekan sudah leleh, atau dianggap kolom menerima beban sentris (P_0), dan dihitung tulangan A_1 dan A_2 dengan persamaan:

$$A_1 = A_2 = \frac{1,25.P_u / \emptyset - 0,85.fc' b.h}{2.(fy - 0,85.fc')}$$

- b) Jika $a_{b1} > a_c > a_{b2}$, maka termasuk kondisi II: beton tekan menentukan dengan tulangan tekan kiri belum leleh. Proses hitungan dilaksanakan sebagai berikut:

- Dihitung a_{p1}, R_1, R_2 , dan R_3 , dengan persamaan:

$$a_{p1} = \frac{(600 - fy).(h - 2.d_s)}{2.(fy - 0,85.fc')}$$

$$R_1 = a_b + a_{p1} + h$$

$$R_2 = 2.a_b.(h - d_s) + a_c \cdot (a_{p1} + 2.e)$$

$$R_3 = a_b \cdot a_c \cdot (2.e - 2.d_s + h)$$

- Dihitung nilai a dengan cara coba-coba dengan persamaan:

$$a^3 + R_1.a^2 + R_2.a - R_3 = 0$$

dengan syarat: $a_{b1} > a > a_{b2}$

- Dihitung tulangan A_1 dan A_2 dengan persamaan:

$$A_1 = A_2 = \frac{a.(P_u / \phi - 0,85.fc'a.b)}{(600 + fy).a - 600.\beta_1.d}$$

- c) Jika $a_{b2} > a_c > a_b$, maka termasuk kondisi III: beton tekan menentukan dengan tulangan tarik kiri belum leleh. Proses hitungan dilaksanakan sebagai berikut:

- Dihitung a_{p2} , R_4 , R_5 , dan R_6 , dengan persamaan:

$$a_{p2} = \frac{2.fy.d_s + 1200.d}{600 + fy}$$

$$R_4 = a_b + a_{p2}$$

$$R_3 = 2.a_b.d + a_c \cdot (2.e - h + a_{p2})$$

$$R_6 = a_b \cdot a_c \cdot (2.d + 2.e - h)$$

- Dihitung nilai a dengan cara coba-coba dengan persamaan:

$$a^3 + R_4.a^2 + R_5.a - R_6 = 0$$

dengan syarat: $a_{b2} > a > a_b$

- Dihitung tulangan A_1 dan A_2 dengan persamaan:

$$A_1 = A_2 = \frac{a.(P_u / \phi - 0,85.fc'a.b)}{(600 + fy).a - 600.\beta_1.d}$$

- 4) Untuk penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan menentukan juga dibagi lagi menjadi 3 kondisi yaitu:
- a) Jika $a_b > a_c > a_{t1}$, maka termasuk kondisi IV: tulangan tarik menentukan dengan tulangan tekan kanan sudah leleh dan dihitung tulangan A_1 dan A_2 dengan persamaan:

$$A_1 = A_2 = \frac{0,5.P_u.(2.e - h + a_c)}{\phi.(d - d_s').fy}$$

- b) Jika $a_{t1} > a_c > a_{t2}$, maka termasuk kondisi V: tulangan tarik menentukan dengan tulangan tekan kanan belum leleh. Proses hitungan dilaksanakan sebagai berikut:

- Dihitung a_{p3} , R_7 , R_8 , dan R_9 , dengan persamaan:

$$a_{p3} = \frac{2.fy.d + 1200.d_s}{600 - fy}$$

$$R_7 = a_{p3} + a_{t1}$$

$$R_8 = 2.a_{t1}.d_s + a_c . (2.e - h - a_{p3})$$

$$R_9 = a_c . a_{t1} . (2.d_s + 2.e - h)$$

- Dihitung nilai a dengan cara coba-coba dengan persamaan:

$$a^3 + R_7.a^2 + R_8.a - R_9 = 0$$

dengan syarat: $a_{t1} > a > a_{t2}$

- Dihitung tulangan A_1 dan A_2 dengan persamaan:

$$A_1 = A_2 = \frac{a.(P_u / \phi - 0,85.fc'.a.b)}{(600 - fy).a - 600.\beta_1.d_s}$$

- c) Jika $a_{t2} > a_c$, maka termasuk kondisi VI: tulangan tarik menentukan tanpa tulangan tekan. Pada kondisi ini nilai eksentrisitas e sangat besar, beban aksial kolom diabaikan dan kolom boleh dianggap hanya menahan momen lentur saja. Proses hitungan dilaksanakan seperti hitungan penulangan balok biasa.

b. Tulangan Geser Kolom

1). Hitung kuat geser beton

- a) Untuk daerah sendi plastis

$$\nabla c = 0$$

- b) Untuk daerah diluar sendi plastis

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d$$

Dimana :

fc' = mutu beton

b = lebar kolom

d = tinggi efektif

2). Hitung gaya pada baja

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc$$

Dimana :

Vu = gaya geser ultimit

Vc = gaya geser yang ditahan oleh beton

ϕ = faktor reduksi geser (0,75)

3). Tentukan jarak sengkang

$$s = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

Dimana :

Av = luas tulangan geser

fy = kuat leleh baja

d = tinggi efektif

4). Menghitung spasi maksimum

$$s \leq \frac{d}{4}$$

Dimana :

d = tinggi efektif

5). Menghitung luas tulangan maksimum

$$Av_{min} = \frac{b \cdot S}{3 \cdot fy}$$

Dimana :

b = lebar kolom

f_y = kuat leleh baja

S = 1 meter

- 6). Menghitung kekuatan gaya geser yang ditahan begel

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Dimana :

A_v = lebar kolom

f_y = kuat leleh baja

s = jarak sengkang

d = tinggi efektif

- 7). Menghitung kekuatan gaya geser nominal

$$V_n = V_s + V_c$$

Dimana :

V_s = gaya geser yang ditahan begel

V_c = gaya geser yang ditahan beton

- 8). Menghitung kekuatan gaya geser rencana

$$V_s = \phi \cdot V_n \geq V_u$$

Dimana :

V_n = gaya geser nominal

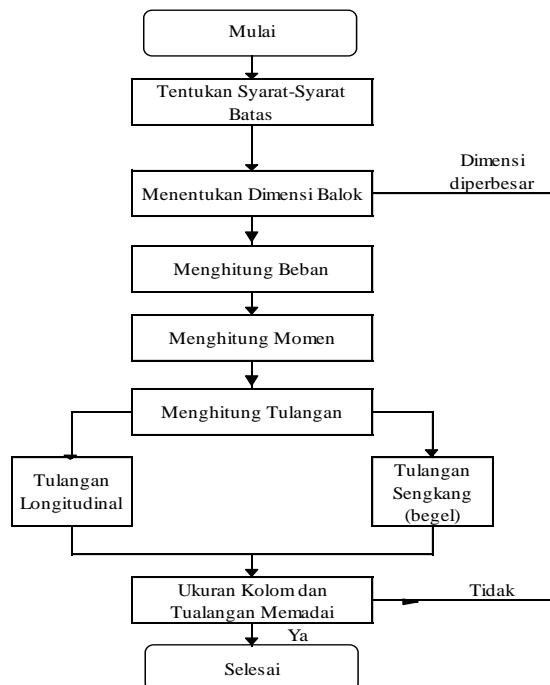
V_u = gaya geser ultimate

ϕ = faktor reduksi gesr (0,75)

3.7.6. Ukuran Kolom dan Tulangan Memadai

Merupakan hasil akhir dari kolom, berupa gambar yang menyatakan lokasi dan jumlah tulangan yang dipasang dari kolom yang dihitung berdasarkan pendekatan yang telah disebutkan serta memenuhi pesyaratan aman.

3.7.7. Bagan Alir Perencanaan Kolom



Gambar 3.20. Bagan Alir Perencanaan Kolom