

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Gambaran Umum**

Gedung Asrama C Politeknik Pelayaran dibangun menggunakan struktur beton bertulang. Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (*dead load*) berupa berat bangunan sendiri, beban hidup (*live load*) berupa beban akibat penggunaan ruang dan beban khusus seperti penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan akibat beban gempa.

Dalam struktur beton bertulang harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- a. Analisis struktur harus dilakukan dengan cara-cara Mekanika Teknik yang baku.
- b. Analisis dengan komputer, harus disertai dengan penjelasan mengenai data keluaran.
- c. Percobaan model diperolehkkan bila diperlukan untuk menunjang analisis teoritis.
- d. Analisis struktur harus dilakukan dengan model-model matematis yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari segi sifat bahan dan kekakuan unsur-unsurnya.
- e. Bila cara perhitungan menyimpang dari tata cara ini, maka harus mengikuti persyaratan sebagai berikut:
  - o Struktur yang dihasilkan harus dapat dibuktikan cukup aman dengan bantuan perhitungan dan atau percobaan.
  - o Tanggung jawab atas penyimpangan yang terjadi dipikul oleh perencana dan pelaksana.

#### **2.2 Struktur Bangunan Aman Gempa**

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang mampu bertahan dan tidak runtuh jika terjadi gempa. Bangunan tahan gempa bukan berarti tidak boleh mengalami kerusakan sama sekali namun bangunan tahan gempa boleh mengalami kerusakan asalkan masih memenuhi persyaratan yang berlaku. Tujuan dari desain bangunan aman gempa adalah sebagai berikut :

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat beban gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
3. Membatasi ketidaknyamanan penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
4. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Untuk mencapai tujuan tersebut dalam desain terhadap beban gempa yang tidak pasti besarnya namun dituntut harus ekonomis, maka dirancanglah konsep bangunan tahan gempa sebagai berikut :

1. Gempa Ringan

Akibat gempa ringan, tidak boleh terjadi kerusakan baik elemen struktural maupun non struktural.

2. Gempa Sedang

Akibat gempa sedang, elemen non struktural boleh rusak tetapi dapat diperbaiki, sementara komponen struktural tidak boleh rusak.

3. Gempa Kuat

Akibat gempa kuat, elemen struktural dan non struktural boleh rusak, tetapi struktur tidak boleh runtuh.

Pada dasarnya dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gempa bumi seperti faktor geografis Indonesia, pergerakan lempeng bumi dan reaksi berantai gunung berapi yang menyebabkan kerusakan struktur bangunan, juga dapat disebabkan dari sistem bangunan yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuatkan, rancang dan detail penulangan tidak memadai, kualitas dan kuantitas material yang kurang baik, dan pengawasan pada pelaksanaan kurang baik.

Pada prinsip perancangan dan pelaksanaan struktur bangunan aman gempa sehingga dapat mengurangi kegagalan dalam perencanaannya yang memiliki sistem struktur, aspek kontinuitas juga integritas struktur bangunan, konsistensi pelaksanaannya. Sehingga dalam pelaksanaan perencanaan elemen struktur aman gempa menambahkan aspek desain bangunan aman gempa dan material konstruksi. Material konstruksi sangat berpengaruh terhadap perilaku plastifikasi

struktur yang dihasilkan, material utama konstruksi dalam persyaratan beton structural bangunan Gedung dapat berupa beton dengan kuat tekan ( $f'c$ ) tidak boleh kurang dari 21 Mpa dan tidak boleh melebihi 35 Mpa dan baja yang merupakan material yang sangat berpengaruh terhadap perilaku plastifikasi pada elemen struktur tahan gempa.

### 2.3 Investigasi Geoteknik

Investigasi geoteknik adalah proses pengumpulan informasi tentang sifat-sifat geoteknik dari tanah dan batuan di suatu lokasi perencanaan. Tujuan utama dari investigasi geoteknik yaitu memperkirakan respon struktur tanah terhadap beban struktur bangunan termasuk adanya gaya gempa serta untuk menentukan parameter desain struktur yang dibangun.

Menurut SNI 1726 : 2019 untuk menentukan beban gempa. Adapun data yang perlu diketahui diantaranya faktor keutamaan gempa dan kategori risiko bangunan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

**Tabel 2.1** Kategori risiko bangunan Gedung dan nongedung untuk beban gempa

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>Gedung dan non Gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan</li> <li>b. Fasilitas sementara</li> <li>c. Gudang penyimpanan</li> <li>d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	<b>I</b>
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Perumahan</li> <li>b. Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>c. Pasar</li> <li>d. Gedung perkantoran</li> <li>e. Gedung apartemen/rumah susun</li> </ul>	<b>II</b>

**Lanjutan Tabel 2.1** Kategori risiko bangunan Gedung dan non Gedung untuk beban gempa

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>f. Gedung apartemen/rumah susun</li> <li>g. Pusat perbelanjaan/mall</li> <li>h. Bangunan industri</li> <li>i. Fasilitas manufaktur</li> <li>j. Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bioskop</li> <li>b. Perumahan</li> <li>c. Gedung pertemuan</li> <li>d. Stadion</li> <li>e. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat.</li> <li>f. Fasilitas penitipan anak</li> <li>g. Penjara</li> <li>h. Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>b. Fasilitas penanganan air</li> <li>c. Fasilitas penanganan limbah.</li> <li>d. Pusat telekomunikasi</li> </ul>	<b>III</b>

**Lanjutan Tabel 2.1** Kategori risiko bangunan Gedung dan non Gedung untuk beban gempa

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
<p>Gedung dan nongedung 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bangunan-bangunan monumental</li> <li>b. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>c. Rumah ibadah</li> <li>d. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>e. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>h. Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>i. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tanki penyimpanan, bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik.</li> </ul>	<b>IV</b>

*Sumber SNI 1726 : 2019 (24-25:2019)*

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa

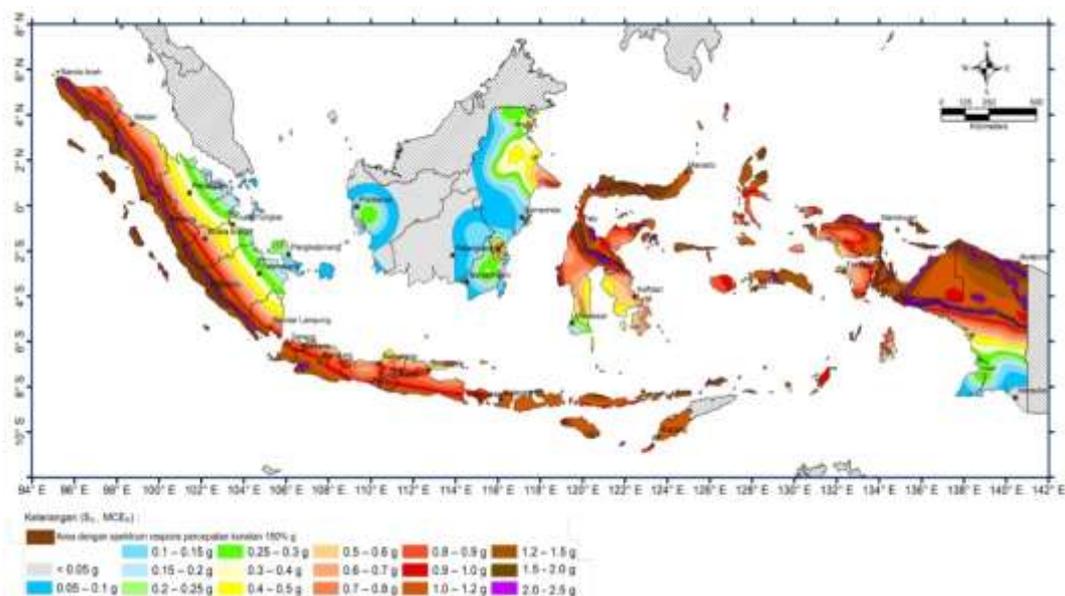
Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

Sumber SNI 1726 : 2019 (24-25:2019)

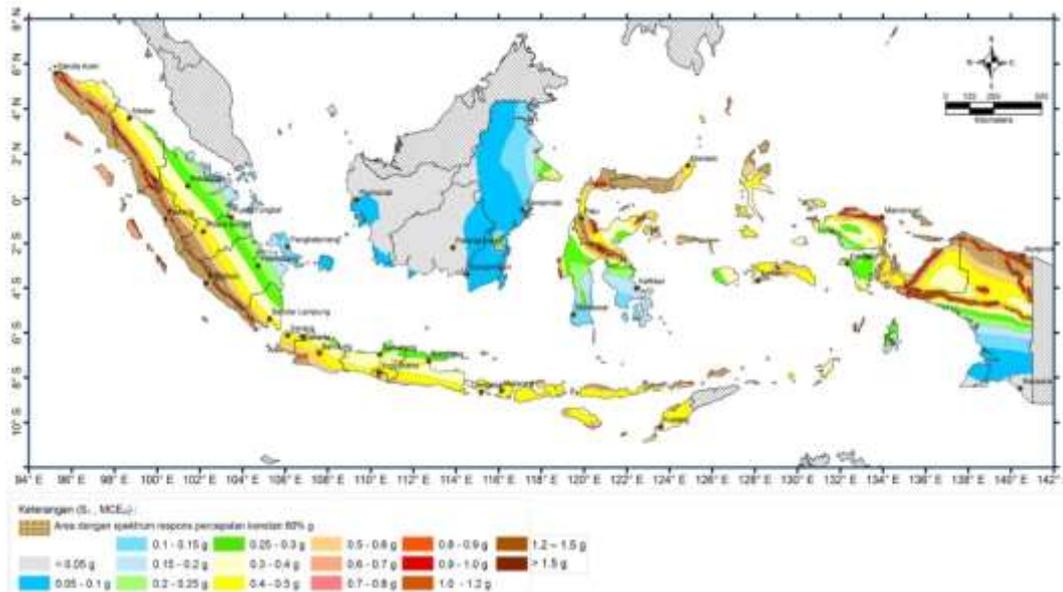
### 2.3.1 Parameter-Parameter Terpetakan

Wilayah gempa yang terpetakan adalah representasi visual yang menunjukkan tingkat risiko gempa bumi di suatu daerah. Peta ini mengidentifikasi daerah dengan potensi gempa yang tinggi, rendah, atau sedang, Berdasarkan data gempa historis dan model seismik. Parameter yang terpetakan biasanya meliputi besaran percepatan batuan dasar ( $S_s$  dan  $S_1$ ), yang menentukan desain bangunan tahan gempa.

Berdasarkan SNI 1726:2019, wilayah gempa berdasarkan parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Pada SNI 1726:2019 zonasi peta-gempa menggunakan peta gempa untuk 2% dalam 50 tahun. Untuk klasifikasi wilayah gempa, peta gempa terbaru ini menggunakan warna-warna yang menunjukkan parameter  $S_s$  dan  $S_1$  untuk setiap besaran spektrum respon percepatan. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



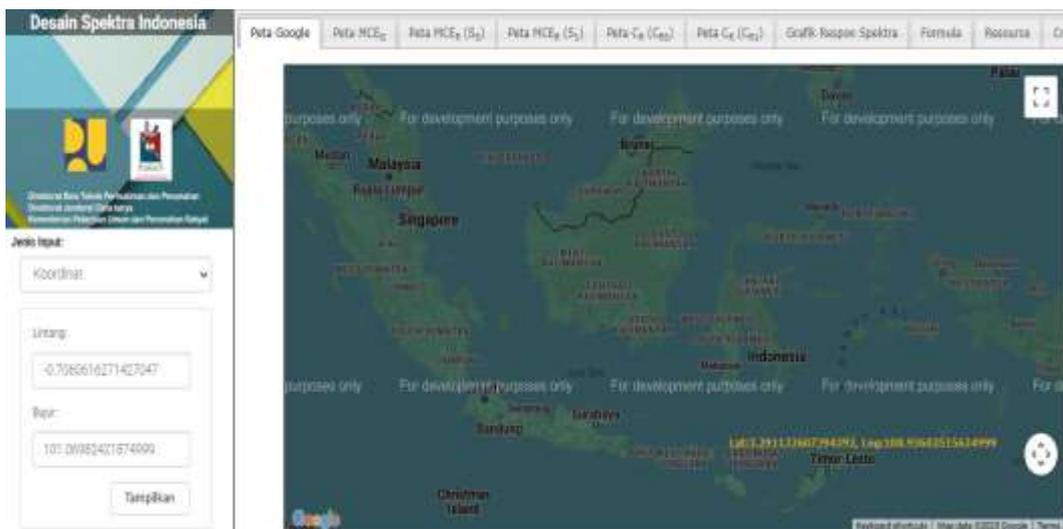
Gambar 2.1 Peta Respon Spektra Percepatan Periode Pendek ( $S_s$ )



**Gambar 2.2** Peta Respon Spektra Percepatan Periode 1 Detik ( $S_1$ )

Didalam peta zonasi gempa ini, setiap warna mewakili besaran parameter percepatan batuan dasar mulai dari terendah hingga yang paling tinggi. Daerah yang tidak memiliki warna (daerah abu-abu) adalah daerah yang tidak terpengaruh oleh gempa karena berada jauh dari lempeng benua yang merupakan pusat gempa bumi terjadi.

Untuk mengetahui nilai percepatan batuan pada tiap-tiap kota yang ingin direncanakan maupun lokasi yang lebih akurat dari peta diatas, bisa dilakukan Analisa menggunakan Desain Spektra Indonesia yang bisa dilihat pada Gambar 2.3 dan juga bisa diakses pada situs: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>



**Gambar 2.3** Desain Spektra Indonesia

### 2.3.2 Klasifikasi Situs

Penerapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah dilapangan dan dilaboratorium. Berdasarkan sifat-sifat situs, maka situs diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, atau SE. adapun tabel klasifikasi per situs yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Situs

Kelas Situs	$V_s$ (m/detik)	N atau Nch	Su (KPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 150	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 – 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 - 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math></li> </ol> Kuat geser niralir $S_u < 25$ Kpa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti (0))	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah.</li> <li>○ Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math>m).</li> <li>○ Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math>m dengan indeks plastistas <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul>		

Sumber SNI 1726:2019 (29-30:2019)

### 2.3.3 Koefisien-koefisien situs

Koefisien situs adalah faktor yang digunakan dalam perhitungan respon spektra gempa, yang mencerminkan karakteristik tanah dan dampaknya terhadap percepatan gerakan tanah. Koefisien ini penting untuk menentukan desain struktur yang tahan gempa sesuai dengan kondisi lokasi.

Untuk penentuan respons spektra percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplikasi meliputi faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_s$ ). Parameter respons spektra percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (2.2)$$

Dimana:

$F_a$  = Getaran periode pendek (Mpa)

$F_v$  = Getaran periode 1 detik (Mpa)

$S_s$  = Percepatan batuan dasar pada periode pendek 0,2 detik

$S_1$  = Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik

Untuk menghitung nilai koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  dapat dilihat pada Tabel 2.4 untuk nilai  $F_a$  dan Tabel 2.5 untuk nilai  $F_v$ .

**Tabel 2.4** Koefisien Situs  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $t=0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,05$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS					

Sumber SNI 1726:2019 (34:2019)

**Tabel 2.5** Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek 1 detik, $S_1$					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS					

Sumber SNI 1726:2019 (35:2019)

### 2.3.4 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral adalah desain untuk periode pendek.  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai pasal 8, maka nilai  $S_{DS}$  harus ditentukan sesuai 0 dan  $S_{D1}$  nilai tidak perlu ditentukan.

### 2.3.5 Spektrum Respon Desain

Spektrum respon desain adalah plot spektrum yang menyajikan grafik antara periode getar struktur  $T$  dan respon maksimumnya, yang berupa simpangan maksimum. Bila spektrum respons desain dilakukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons kecepatan desain,  $S_a$  harus diambil persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respon percepatan desain.  $S_a$  sama dengan SDS.

- Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dan atau sama dengan  $T_L$ , respons spectra percepatan desain,  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.6)$$

- Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$  diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (2.7)$$

Dimana :

$SDS$  = Parameter respons spektra percepatan desain pada periodependek

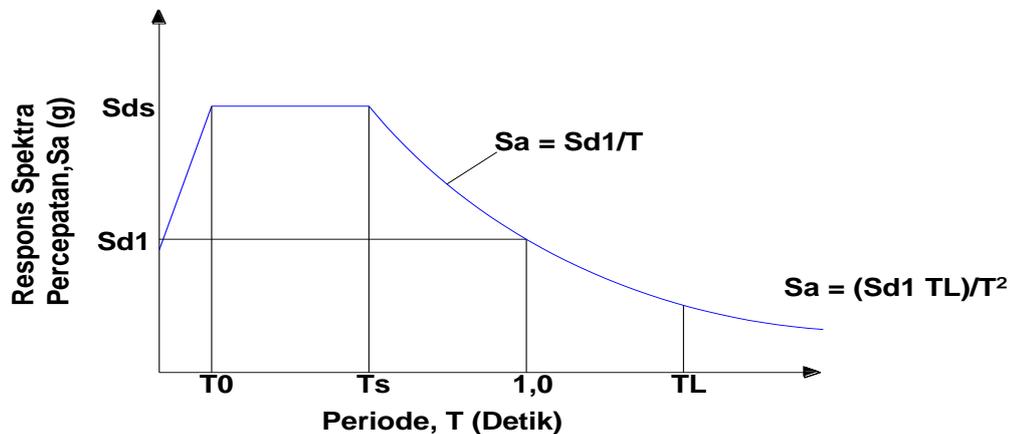
$SD1$  = Parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

$T$  = Periode getar fundamental struktur

$T_0$  =  $0,2 SD1/SDS$

$T_s$  =  $SD1/SDS$

Prosedur memodelkan grafik respons spektrum diatur dalam SNI 1726:2019. Koordinat grafik respons spektrum (RS) meliputi periode (detik) pada sumbu-X dan percepatan (g) pada sumbu -Y seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Spektrum Respons Desain

## 2.4 Preliminary Design

*Preliminary design* adalah suatu tahapan analisis untuk memperkirakan dimensi-dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan *software* ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of*

*Building System*) untuk memperoleh dimensi yang memenuhi persyaratan yang berlaku.

Menentukan dimensi awal pada struktur berupa pelat lantai, balok dan kolom yang dilakukan secara manual dan dirancang berdasarkan ketentuan SNI 2847-2019. Dimensi yang diperoleh dari *preliminary design* akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Selain menentukan dimensi awal struktur utama, juga dilakukan perencanaan utilitas bangunan berupa tangga dan lift.

#### 2.4.1 Perencanaan Dimensi Sloof dan Balok

##### a. Balok Induk

Balok adalah elemen struktural yang umumnya digunakan untuk menahan beban dan mentransfernya ke pondasi atau struktur pendukung lainnya. Balok dapat memiliki berbagai bentuk dan ukuran tergantung pada kebutuhan struktural dan desain bangunan. Balok umumnya digunakan di konstruksi gedung, jembatan, dan struktur lainnya. Dengan menggunakan aturan *Rule of Thumb* (Bambang Budiono), untuk menentukan dimensi balok induk dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Tinggi balok : } h = L/12 - L/14 \quad (2.8)$$

$$\text{Lebar balok : } b = 1/2 - 2/3 h \quad (2.9)$$

Dimana :

$h$  = tinggi balok

$b$  = lebar balok

Adapun ketentuan untuk menentukan dimensi pada balok yang ditentukan pada SNI 2847:2019 dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Tebal Minimum Balok Non-Prategang

Kondisi Perletakan	Minimum h
Perletakan Sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Sumber SNI 2847-2019 (180:2019)

Ketentuan  $f_y$  lebih dari 420 MPa, untuk tinggi (h) balok harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . Perhitungan tinggi (h) balok sebagai berikut :

$$H = \frac{1}{16} \left( 0,4 + \frac{F_y}{700} \right) \quad (2.10)$$

Dimana :

H = Tinggi balok (mm)

$F_y$  = Kual leleh baja (MPa)

b. Balok anak

Balok anak merupakan elemen struktur pemikul momen yang berfungsi untuk menstransfer beban dari pelat ke balok induk.

$$\text{Tinggi balok : } h = L/16 \quad (2.11)$$

$$\text{Lebar balok : } b = 1/2 h \quad (2.12)$$

Dimana :

h = Tinggi balok (mm)

L = Panjang balok (mm)

c. Sloof

Sloof adalah struktur bangunan horizontal yang terletak diatas pondasi.

$$\text{Kekakuan Sloof} \geq \text{Kekakuan Kolom}$$

$$k = I/L \geq k = I/L$$

#### 2.4.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Tipe pelat dapat ditentukan dengan pengecekan dimensi pelat dengan ketentuan sebagai berikut :

Jika  $1 \leq \frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , maka termasuk pelat dua arah

Jika  $\frac{L_y}{L_x} > 2$ , maka termasuk pelat satu arah

Pelat dua arah adalah yang Dimana keempat sisinya ditopang oleh balok dan beban dipikul oleh penopang di kedua arah. SNI 2847:2019 mensyaratkan ketebalan minimum pelat dua arah non prategang dengan balok diantara tumpuan pada semua sisinya, yaitu :

a. Untuk rasio kekakuan lentur dari 0,2 dan tidak lebih dari 2,0 ketentuan tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{F_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0,2)} \quad (2.13)$$

- b. Untuk rasio kekakuan lentur lebih dari 2,0 dengan ketentuan tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{F_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2.14)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

$$\begin{aligned} h &= \text{Tebal minimum pelat (mm)} \\ \ln1 &= \text{Panjang bersih pelat dalam arah memanjang (mm)} \\ \ln2 &= \text{Panjang bersih pelat dalam arah melintang (mm)} \\ \beta &= \frac{\ln1}{\ln2} \end{aligned} \quad (2.15)$$

### 2.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom merupakan struktural vertikal yang berfungsi meneruskan beban dari pelat dan balok menuju pondasi yang akan disalurkan ke tanah. Dimensi kolom dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut :

$$A_g = \frac{P_u}{0,25 \sim 0,4 f'_c} \quad (2.16)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} A_g &= \text{Luas Penampang kotor kolom (mm)} \\ P_u &= \text{Beban total yang bekerja pada kolom (N)} \\ f'_c &= \text{Kuat tekan kolom beton (Mpa)} \end{aligned}$$

## 2.5 Ketentuan Perencanaan Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut:

- Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019).
- Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2019).

### 2.5.1 Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut :

- Beban Mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang DL.
- Beban Hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang LL.

- c. Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E.
- d. Beban Angin (*Wind Load*), dinyatakan dengan lambang W.

### 2.5.2 Deskripsi Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap (*fixed equipment*) yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu (perlengkapan/peralatan bangunan).

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi struktur menahan beban. Beban tersebut harus disesuaikan dengan program ETABS, maka berat sendiri akan dihitung secara langsung.

#### 2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan suatu bangunan, didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah (*moveable equipment*), mesin – mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian dari bangunan tersebut.

Beban hidup yang diperhitungkan dalam struktur gedung ini adalah beban hidup yang ada selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masih layan lebih besar dari pada beban hidup masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- a. Beban hidup pada lantai gedung  
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada yaitu sebesar 250 kg/m<sup>2</sup>.
- b. Beban hidup pada atap gedung  
Beban hidup yang digunakan pada standar pedoman pembebanan yang ada yaitu sebesar 100 kg/m<sup>2</sup>.

### 3. Beban Angin (W)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

### 4. Beban Gempa (W)

Beban gempa adalah beban yang berasal dari gaya inersia bangunan dalam arah horizontal yang disebabkan oleh adanya percepatan tanah akibat gempa (*ground acceleration*) baik gempa tektonik maupun gempa vulkanik. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Untuk menghitung beban gempa dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Geser dasar seismik : } V = C_s \times W \quad (2.17)$$

$$C_s = \frac{S_{ds}}{\frac{R}{I_e}} \quad (2.18)$$

Dimana :

$C_s$  = Koefisien respons seismik

$R$  = Faktor modifikasi respons

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

$W$  = Berat sendiri seismik efektif

Perhitungan gaya lateral ekuivalen menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{W(Z^k) \times V}{\sum W(Z^k)} \quad (2.19)$$

Dimana :

$Z$  = Tinggi lantai gedung

$K$  = Faktor eksponen

$W$  = Berat seismik efektif

$V$  = Gaya geser dasar seismik

$F$  = Gaya lateral ekuivalen

#### 2.5.3 Kombinasi Pembebanan

Struktur dan komponen-elemen struktur dan elemen-elemen pondasi harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan :

- Kuat perlu U untuk beban mati D paling tidak harus sama dengan  $U=1,4 D$

- Kuat perlu U untuk menahan beban mati D, beban hidup L, dan juga beban hidup diatap Lr atau beban hujan R, paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr + R) \quad (2.20)$$

- Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai :

$$U = 1,2 D + Ev + Eh (Lr + R) \quad (2.21)$$

Atau

$$U = 0,9 D - Ev + Eh \quad (2.22)$$

Dimana :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

Lr = Beban Atap

R = Beban Hujan

Ev = Beban Gempa Vertikal

Eh = Beban Gempa Horizontal

Untuk struktur beton bertulang yang berada di wilayah rawan gempa harus didesain khusus sebagai struktur *strong coloumn weak beam*. Yang bertujuan agar kolom yang didesain harus lebih kuat dari balok, agar terjadi gempa yang cukup kuat, walaupun balok mengalami kerusakan yang cukup parah, kolom tetap berdiri dan mampu menahan beban-beban yang bekerja.

## 2.6 Analisa Struktur

Analisis struktur merupakan suatu proses untuk mempelajari perilaku dan respon dari struktural bangunan terhadap gaya gaya yang bekerja pada struktur tersebut. Analisa struktur harus dilakukan setelah mendapatkan hasil dari *Preliminary design* berupa dimensi dan mutu dari elemen-elemen struktur tersebut. Langkah analisa diawali dengan pemodelan pada *software* ETABS 2015. Pemodelan dilakukan 3 (tiga) dimensi. Diawali dengan penginputan data material dan dimensi penampang yang akan digunakan. Penggambaran akan dilakukan dengan data material dan dimensi penampang yang telah diinputkan sebelumnya.

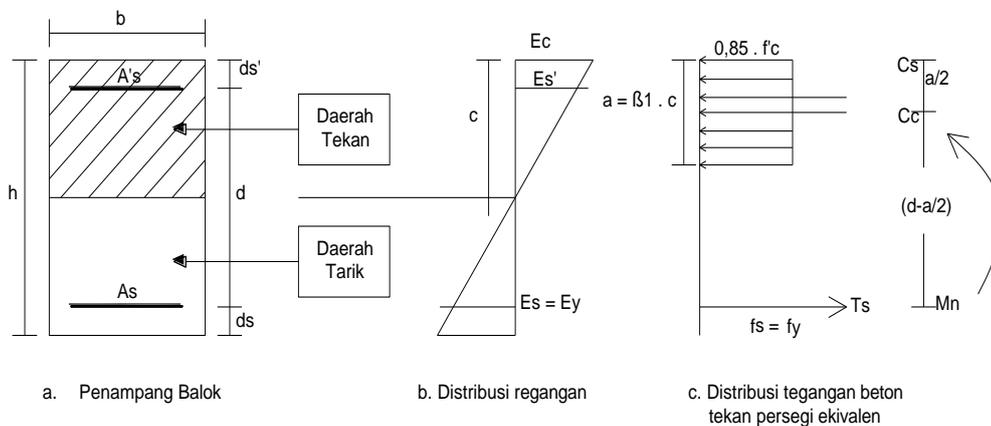
Melakukan penginputan beban yang terjadi pada struktur tersebut dan dilanjutkan dengan melakukan analisis struktur dengan memberi perintah “run now” pada *software* tersebut. Pada tahap ini akan bisa dilihat hasil analisis berupa gaya dalam, perpindahan dan lain-lain.

## 2.7 Analisa dan Desain Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama penyusun struktur gedung yang umumnya terpasang secara horizontal/lateral. Balok tersebut terhubung dengan kolom-kolom struktur sehingga terbentuk rangka yang stabil dalam memikul beban, baik beban gravitasi maupun beban gempa. Fungsi utama dari elemen balok menyalurkan beban gravitasi yang berasal dari pelat lantai kemudian menyalurkan beban tersebut ke elemen kolom berupa gaya ataupun momen.

### 2.7.1 Teori Dasar Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Pada perhitungan balok menggunakan metode perhitungan desain ulang rangkap beton bertulang. Pada kondisi tulangan rangkap akan adanya penyaluran regangan dan gaya-gaya internal yang bekerja pada balok. Hal ini terlihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Analisa Penampang Tulangan Rangkap

Berdasarkan SNI beton analisa perhitungan balok dilakukan dengan cara menggunakan rumus :

Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk merencanakan tulangan rangkap pada balok. Sebagai berikut :

a. Asumsikan  $\frac{c}{dt} \leq 0,375$  (2.23)

Pada tahap ini  $\frac{c}{dt}$  akan ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar penampang yang dihasilkan tergolong *tension controlled*.

- b. Menghitung nilai  $c$  dengan nilai  $\frac{c}{dt}$  yang diperoleh pada langkah pertama.

Dengan :

$$d = dt = (h - ts - \emptyset s - \frac{1}{2} D_l), \text{ sehingga} \quad (2.24)$$

$$C = \frac{c}{dt} \times d \quad (2.25)$$

Dimana :

$h$  = Tinggi Balok (mm)

$ts$  = Selimut Beton (mm)

$\emptyset s$  = Diameter Tulangan Sengkang (mm)

$D_l$  = Diameter Tulangan Utama (mm)

- c. Menghitung nilai tinggi blok ( $\alpha$ ) tegangan *whitney*.

Setelah menghitung mendapatkan nilai  $c$  pada langkah kedua, maka:

$$\alpha = \beta_1 \times c \quad (2.26)$$

Nilai  $\beta_1$  harus ditentukan berdasarkan mutu beton,  $f'c$  yang digunakan.

Dimana nilai  $\beta_1$  sangat dipengaruhi oleh mutu beton, seperti yang dijelaskan dibawah ini :

- Bila  $17 \text{ MPa} \leq f'c \leq 28 \text{ MPa}$ , maka nilai,  $\beta_1 = 0,85$

- Bila  $28 \text{ MPa} < f'c \leq 55 \text{ MPa}$ , maka nilai,  $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c-28}{7}\right)$

- Bila  $> 55 \text{ MPa}$ , maka nilai,  $\beta_1 = 0,65$

- d. Menghitung nilai gaya tekan  $C_c$

$$C_c = 0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times c = 0,85 \times f'c \times b \times \alpha \quad (2.27)$$

Dimana :

$f'c$  = Kuat Tekan Betin

$b$  = Lebar Balok

$a$  = Nilai Tinggi Balok

- e. Menghitung nilai tulangan tarik,  $As1$

$$C_c = T_1 \quad (2.28)$$

$$C_c = As1 \times F_y \quad (2.29)$$

$$As1 = \frac{Cc}{Fy} \quad (2.30)$$

Dimana :

As1 = Tulangan Tarik

Fy = Kuat Leleh Baja

f. Menghitung nilai Mn1

Untuk menghitung nilai Mn1 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Mn1 = As1 \times Fy \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (2.31)$$

Dimana :

As1 = Tulangan Tarik

Fy = Kuat Leleh Baja

A = Nilai Tinggi Balok

Setelah mendapatkan nilai Mn1 maka perlu dilakukan pengecekan apakah perlu menggunakan tulangan tekan atau tarik. Dengan ketentuan sebagai berikut :

$Mn1 < Mn$  : diperlukan tulangan tekan = perhitungan rangkap

$Mn1 < Mn$  : tidak diperlukan tulangan tekan = perhitungan tunggal

g. Menghitung nilai Mn2

Untuk menghitung nilai Mn2 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Mn = Mn1 + Mn2 \quad (2.32)$$

$$Mn2 = Mn - Mn1 \quad (2.33)$$

h. Menghitung tegangan pada tulangan tekan f's

Untuk menghitung tegangan pada tulangan tekan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d' = (t_s + \phi_s + \frac{1}{2} DI) \quad (2.34)$$

Regangan  $\epsilon'_s$

$$\epsilon'_s = 0,003 \times \frac{(c-d')}{c} \quad (2.35)$$

$$F's = Es \times \epsilon'_s \quad (2.36)$$

Dimana :

F's = Tegangan Tulangan

$\epsilon'_s$  = Regangan Tulangan

d' = Tinggi Efektif

$t_s$  = Selimut Beton

$\emptyset_s$  = Diameter Tulangan Sengkang

$D_l$  = Diameter Tulangan Utama

Jika hasil yang didapatkan tulangan tekan tidak leleh, maka tegangan leleh pada tulangan tekan tetap  $f'_s$ . Sedangkan bila tulangan tekan leleh maka tulangan leleh maka tegangan leleh akan diambil sama dengan  $f_y$ .

- i. Hitung nilai  $A's'$

Luas tulangan dapat dihitung :

$$A's = \left( \frac{M_n}{f_s(d-d')} \right) \quad (2.37)$$

- j. Menghitung nilai luasan  $A_s$  dan  $A's$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \quad (2.38)$$

$$A's' = A_{s2} \quad (2.39)$$

- k. Menghitung luas tulangan aktual

Tulangan tarik aktual  $A_s$

$$n = \left( \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right) \quad (2.40)$$

Tulangan tekan aktual  $A's'$

$$n = \left( \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right) \quad (2.41)$$

- l. Menghitung nilai tinggi blok tegangan Whitney ( $\alpha$ ) yang baru :

$$\alpha = \left( \frac{[(A_s \times f_y) - (A_s \times f'_s)]}{0,85 \times f'_c \times b} \right) \quad (2.42)$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times b \times \alpha + A's' + f'_s \quad (2.43)$$

- m. Menghitung nilai tinggi garis netral ( $c$ ) dan cek kategori penampang

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} \quad (2.44)$$

- n. Menghitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = [(A_s \times f_y) - (A_s \times f'_s)] \left( d - \frac{\alpha}{2} \right) + (A's' \times f'_s)(d-d') \quad (2.45)$$

Setelah menghitung semua langkah-langkah diatas, periksa kapasitas penampang dengan menggunakan rumus :

$$\emptyset \times M_n \geq M_u \quad (2.46)$$

## 2.7.2 Teori Dasar Perhitungan Tulangan Geser Balok

Dalam proses desain tulangan geser pada balok dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.47)$$

Setelah mendapat nilai  $V_c$  selanjutnya periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser dengan persamaan berikut :

$$V_u \leq \phi + (0,66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.48)$$

Klasifikasi nilai  $V_u$ , terdapat beberapa kategori yang akan digunakan dalam menentukan kebutuhan tulangan geser balok dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

### a. Cek kategori 1

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \quad (2.49)$$

Pada kategori ini balok tidak perlu menggunakan tulangan sengkang dimana kekuatan yang dimiliki beton sudah dianggap mampu untuk memikul beban geser ultimate.

### b. Cek kategori 2

$$0,5 \phi V_c \leq V_{u1} \leq \phi V_c \quad (2.50)$$

Nilai  $V_s$  dan  $A_v$  yang digunakan nilai minimal, dengan persamaan berikut :

$$V_s \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \geq 0,45 \cdot b_w \cdot d \quad (2.51)$$

Dan

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq \frac{(0,35 b_w s)}{f_{yt}} \quad (2.52)$$

Dengan spasi ( $s$ ) maksimum tulangan geser :

$$s \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{mm} \quad (2.53)$$

### c. Cek kategori 3

$$0,5 V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min}) \quad (2.54)$$

Kuat geser  $V_s$  min :

$$V_s \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \text{ atau } V_{s \text{ min}} = 0,35 b_w d \quad (2.55)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq \frac{(0,35 b_w s)}{f_{yt}} \geq \frac{0,35 \cdot b_w s}{f_{yt}} \text{ atau} \quad (2.56)$$

$$A_v \min = \frac{0,35b_w s}{f_{yt}}$$

**d. Cek kategori 4**

$$0,5 (V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.57)$$

Nilai gaya geser dari tulangan :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \quad (2.58)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot S}{F_{yt} \cdot d} \quad (2.59)$$

**e. Cek kategori 5**

$$0,5 (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d) \leq V_u \leq \phi (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.60)$$

Menghitung  $V_s$  rencana berdasarkan kategori yang telah ditentukan dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \quad (2.61)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot S}{F_{yt} \cdot d} \quad (2.62)$$

Menentukan jarak tulangan geser dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$s \leq \frac{d}{2} \leq 300\text{mm} \quad (2.63)$$

Melakukan pengecekan terhadap syarat ketentuan desain tulangan geser ( $V_n$ ) terhadap gaya geser *ultimate* ( $V_u$ )

$$\phi \times V_n \geq V_u \quad (2.64)$$

## 2.8 Analisa dan Desain Kolom

### 2.8.1 Dasar Teori Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 secara umum kuat dari kolom yang dibebani secara sentris  $P_o$ , yaitu :

$$P_o = A_g [0,85 f'_c + \rho g (F_y - 0,85 f'_c)] \quad (2.65)$$

Dimana :

$g$  = Luasan penampang kolom

$A_{st}$  = Luasan tulangan longitudinal kolom

$f'c$  = Kuat tekan beton

$Fy$  = Kuat leleh baja

Berdasarkan SNI 2847-2019 kuat nominal yang digunakan dalam desain dapat dilihat pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7** Kekuatan Aksial Maksimum

Komponen	Tulangan Transversal	Pn.maks	
Nonprategang	Sengkang persegi sesuai 22.4.2.4	0,80 Po	a)
	Spiral sesuai 22.4.2.5	0,85 Po	b)
Prategang	Sengkang Persegi	0,80 Po	c)
	Sengkang Spiral	0,85 Po	d)
Kolom Komposit dan Kolom Beton	Semua	0,85 Po	e)

Sumber SNI 2847:2019 (481:2019)

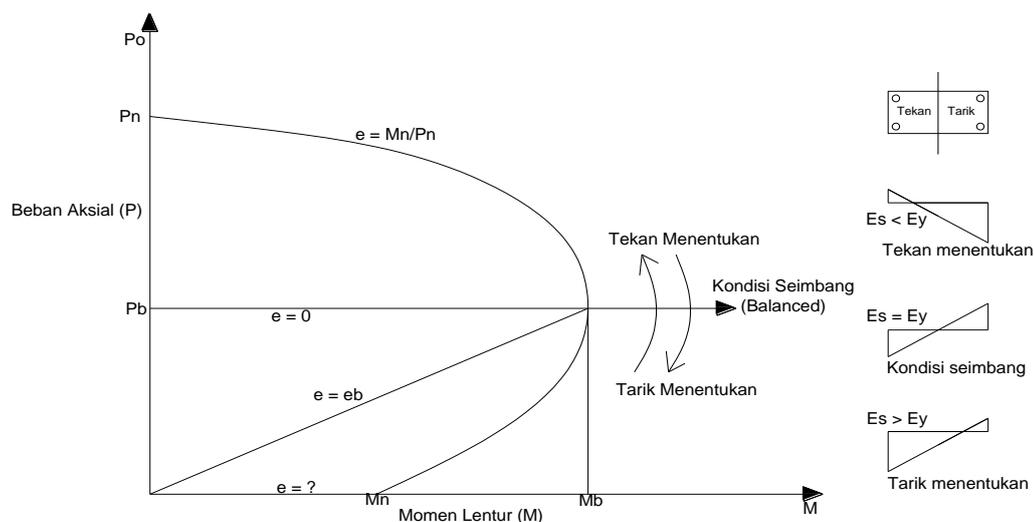
Pada tinjauan dalam kondisi regangan berimbang maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0,85 f'c \beta_1 c_b b + A'_s (F_y - 0,85 f'c) - A_s f_y \quad (2.66)$$

Pada tinjauan momen nominal kondisi lentur :

$$M_n = A_s F_y (d - \frac{\alpha}{2}) \quad (2.67)$$

Interaksi dari gaya aksial tekan (p) dan momen (M) diwujudkan dalam sebuah kurva yang dikenal sebagai interaksi P-M, seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Diagram Interaksi P - M

### 2.8.2 Dasar Teori Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2019 persamaan  $V_c$  untuk elemen kolom adalah sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{214 A_g}\right) \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.68)$$

Dimana :

$N_u$  = gaya aksial terfaktor

$A_g$  = luasan penampang kolom

$D$  = 0,8h

Kebuttuhan tulangan geser ditandai bila :

$$V_c \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.69)$$

Dimana :

$V_u$  = gaya geser

$\phi$  = faktor reduksi

### 2.9 Analisa dan Desain Pelat

Analisa dari pelat ditentukan pada tipe pelat yang akan direncanakan, ada dua tipe pelat perencanaan yaitu pelat satu arah (*one way*) dan pelat dua arah (*two way*). Pada Tugas akhir ini menggunakan tipe pelat dua arah (*two way*) dimana sekeliling pelat dijepit oleh balok.

Berdasarkan SNI 2847:2019 dalam perencanaan pelat dua arah dari struktur beton bertulang menggunakan konsep *equivalent rigid frame*, yaitu metode yang digunakan dalam menentukan momen yang terjadi pada pelat lantai dua arah dalam memikul beban mati dan beban hidup.

Untuk perhitungan tulangan lentur pelat dua arah dilakukan perhitungan tulangan pada tulangan arah x dan tulangan arah y. Tulangan arah x dibutuhkan untuk mengantisipasi lendutan yang terjadi pada arah x dan lendutan arah x terjadi dikarenakan adanya momen yang berputar pada sumbu y ( $M_{uy}$ ). Untuk menentukan momen yang terjadi menggunakan rumus, sebagai berikut :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.70)$$

$$M_n = \frac{M_u}{b \times d^2} \quad (2.71)$$

Lebar pelat yang diperhitungkan diambil per 1 m (1000 mm), dengan persamaan sebagai berikut :

$$m = \frac{F_y}{0,85 f_c} \quad (2.72)$$

Sehingga diperoleh rasio tulangan :

$$\rho = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right) \quad (2.73)$$

Dengan syarat  $\rho > \rho_{min}$ , Adapun luasan tulangan yang dibutuhkan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$as = \rho \cdot b \cdot d > \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2.74)$$

Dimana :

- Mn = Momen nominal
- Mu = Momen *ultimate*
- b = Lebar
- d = Tinggi
- fy = Kuat leleh baja
- f'c = Kuat tekan beton
- ρ = Rasio tulangan
- As = Luas tulangan

## 2.10 Analisa Panjang Penyaluran

Analisa pada Panjang penyaluran sangat penting pada struktur beton bertulang. Struktur bangunan yang menyediakan Panjang penyaluran berfungsi untuk mencegah terjadinya *pull out* atau *split* untuk mencegah balok mengalami keruntuhan, meskipun secara kekuatan, balok mampu memikul momen lentur tersebut.

### 1. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI beton persamaan penyaluran untuk tulangan tarik, yaitu:

$$Ld \text{ bawah} = \left[ \frac{F_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \times \frac{\Psi_t \times \Psi_e \times \Psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} \right] \times d_b \quad (2.75)$$

Dimana :

- d = Panjang saluran
- db = diameter tulangan

$\Psi_t$  = faktor lokasi tulangan (1.0)

$\Psi_e$  = faktor pelapis (1.0)

$\Psi_s$  = Faktor diameter tulangan (0,8)

$\lambda$  = faktor beban ringan (1.0)

## 2. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Perhitungan penyaluran untuk tulangan tekan memiliki ketentuan sebagai berikut :

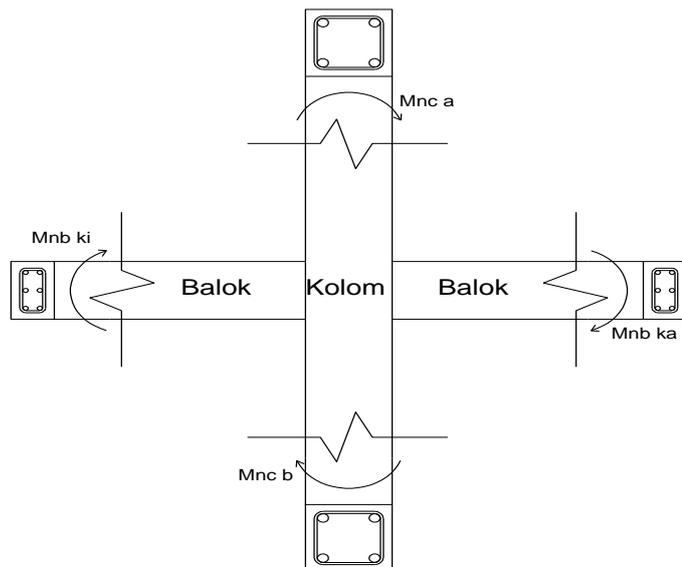
$$L_{dc} = \left[ \frac{0,24 \times F_y \times \Psi_r}{\lambda \times \sqrt{F_c'}} \right] \times db \quad (2.76)$$

### 2.11 Analisa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah struktur yang didesain yang cukup menahan gempa, dimana sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh, sistem ini harus digunakan pada daerah dengan tingkat risiko gempa tinggi, prinsip dari sistem ini yaitu *strong coloumn weak beam*, tahan terhadap geser dan memiliki pendetailan yang khusus. Perhitungan konsep SRPMK menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(M_{nc\ a} + M_{nc\ b}) \geq \frac{6}{5} (M_{nb\ ki} + M_{nb\ ka}) \quad (2.77)$$

Keterangan rumus diatas dijelaskan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Konsep Kolom Kuat - Balok Lemah (SCWB)