

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum

Sebuah gedung terdiri dari beberapa elemen struktural seperti kolom, balok, pelat, dinding geser (*shear wall*), dan pondasi. Elemen struktur memiliki fungsi sebagai penerima beban yang bekerja pada struktur lalu meneruskan beban tersebut ke tanah. Secara umum ada dua jenis beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban tetap dan beban lingkungan. Beban tetap terdiri dari beban mati dan beban hidup, sedangkan beban lingkungan terdiri dari beban angin, beban hujan, dan beban gempa. Agar struktur dapat memiliki kinerja yang baik saat menahan beban tersebut, beban yang bekerja harus diperhitungkan dengan tepat sesuai dengan kaidah perencanaan. Hal tersebut dilakukan untuk menjamin keselamatan dalam aspek kekuatan, stabilitas, kemampuan layan, durabilitas, dan integritas struktur (Hukama).

Dalam perencanaan struktur beton bertulang harus dipenuhi syarat-syarat berikut:

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

2.2 Bangunan Aman Gempa

Suatu bangunan bisa dikatakan sebagai bangunan aman gempa ketika bangunan tersebut bisa merespon gempa dengan sifat daktilitas yang mampu mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur bangunan tetap berdiri kokoh.

Secara umum filosofi bangunan aman gempa adalah sebagai berikut :

1. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb).
2. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada elemen nonstrukturnya akan tetapi elemen strukturnya (misalnya: pondasi, dinding beton struktur, kolom struktur, balok struktur) tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada elemen nonstrukturnya maupun elemen strukturnya, tetapi tidak sampai roboh, sehingga penghuni bangunan masih mempunyai waktu untuk keluar menyelamatkan diri.

Tujuan dirancang bangunan aman gempa :

1. Menghindari korban jiwa
2. Membatasi kerusakan gedung
3. Membatasi ketidaknyamanan penghuni
4. Mempertahankan setiap layanan vital dari fungsi gedung

Pada tugas akhir ini, perencanaan bangunan gedung difokuskan pada struktur yang dirancang untuk memiliki perilaku daktail dengan tingkat daktilitas parsial. Oleh karena itu, struktur Gedung “Laboratorium Teknologi Terpadu Politeknik Negeri Padang” dirancang ulang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan bangunan aman gempa :

- a. Kemampuan layan

Dalam perencanaan ulang struktur bangunan, aspek kemampuan layan

(*serviceability*) adalah hal yang sangat penting untuk memastikan bangunan tersebut tidak hanya kuat tetapi juga aman dan nyaman digunakan dalam jangka panjang. Kemampuan layan berkaitan dengan batasan deformasi dan getaran yang masih dapat diterima tanpa mengganggu fungsi dan kenyamanan penghuni atau pengguna bangunan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam merencanakan kemampuan layan meliputi:

1. Defleksi: Struktur harus dirancang agar tidak mengalami defleksi yang berlebihan (misalnya pada balok atau lantai) yang dapat merusak estetika atau menyebabkan kerusakan pada elemen-elemen lain, seperti dinding atau plafon.
2. Vibrasi: Beban dinamis (seperti aktivitas penghuni atau peralatan mesin) dapat menyebabkan getaran. Struktur harus dirancang agar getaran yang terjadi tidak mengganggu kenyamanan atau keamanan pengguna bangunan.
3. Kebisingan dan Akustik: Perencanaan struktur juga harus mempertimbangkan faktor suara, seperti transmisi suara antara ruang atau lantai. Ini penting terutama pada bangunan komersial atau hunian bertingkat.
4. Pemilihan Material dan Elemen Struktur: Material harus dipilih berdasarkan sifat mekaniknya dan dimensi elemen harus direncanakan sedemikian rupa agar mampu menahan beban yang bekerja tanpa mengalami kerusakan.

b. Efisiensi

Prinsip utama perencanaan desain struktur dalam bidang konstruksi adalah bagaimana mendesain bangunan yang kuat dan aman, namun dengan biaya yang relatif lebih ekonomis. Efisiensi dalam hal ini mencakup pemanfaatan material secara optimal, pengurangan pemborosan sumber daya, dan penggunaan metode konstruksi yang tepat guna. Tujuan akhirnya adalah menciptakan struktur yang

memenuhi standar teknis dan fungsional tanpa membebani anggaran secara berlebihan.

c. Konstruksi

Tinjauan konstruksi sering dipengaruhi struktural dimana penggunaan elemen-elemen struktural akan efisiensi apabila meterial yang digunakan mudah didapat dan dirakit. Desain struktur harus mencakup:

1) Keamanan

Keamanan merupakan aspek utama yang harus diprioritaskan dalam perancangan struktur bangunan. Struktur yang dirancang harus mampu menahan berbagai beban yang akan bekerja padanya, termasuk beban mati (berat struktur itu sendiri) dan beban hidup (seperti aktivitas manusia, dan faktor lainnya).

2) Kekuatan

Dalam perencanaan sebuah gedung, penting untuk memperhitungkan kekuatan struktur guna memastikan kekakuannya, sehingga mampu meningkatkan ketahanan terhadap gempa. Kekuatan menjadi salah satu aspek utama yang harus diperhatikan oleh perencana dalam desain struktur bangunan. Sebuah struktur tidak akan dianggap memadai jika tidak memiliki kekakuan yang cukup, meskipun memiliki kekuatan tinggi. Persyaratan dasar untuk kekuatan desain dirumuskan melalui persamaan berikut:

Kekuatan desain = Kekuatan yang dibutuhkan.

d. Ekonomis

Biaya merupakan faktor utama dalam pemilihan struktur. Konsep biaya ini berkaitan dengan efisiensi penggunaan material serta kemudahan dalam proses pelaksanaan. Total biaya suatu struktur sangat dipengaruhi oleh jumlah dan harga material yang digunakan, biaya tenaga kerja selama konstruksi, serta biaya peralatan yang diperlukan selama proses pembangunan (Purnomo).

2.3 Investigasi Geoteknik

Berdasarkan SNI 1726:2019, penentuan beban gempa memerlukan data seperti kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa. Informasi ini dapat dirujuk pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadkegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<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"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<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"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, 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</p>	III

Tabel 2.1 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa
(Lanjutan)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <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 di mana 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 nongedung yang dikategorikan 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 ibadah - 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, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - 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>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	<p>IV</p>

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

Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa

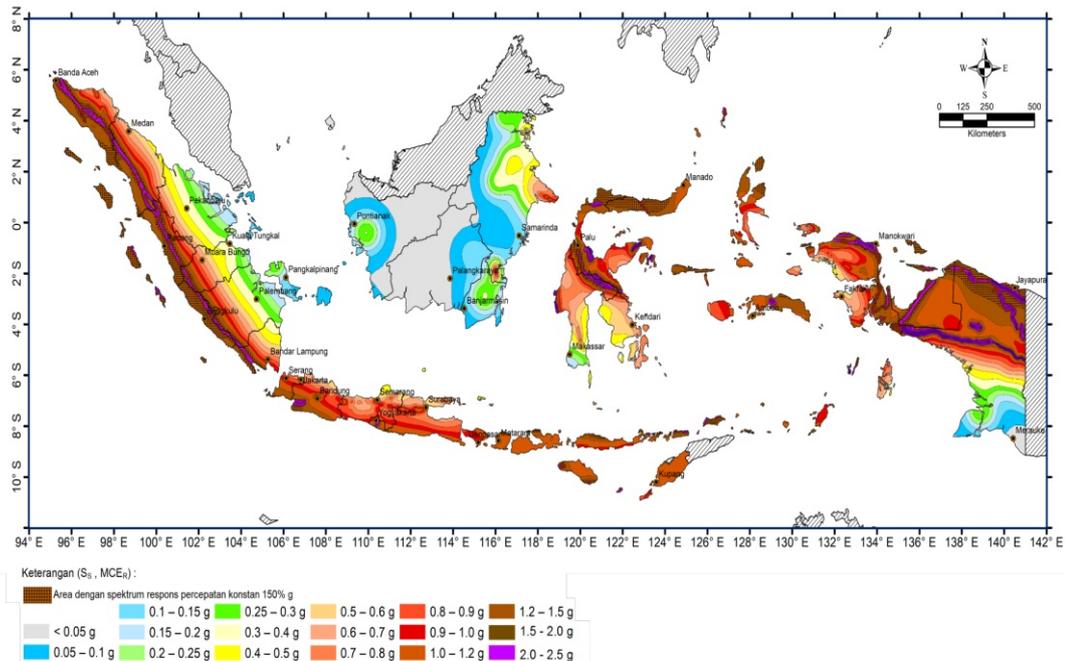
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

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

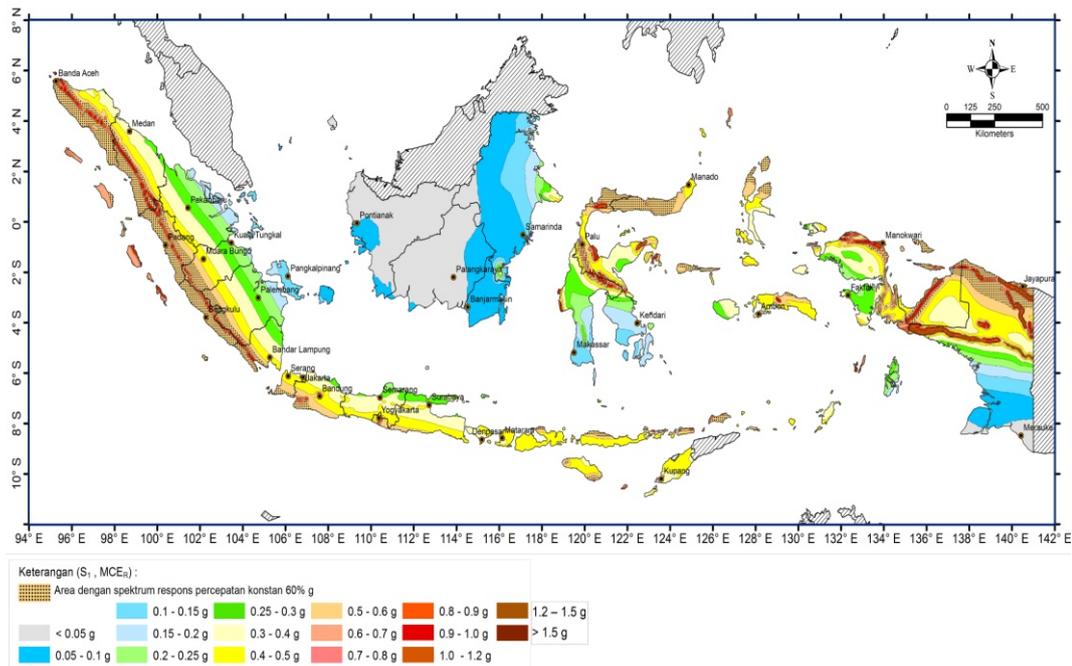
2.3.1 Parameter-Parameter Terpetakan

Berdasarkan SNI 1726:2019, wilayah gempa ditentukan berdasarkan parameter S_s (percepatan batuan dasar untuk periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar untuk periode 1 detik). Dalam standar tersebut, zonasi wilayah gempa menggunakan peta dengan probabilitas kejadian 2% dalam 50 tahun.

Peta zonasi gempa ini menyajikan nilai S_s dan S_1 dalam bentuk warna-warna berbeda yang menunjukkan tingkat percepatan gempa di berbagai wilayah. Warna-warna tersebut mewakili rentang nilai tertentu dari parameter S_s dan S_1 , sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2, visualisasi peta ini memudahkan identifikasi tingkat bahaya gempa di setiap wilayah, sehingga perencana struktur dapat menentukan strategi desain yang tepat, seperti pemilihan sistem struktur.

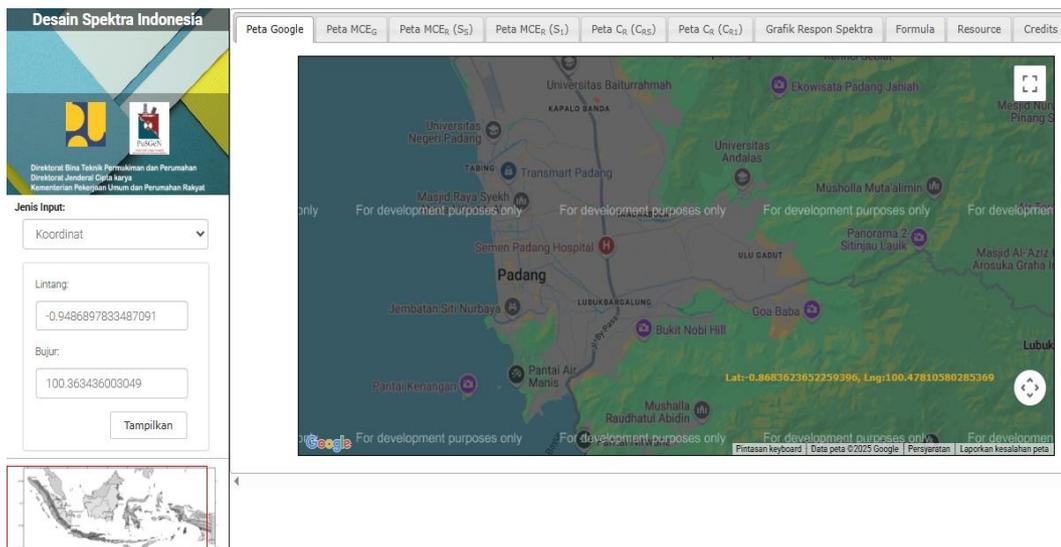


Gambar 2.1 Peta Respon Spektra Percepatan Periode Pendek (S_s)



Gambar 2. 2 Peta Respon Spektra Percepatan Periode 1 Detik (S_1)

Pada peta zonasi gempa, setiap warna menggambarkan besaran parameter percepatan batuan dasar, mulai dari nilai terendah hingga tertinggi. Untuk memperoleh nilai percepatan batuan dasar pada setiap kota yang direncanakan atau lokasi tertentu secara lebih detail, analisis dapat dilakukan menggunakan *Software Desain Spektra* Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.3, dan bisa diakses melalui website : <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 harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Adapun tabel klasifikasi per situs yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Klasifikasi Situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	N atau \bar{N}_{ch}	\bar{S}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	15 sampai 50	50 sampai 100
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{S}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti)	<ul style="list-style-type: none"> - Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa 		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

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

2.3.3 Koefisien-Koefisien Situs

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 respons spektral 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 :

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 Tabel 2.4 sedangkan untuk nilai F_a dijelaskan dalam Tabel 2.5.

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					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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 ^(a)					

Sumber SNI 1726:2019 (34:2019)

Tabel 2.5 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_l \leq 0,1$	$S_l = 0,2$	$S_l = 0,3$	$S_l = 0,4$	$S_l = 0,5$	$S_l \geq 0,6$
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 ^(a)					

Sumber SNI 1726:2019 (35:2019)

2.3.4 Parameter percepatan spektral desain

Berdasarkan SNI 1726:2019 parameter S_{DS} dan S_{D1} harus ditentukan melalui perumusan berikut :

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

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

Dimana :

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain pada periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan spektral desain pada periode 1 detik

2.3.5 Spektrum Respons Desain

Berdasarkan SNI 1726:2019 kurva spektrum desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.4 dan mengikuti ketentuan berikut :

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

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

- b. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} ;

- c. Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dan atau sama dengan T_L , respons spectral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan berikut :

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad (2.6)$$

Dimana :

S_{DS} = Parameter respons spektra percepatan desain pada periode Pendek

S_{D1} = Parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

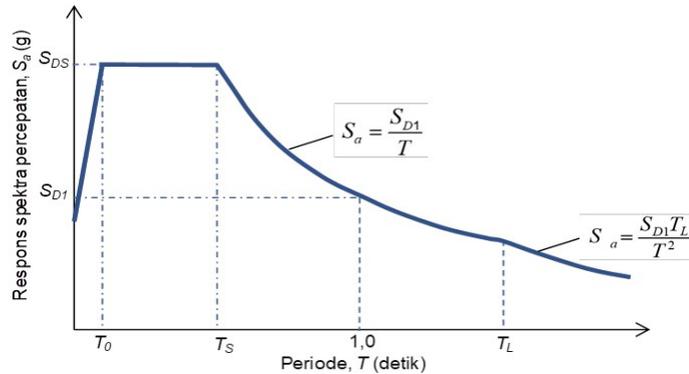
T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} T_s = \frac{SD1}{SDS}$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada

Grafik *respons spectrum* diatur dalam SNI 1726:2019.

Kordinat grafik *respons spectrum* (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 merupakan rancangan awal yang berfungsi untuk menunjukkan jenis komponen, dimensi, material, serta faktor-faktor lain yang memengaruhi struktur yang direncanakan. Pada tahap ini, rancangan tersebut belum dapat dianggap sebagai acuan utama dalam pelaksanaan struktur. Komponen yang dirancang meliputi sloof, kolom, pelat, dan balok. Perhitungan dalam tahap ini dipengaruhi oleh pemodelan menggunakan perangkat lunak yang mendukung proses perancangan.

2.4.1. Perencanaan Dimensi Sloof dan Balok

a. Sloof

Untuk menentukan perencanaan awal sloof ditentukan dengan perbandingan kekakuan kolom dengan kekakuan sloof, dimana kekakuan sloof harus melebihi kekakuan kolom.

$$\begin{aligned} \text{Kekakuan Sloof} &\geq \text{Kekakuan kolom} \\ k = 1/L &\geq k = 1/L \end{aligned}$$

b. Balok Induk

Balok induk adalah elemen struktur yang berperan sebagai pemikul momen utama dengan fungsi menyalurkan beban dari pelat ke kolom. Dimensi balok induk dapat ditentukan dengan menggunakan pendekatan *Rule of Thumb* (Budiono et al., 2017).

Diformulasikan melalui persamaan berikut:

$$\text{Tinggi Balok} : h = L/12 - L/14 \quad (2.7)$$

$$\text{Lebar Balok} : b = 1/2 h - 2/3 h \quad (2.8)$$

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 Tinggi Minimum Balok Non-prategang

Kondisi Perletakan	Minimum $h^{[1]}$
Perlekatan 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, maka untuk tinggi (h) balok harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Perhitungan tinggi (h) balok sebagai berikut:

$$h = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) \quad (2.9)$$

Dimana :

h = Tinggi Balok (mm)

f_y = Kuat Leleh Baja (Mpa)

c. Balok Anak

Balok anak adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat menuju balok induk.

$$\text{Tinggi Balok} : h = L/16 \quad (2.10)$$

$$\text{Lebar Balok} : b = 1/2 h \quad (2.11)$$

Dimana :

h = Tinggi Balok (mm)

b = Lebar Balok (mm)

2.4.2. Perencanaan Dimensi Pelat

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

Jika $1 \leq \frac{LY}{LX} \leq 2$, maka termasuk pelat dua arah

Jika $\frac{LY}{LX} > 2$, maka termasuk pelat satu arah

Pelat dua arah adalah pelat yang dimana keempat sisinya ditopang oleh balok dan beban dipikul oleh penopang dikedua 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 lebih dari 0,2 dan kecil dari 2,0 ketentuan rasio kekakuan tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (2.12)$$

atau

$$h = 125 \text{ mm}$$

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (2.13)$$

atau

$$h = 90 \text{ mm}$$

Dimana :

h = Tebal minimum pelat (mm)

$ln1$ = Panjang bersih pelat dalam arah memanjang (mm)

$ln2$ = Panjang bersih pelat dalam arah pendek (mm)

$$\beta = \frac{ln1}{ln2} \quad (2.14)$$

2.4.3. Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom adalah elemen struktur vertikal yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat dan balok ke pondasi, yang selanjutnya diteruskan ke tanah. Dimensi kolom dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$Ag \geq \frac{Pu}{0,25 \text{ hingga } 0,35 f_c} \quad (2.15)$$

Dimana :

A_g = Luas penampang kotor kolom (mm)

P_u = Beban total yang bekerja pada kolom (N)

f'_c = Kuat tekan kolom beton (Mpa)

2.4.4. Perencanaan Dimensi *Shear Wall*

SNI 2847:2019 pasal 11.3.1.1 menyebutkan bahwa tebal dinding selain dinding eksterior *Basement* dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 100 mm atau tidak boleh kurang dari nilai terkecil antara $L/25$ nilai panjang bentang dinding dan tinggi tidak tertumpu. Tebal minimum *shear wall* dapat menggunakan ketentuan:

$$h \geq 100 \text{ mm} \quad (2.16)$$

$$h \geq \frac{hw}{25} \text{ atau } h \geq \frac{lw}{25} \quad (2.17)$$

Keterangan :

hw = Tinggi dinding

lw = Panjang bentang dinding

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).
- Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727: 2020)

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.
- Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E.
- 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 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 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 masa layan lebih besar dari pada beban hidup masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- Beban hidup pada lantai gedung,

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada yaitu sebesar 250 kg/m^2

- Beban hidup pada atap gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada yaitu sebesar 100 kg/m^2

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 (E)

Beban gempa adalah beban yang berasal dari gaya inersia bangunan dalam arah horizontal yang disebabkan oleh adanya percepatan tanah akibat gempa (*ground acceleration*). Untuk menghitung beban gempa dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Geser dasar seismik } V = C_s \times W \quad (2.18)$$

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (2.19)$$

Dimana :

- Cs = Koefisien respon seismik
- R = Faktor modifikasi respons
- Ie = Faktor keutamaan gempa
- W = Berat sendiri *seismic* efektif

Perhitungan gaya lateral ekuivalen menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{W(Z^k) \times V}{\sum W(Z^k)} \quad (2.20)$$

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

Kombinasi pembebanan adalah penjumlahan beberapa jenis beban yang bekerja pada struktur secara bersamaan sesuai dengan kondisi yang direncanakan. Kombinasi ini mempertimbangkan faktor keamanan dan beban maksimum yang dipikul selama masa layannya. Kombinasi pembebanan digunakan untuk memastikan bahwa struktur mampu menahan berbagai variasi beban sesuai dengan ketentuan standar desain sebagai berikut :

- Kuat perlu U untuk beban mati (D) paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,4 D \quad (2.21)$$

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

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr + R) \quad (2.22)$$

- Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan. Maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai berikut:

$$U = 1,2 D + E_v + E_h + L \quad (2.23)$$

Atau

$$U = 0,9 D - E_v + E_h \quad (2.24)$$

Dimana :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

L_r = Beban Atap

R = Beban Hujan

E_v = Beban Gempa Vertikal

E_h = Beban Gempa Horizontal

Pada struktur beton bertulang yang terletak di wilayah rawan gempa, desain khusus dengan prinsip (*strong column weak beam*) harus diterapkan. Prinsip ini bertujuan agar kolom memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan balok, sehingga dalam kejadian gempa yang signifikan, meskipun balok mengalami kerusakan berat, kolom tetap mampu berdiri dan menahan beban yang bekerja pada struktur.

2.6 Analisa Struktur

Analisa struktur 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.

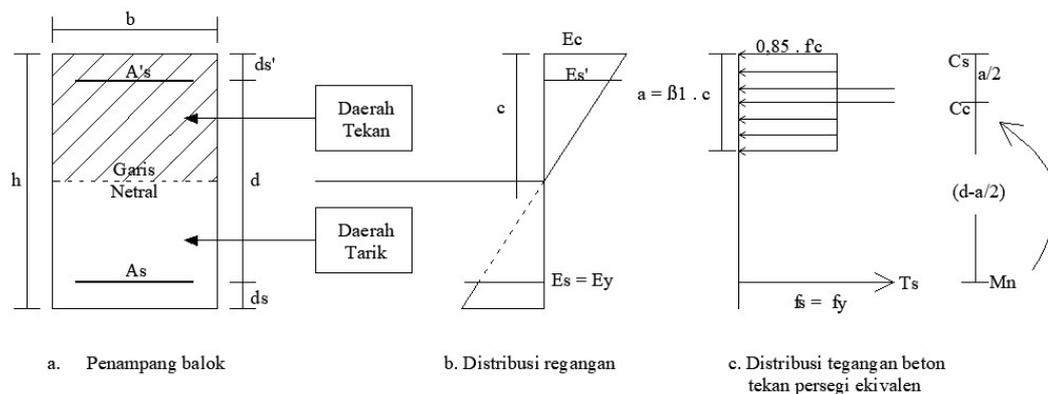
2.7 Analisa dan Desain Balok

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 digunakan metode desain ulang (redesain) dengan pendekatan perhitungan tulangan rangkap (doubly reinforced section) pada beton bertulang. Metode ini diterapkan ketika penampang balok tidak cukup hanya dengan tulangan tarik, sehingga diperlukan tambahan tulangan tekan untuk membantu menahan beban lentur yang bekerja, terutama pada penampang yang mengalami beban besar atau dimensi penampang yang dibatasi. Pada kondisi tulangan rangkap ini, terjadi penyaluran regangan (strain) dan gaya-gaya internal (seperti gaya tarik, tekan, dan momen lentur) yang bekerja pada balok secara bersamaan antara beton dan baja tulangan. Tulangan tarik akan menerima gaya tarik akibat momen lentur, sementara tulangan tekan, bersama dengan beton di daerah tekan, akan menahan gaya tekan yang timbul. Karena sifat baja yang daktail, tulangan tekan ini juga memberikan kontribusi terhadap kapasitas momen lentur total. Hal ini menjadi penting ketika balok tidak dapat diperbesar dimensi penampangnya tetapi harus tetap memenuhi kebutuhan kekuatan struktur. Gambar 2.5 menggambarkan kondisi distribusi tegangan dan regangan pada penampang balok bertulang rangkap. Dalam gambar tersebut terlihat zona tekan pada beton, letak netral axis, regangan maksimum, serta gaya-gaya yang ditahan oleh tulangan tarik dan tekan



Gambar 2.5 Analisa Penampang Tulangan Rangkap

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

- a. Asumsikan

$$\frac{c}{dt} \leq 0,375 \quad (2.25)$$

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 :

$$d = dt = (h - ts - \emptyset s - \frac{1}{2} D_l), \text{ sehingga} \quad (2.26)$$

$$C = \frac{c}{dt} \times d \quad (2.27)$$

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 (α) tegangan *whitney*.

Setelah menghitung mendapatkan nilai c pada langkah kedua, maka:

$$\alpha = \beta_1 \times c \quad (2.28)$$

Nilai β_1 harus ditentukan berdasarkan mutu beton, $f'c$ yang digunakan. Dimana nilai β_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 Cc

$$C_c = 0,85 \times f'c \times b \times \beta_1 \times c = 0,85 \times f'c \times b \times \alpha \quad (2.29)$$

Dimana :

$f'c$ = Kuat Tekan Betin

b = Lebar Balok

a = Nilai Tinggi Balok

e. Menghitung nilai tulangan tarik, As_1

$$Cc = T_1 \quad (2.30)$$

$$Cc = As_1 \times fy \quad (2.31)$$

$$As_1 = \frac{Cc}{fy} \quad (2.32)$$

Dimana :

As_1 = Tulangan Tarik

fy = Kuat Leleh Baja

f. Menghitung nilai Mn_1

Untuk menghitung nilai Mn_1 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Mn_1 = As_1 \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.33)$$

Dimana :

As_1 = Tulangan Tarik

fy = Kuat Leleh Baja

A = Nilai Tinggi Balok

Setelah mendapatkan nilai Mn_1 maka perlu dilakukan pengecekan apakah perlu menggunakan tulangan tekan atau tarik. Dengan ketentuan sebagai berikut :

$Mn_1 < Mn$: diperlukan tulangan tekan = perhitungan rangkap

$Mn_1 < Mn$: tidak diperlukan tulangan tekan = perhitungan tunggal

g. Menghitung nilai Mn_2

Untuk menghitung nilai Mn_2 dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (2.34)$$

$$Mn_2 = Mn - Mn_1 \quad (2.35)$$

h. Menghitung tegangan pada tulangan tekan f'_s

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

$$d' = (t_s + \emptyset_s + \frac{1}{2} DI) \quad (2.36)$$

Regangan ϵ'_s

$$\epsilon'_s = 0,003 \times \frac{(c-d)}{c} \quad (2.37)$$

$$f'_s = E_s \times \epsilon'_s \quad (2.38)$$

Dimana :

f'_s = Tegangan Tulangan

ϵ'_s = Regangan Tulangan

d' = Tinggi Efektif

t_s = Selimut Beton

\emptyset_s = Diameter Tulangan Sengkang

DI = 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 :

$$A_s' = \left(\frac{M_{n2}}{f_s(d-d')} \right) \quad (2.39)$$

j. Menghitung nilai luasan A_s dan A_s'

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} \quad (2.40)$$

$$A_s' = A_{s2} \quad (2.41)$$

k. Menghitung luas tulangan aktual

Tulangan tarik aktual A_s

$$n = \left(\frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right) \quad (2.42)$$

Tulangan tekan aktual A_s'

$$n = \left(\frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \right) \quad (2.43)$$

- l. Menghitung nilai tinggi blok tegangan Whitney (α) yang baru :

$$\alpha = \left(\frac{[(A_s \times f_y) - (A_s \times f'_s)]}{0,85 \times f'_c \times b} \right) \quad (2.44)$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times b \times a + A'_s \times f'_s \quad (2.45)$$

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

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} \quad (2.46)$$

- n. Menghitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = [(A_s \times f_y) - (A_s \times f'_s)] \times \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) + (A'_s \times f'_s)(d - d') \quad (2.47)$$

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

$$\phi \times M_n \geq M_u \quad (2.48)$$

2.7.2 Teori Dasar Perhitungan Tulangan Geser Balok

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

$$V_c = 0,17 \lambda_c \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.49)$$

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

$$V_u \leq \phi + (0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.50)$$

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

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \quad (2.51)$$

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

$$0,5 \phi V_c \leq V_{u1} \leq \phi V_c \quad (2.52)$$

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

$$V_s \text{ min} = 0,062 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \geq 0,45 \cdot b_w \cdot d \quad \text{dan} \quad (2.53)$$

$$A_v \min = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq \frac{(0,35 b_w s)}{f_{yt}} \quad (2.54)$$

Dengan spasi (s) maksimum tulangan geser :

$$s \leq \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm} \quad (2.55)$$

c. Cek kategori 3

$$0,5 V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \min) \quad (2.56)$$

Kuat geser $V_s \min$:

$$V_s \min = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \text{ atau } V_{s \min} = 0,35 b_w d \quad (2.57)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v \min = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \frac{b_w s}{f_{yt}} \geq \frac{(0,35 b_w s)}{f_{yt}} \geq \frac{0,35 \cdot b_w s}{f_{yt}} \quad (2.58)$$

atau

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

d. Cek kategori 4

$$0,5 (V_c + V_s \min) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.59)$$

Nilai gaya geser dari tulangan :

$$V_s = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \quad (2.60)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot S}{F_{yt} \cdot d} \quad (2.61)$$

e. Cek kategori 5

$$0,5 (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) \quad (2.62)$$

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

$$V_s = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\emptyset} \quad (2.63)$$

Luasan tulangan geser :

$$A_v = \frac{V_s \cdot S}{F_{yt} \cdot d} \quad (2.64)$$

Menentukan jarak tulangan geser dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$s \leq \frac{d}{2} \leq 300 \text{ mm} \quad (2.65)$$

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

$$\phi \times V_n \geq V_u \quad (2.66)$$

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 :

$$P_o = A_g [0,85 f'_c + \rho_g (f_y - 0,85 f'_c)] \quad (2.67)$$

Dimana :

g = Luasan penampang kolom

A_{st} = Luasan tulangan longitudinal kolom

f'_c = Kuat tekan beton

f_y = 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	P_n .maks	
Nonprategang	Sengkang persegi sesuai 22.4.2.4	0,80 P_o	a)
	Spiral sesuai 22.4.2.5	0,85 P_o	b)
Prategang	Sengkang Persegi	0,80 P_o	c)
	Sengkang Spiral	0,85 P_o	d)
Kolom Komposit dan Kolom Beton	Semua	0,85 P_o	e)

Sumber SNI 2847:2019 (481:2019)

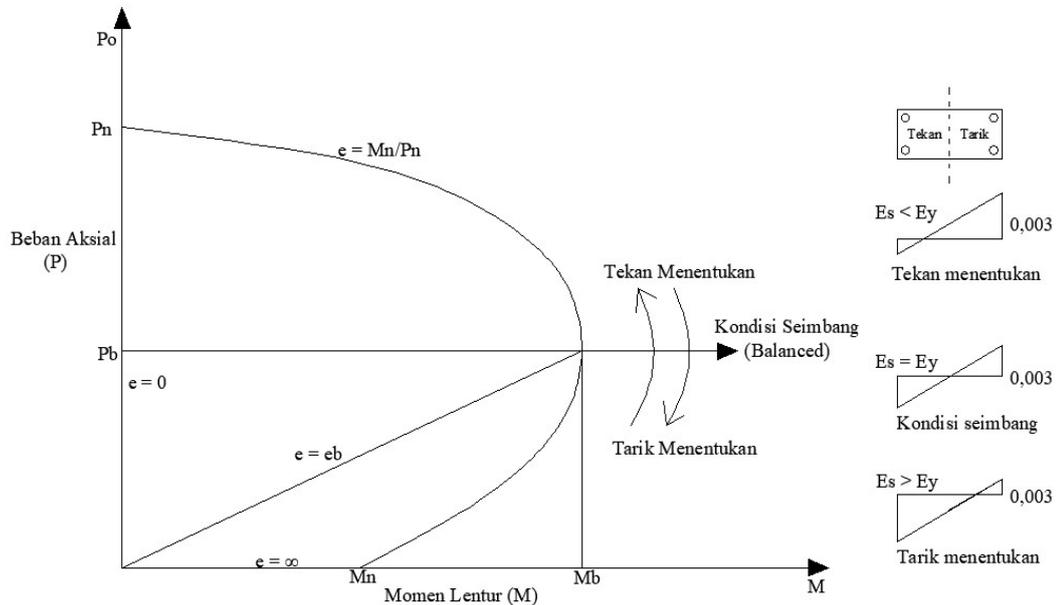
Pada tinjauan dalam kondisi regangan berimbang maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0,85 f'_c \beta_1 c_b b + A'_s (f_y - 0,85 f'_c) - A_s f_y \quad (2.68)$$

Pada tinjauan momen nominal kondisi lentur :

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (2.69)$$

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 :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{214 A_g} \right) \lambda \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.70)$$

Dimana :

N_u = Gaya aksial terfaktor

A_g = Luasan penampang kolom

D = 0,8h

Kebutuhan tulangan geser ditandai bila :

$$V_c \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (2.71)$$

Dimana :

V_u = Gaya geser

ϕ = 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 disekeliling 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 :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.72)$$

$$M_n = \frac{M_u}{b \times d^2} \quad (2.73)$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} \quad (2.74)$$

Sehingga diperoleh rasio tulangan :

$$\rho = (1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}) \quad (2.75)$$

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

$$a_s = \rho \cdot b \cdot d > \frac{1000}{s} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2.76)$$

Dimana :

M_n = Momen nominal

M_u = Momen ultimate

b = Lebar

d = Tinggi

- f_y = Kuat leleh baja
- f'_c = Kuat tekan beton
- ρ = Rasio tulangan
- A_s = Luas tulangan

2.10 Analisa dan Desain *Shear Wall*

Shear wall merupakan elemen struktur yang fungsi utamanya adalah memikul beban lateral akibat beban gempa. Terdapat dua jenis *shear wall* bila ditinjau dari aspek rasio tinggi dan lebar (h_w/l_w), yaitu *slender wall* dan *squat wall*. *Slender wall* memiliki perbandingan antara tinggi dan panjang lebih besar dari dua ($h_w/l_w \geq 2,0$), sedangkan untuk *squat wall* memiliki perbandingan antara tinggi dan panjang lebih kecil dari dua ($h_w/l_w < 2,0$).

Penulangan yang diperlukan oleh *shear wall* adalah tulangan *longitudinal* (vertikal) dan tulangan *transversal* (horizontal). Peran utama dari tulangan *longitudinal* adalah memikul beban kombinasi aksial dan lentur. Sedangkan tulangan *transversal* berperan memikul pengaruh gaya geser pada *shear wall*.

2.11 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:

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) \times D \quad (2.77)$$

Dimana :

- d = Panjang saluran
- d_b = diameter tulangan
- Ψ_t = faktor lokasi tulangan (1.0)
- Ψ_e = faktor pelapis (1.0)
- Ψ_s = Faktor diameter tulangan (0,8)

λ = faktor beban ringan (1.0)

2. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

Perhitungan penyaluran untuk tulangan tekan memiliki ketentuan sebagai berikut :

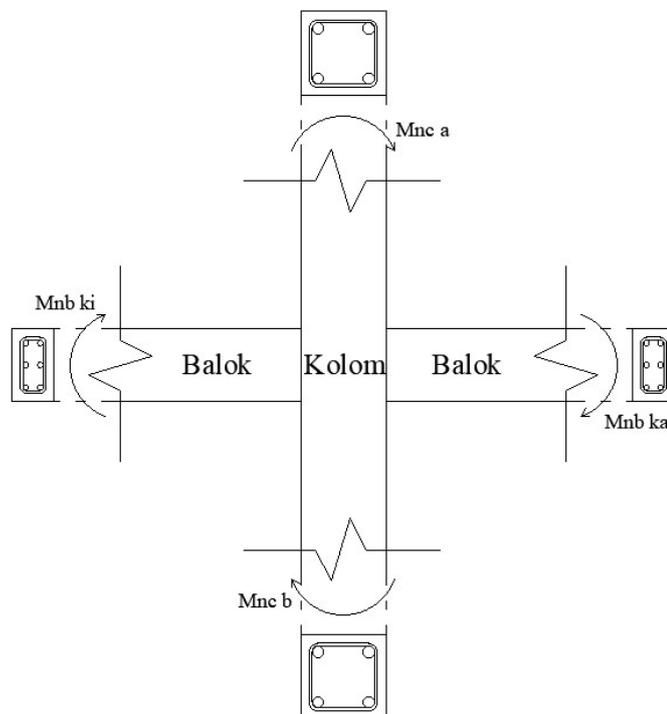
$$l_d = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right) \times d_b > l_d = 0,34 f_y \times d_b \text{ dan } 300 \text{ mm} \quad (2.78)$$

2.12 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 (Pandaleke et al.). Perhitungan konsep SRPMK menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(M_{nc a} + M_{nc b}) \geq \frac{6}{5} (M_{nb ki} + M_{nb ka}) \quad (2.79)$$

Berdasarkan rumus 2.79 dapat lebih dipahami dengan melihat gambar 2.7



Gambar 2.7 Konsep Kolom Kuat - Balok Lemah (SCWB)