

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

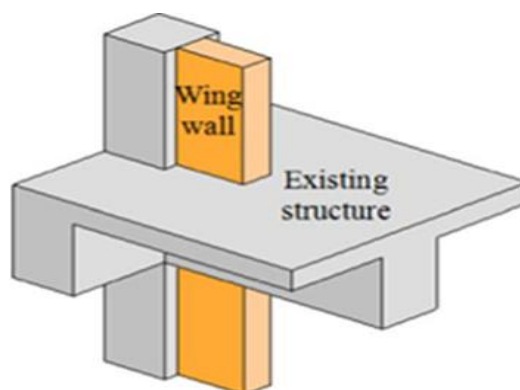
Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk setiap tahunnya terutama di perkotaan, kebutuhan akan tempat tinggal juga meningkat. Oleh karena itu, banyak daerah sudah mulai membangun gedung kearah vertikal untuk mengatasi kekurangan lahan yang tersedia. Konstruksi bangunan bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan struktur beton bertulang dan masih ditemui gedung yang memiliki kekurangan pada aspek-aspek yang dibutuhkan, seperti: kekakuan, kekuatan dan daktilitas struktur karena kesalahan dalam perencanaan, pelaksanaan, dan kebutuhan arsitektur. Sehingga pada saat terjadi gempa banyak ditemukan gedung-gedung tidak memenuhi persyaratan kekuatan bisa runtuh atau gagal. (Li, Y. & Sanada, Y., 2014).

Dalam SNI 1726-2019 telah diatur persyaratan perencanaan bangunan tahan gempa untuk gedung dan nongedung, yaitu: struktur bangunan gedung tahan gempa harus memiliki sistem pemikul gaya lateral atau vertikal, kekuatan, kekakuan, dan kemampuan menyerap energi yang cukup untuk menahan gaya gerak desain tanah seismik.

Bangunan yang dirancang untuk menahan gaya gempa harus memiliki kolom yang kuat. Perencanaan kolom yang kuat seiring dengan penambahan dimensi kolom, dan hal itu tidak disetujui dari segi arsitektural. Maka dibuat solusi untuk mencegah penambahan dimensi kolom yang besar adalah penambahan *wing wall*

pada kolom seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Manfaat penambahan *wing wall* beton bertulang dianggap sebagai metode yang efektif untuk memperkuat dan memperkaku kolom. Penelitian menunjukkan penambahan *wing wall* dapat meningkatkan kinerja sambungan, memperkuat kolom secara efektif. Hal Ini juga menghindari risiko bahwa jika hanya sambungan yang diperkuat, maka pola keruntuhan kolom yang serius dapat terjadi apalagi kolom langsing. (Li, Y. & Sanada, Y., 2014). Semakin langsing kolom suatu struktur maka kekakuan suatu struktur mengalami penurunan. (Sudarsana, dkk, 2021).

Wing wall merupakan elemen konstruksi berupa dinding yang dibuat pada sisi kolom. Penambahan *wing wall* dapat meningkatkan kemampuan kolom dalam menahan gaya geser dan aksial. (Liu, dkk 2010). Selain itu, penambahan *wing wall* pada kolom dapat mengubah perilaku joint balok-kolom dan sebagai peredam gaya gempa pada struktur beton bertulang serta cara pembuatan yang sederhana, ekonomis, dan efektif. (Kabeyasawa, dkk 2009). Teknik perkuatan ini dapat meningkatkan performa struktur dalam menahan gaya gempa dengan mengubah mekanisme keruntuhan kolom menjadi keruntuhan balok. (JBDPA, 2001).



Gambar 1. 1 kolom dengan *wing wall*

Penelitian yang dilakukan Arfiadi, Y., & As`ad, S. (2013) *Wing wall* dimodelkan menggunakan elemen *shell*. Pada penelitian ini *wing wall* ada disetiap kolom yang menerus dari lantai dasar hingga atap dan menunjukkan penambahan *wing wall* dapat memperkaku dan memperkuat struktur. Pada penelitian ini *wing wall* tidak semua kolom ada *wing wall* melainkan ditempatkan pada kolom yang direncanakan ada dindingnya.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti mengaplikasikan penambahan *wing wall* pada struktur gedung tujuh lantai dengan material beton bertulang yang berfungsi sebagai hotel di Labuan Bajo. Struktur gedung yang dimodelkan antara lain: struktur *open frame* (OP), struktur *open frame* dengan penambahan *wing-wall* (SDW), dan struktur *open frame* dengan penambahan *wing wall* direduksi dimensi kolom (SDDK). Parameter yang diamati adalah perilaku, gaya-gaya dalam, dan efisiensi dimensi dan kebutuhan tulangan akibat penambahan *wing wall* pada sisi kolom. Sistem *wing wall* yaitu struktur kolom dengan penambahan *wing wall*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan yang telah diuraikan dilatar belakang, maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana perilaku struktur gedung tanpa atau dengan penambahan *wing wall*?
- 2) Bagaimana perbandingan gaya-gaya dalam struktur gedung tanpa atau dengan penambahan *wing wall*?
- 3) Bagaimana pengaruh penambahan *wing wall* terhadap efisiensi dimensi dan kebutuhan tulangan pada kolom ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perilaku struktur gedung tanpa atau dengan penambahan *wing wall*.
2. Mengetahui perbandingan gaya dalam struktur gedung tanpa atau dengan penambahan *wing wall*.
3. Mengetahui pengaruh penambahan *wing wall* terhadap efisiensi dimensi dan kebutuhan tulangan pada kolom.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang berguna untuk perbaikan permasalahan terkait perencanaan bangunan tahan gempa dimasa mendatang dengan kolom langsing, antara lain:

a) Manfaat Teoritis

1. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi bahan referensi atau masukan untuk mendesain bangunan tahan gempa.
2. Terciptanya suatu inovasi pada bangunan sipil untuk masalah kolom langsing.

b) Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi masukan bagi pihak terkait untuk dapat dijadikan pertimbangan untuk perencanaan bangunan tahan gempa dan kolom langsing.

1.5. Batasan Penelitian

Untuk menghindari masalah yang tidak terkait dengan penelitian ini, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Propertis material:
 - a. Mutu beton : 25 Mpa (Pelat Lantai, Pelat Atap, Balok,Kolom dan *wing wall*)
 - b. Mutu baja tulangan :
 - 1) Tulangan polos : $f_y = 240$ Mpa
 - 2) Tulangan ulir : $f_y = 420$ Mpa
2. Gedung bangunan dengan 7 lantai.
3. Rencana bangunan dan fungsi masing-masing lantai dirancang terlebih dahulu menggunakan Autocad 2021.
4. Fungsi gedung sebagai gedung hotel direncanakan akan dibangun di Labuan Bajo Manggarai Barat .
5. Struktur *open frame* dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
6. Beban yang diperhitungkan pada gedung ini adalah;
 - a) Beban Hidup (*Live Load*)
 - b) Beban Mati (*Dead Load*)
 - c) Beban Gempa (Beban Gempa)
7. Estimasi dimensi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2019
8. Peraturan pendukung yang digunakan dalam penulisan penelitian ini yaitu SNI Gempa 1726:2019 dan SNI Pembebanan struktur 1727:2020, SNI estimasi dimensi 2847-2019
9. Pemodelan dan analisis menggunakan program SAP2000 v22

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Sistem *wing wall* merupakan perkuatan struktur kolom dengan penambahan *wing wall* dengan tujuan sebagai memperkaku, memperkuat dan peredam gaya gempa pada struktur beton bertulang. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta meminimalkan kerusakan struktur bangunan (Budiono, B., & Supriatna, L., 2011). Oleh karena itu, struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang cukup untuk mencegah terjadinya keruntuhan bangunan dan korban jiwa.

Pada bab ini akan dibahas teori-teori dasar dan syarat-syarat atau ketentuan yang berhubungan dengan analisis perencanaan struktur bangunan yang akan direncanakan serta hal-hal lainnya yang berkaitan dengan perhitungan dan analisis struktur dari penelitian ini. Beberapa teori yang menjadi acuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

- a) Penambahan *wing wall* pada struktur kolom bangunan tahan gempa.
- b) Tatacara perencanaan bangunan tahan gempa berdasarkan SNI 1726- 2019.
- c) Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung berdasarkan SNI 2847- 2019.
- d) Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain berdasarkan SNI 1727-2020.

2.2. Struktur Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan gabungan dari beton dan tulangan baja, yang bekerja sama untuk memikul beban yang ada. Tulangan baja memberikan kekuatan tarik yang tidak dimiliki beton.

Perencanaan struktur beton bertulang harus memperhatikan persyaratan-persyaratan yang berkaitan dengan gaya atau beban yang bekerja pada struktur tersebut. Perhitungan gaya luar melibatkan faktor keamanan sehingga dapat diketahui kekuatan yang diperlukan. Sedangkan untuk gaya dalam berupa gaya aksial, momen lentur, gaya geser, dan momen puntir, perlu dicantumkan dasar pengaman berupa faktor reduksi agar diperoleh kuat desain yang nilai minimumnya sama.

Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung melalui SNI 2847-2019 telah mengatur konsep perencanaan berbasis kekuatan, atau lebih dikenal dengan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Jadi konsep dasar yang harus dipenuhi adalah:

$$\text{Kuat rencana} \geq \text{Kuat perlu}$$

Kuat rencana adalah kekuatan nominal pada struktur yang telah dikalikan dengan faktor reduksi, kekuatan nominal diperoleh melalui analisis kekuatan suatu komponen struktur penampang yang telah memenuhi standarisasi. Sedangkan kekuatan yang diperlukan dihitung dengan mempertimbangkan faktor beban sesuai dengan jenis beban yang bekerja pada suatu struktur. Beton bertulang sebagai material konstruksi bangunan memiliki keunggulan dan kekurangan sebagai berikut:

a) Keuntungan Beton Bertulang

1. Beton tahan aus dan tahan api.
2. Beton sangat kokoh dan kuat terhadap beban gempa, getaran, dan angin
3. Berbagai bentuk konstruksi dapat dibuat dari beton sesuai dengan selera perancang atau pengguna.
4. Biaya perawatan atau pemeliharaan murah. (Balok dan Lembaran Beton Bertulang. (Asroni, A., 2010).

b) Kurangnya Beton Bertulang

1. Beton memiliki kuat tarik yang rendah sehingga mudah retak, oleh karena itu diperlukan baja tulangan.
2. Konstruksi beton berat, sehingga jika digunakan pada bangunan gedung harus dilengkapi dengan pondasi yang cukup besar/kuat.
3. Untuk memperoleh beton mutu yang baik perlu biaya sendiri pengawasannya. Konstruksi beton tidak dapat dipindahkan, selain itu sisa beton tidak ada nilainya. (Asroni, A., 2010).

Konsep dasar dari struktur beton bertulang adalah untuk mencapai struktur bangunan beton bertulang yang ekonomis, dan mampu menerima semua beban yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Proses merancang struktur beton bertulang umumnya dilakukan dalam dua tahap:

1. Memastikan struktur rangka bangunan bisa menahan atau menerima beban baik beban lateral maupun vertikal.
2. Menentukan dimensi dari tiap elemen struktur sesuai dengan analisis beban yang diterima dan sebisa mungkin lebih ekonomis dan mempertimbangkan

faktor keamanan, stabilitas, kemampuan layan, serta fungsi dari struktur tersebut. (BSN, 2019).

Komponen struktur rangka utama beton bertulang mencakup pelat lantai, balok, kolom dan *wing wall* yang selanjutnya dibahas secara detail pada terkait persyaratan dimensi setiap elemen tersebut:

2.2.1. Struktur Pelat

Pelat merupakan komponen struktur yang menerima beban mati dan beban hidup. Pelat dibedakan menjadi dua yakni:

a. Pelat Satu Arah

Pelat dapat dinyatakan pelat satu arah apabila rasio perbandingan bentang panjang dan bentang pendek suatu pelat lebih dari dua. Berikut adalah tabel untuk tebal minimum pelat satu arah.

Tabel 2. 1 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar.			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau plat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Sumber: (BSN, 2019)

b. Pelat Dua Arah

Pelat dua arah adalah pelat yang mempunyai rasio perbandingan bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua. Berikut adalah tabel untuk tebal minimum pelat dua arah.

Tabel 2. 2 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

fy, Mpa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber: (BSN, 2019)

Catatan:

Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur dari muka ke muka tumpuan. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier. Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f Untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

2.2.2. Struktur Balok

Mengacu pada SNI 2847-2019 pasal 9.3.1. Untuk balok nonprategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, mempunyai batas tinggi maksimum seperti pada table 2.3. di bawah ini.

Tabel 2. 3 Tinggi minimum balok nonprategang

Kondisi Perletakan	Tinggi Minimum
perletakan sederhana	$l/16$
menerus satu sisi	$l/18,5$
menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber: (BSN, 2019)

1. Panjang bentang dalam mm dan nilai yang diberikan harus digunakan langsung oleh komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 MPa.

Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis, w_c , antara 1440-1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65-0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
- b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y / 700)$.

2.2.3. Struktur Kolom

Menurut SNI 2847:2019, Pasal. 18.7.2.1 Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $0.1 A_g f_c'$. Untuk komponen ini harus memenuhi kondisi sebagai berikut :

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.

$$b \geq 300 \text{ mm atau } h \geq 300 \text{ mm} \quad (2.1)$$

- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 \text{ atau } \frac{h}{b} \geq 0,4 \quad (2.2)$$

2.2.4. Struktur Wing-Wall

Menurut JBDPA (2001), disarankan ketentuan penambahan *wing wall* adalah sebagai berikut:

- a) Pada umumnya, *wing wall* harus disusun secara simetris pada kedua sisi kolom.
- b) Dalam hal metode *In case of cast-in-situ* dimensi *wing wall* sebagai berikut:

1. lebar minimum *wing wall*

$$L \geq \frac{1}{2} \times \text{lebar kolom dan } 500 \text{ mm} \quad (2.3)$$

2. lebar maksimum *wing wall*

$$L \leq 2 \times \text{Lebar Kolom} \quad (2.4)$$

3. Tebal *wing wall*

$$T \geq \frac{1}{3} \times \text{lebar kolom dan } 200 \text{ mm.} \quad (2.5)$$

- c) Dalam hal sambungan *wing wall* pracetak ke kolom eksisting di lokasi,

1. lebar minimum *wing wall*

$$L \geq \frac{1}{3} \times \text{lebar kolom dan } 800 \text{ mm} \quad (2.6)$$

2. Tebal *wing wall*

$$T \geq 100 \text{ mm.} \quad (2.7)$$

2.3. Gedung Bertingkat

Gedung bertingkat adalah gedung dengan lebih dari satu lantai secara vertikal. Gedung bertingkat dibangun karena keterbatasan dan tanah sangat mahal di perkotaan. Karakteristik Gedung bertingkat menurut Mulyono (2000) dikelompokkan menjadi:

- 1) Bangunan bertingkat rendah yaitu bangunan dengan ketinggian < 10 m atau dengan jumlah lantai 2 - 3 lantai.
- 2) Gedung bertingkat sedang adalah gedung dengan ketinggian < 20 m atau dengan jumlah lantai 3-6 lantai.
- 3) Gedung bertingkat tinggi yaitu gedung dengan ketinggian > 20 m atau dengan jumlah lantai > 6 lantai.

2.4. Pembebanan Struktur

Beban yang diterima struktur gedung faktor yang menimbulkan tegangan dan regangan pada struktur. Akibat pembebanan pada struktur akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada struktur itu sendiri diantaranya: gaya tarik, tekan, lentur geser dan lain-lain. Secara umum beban dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

2.4.1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari bangunan atau gedung yang terpasang dan tidak dapat dipindahkan atau bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk bagian dari beban mati tambahan seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, dan komponen arsitektural yang tidak bisa dipisahkan dari sebuah bangunan. Nilai beban mati mengacu pada BSN, (2020), tabel C3.1-1.

Tabel 2. 4 Beban Mati

No.	Jenis beban	Nilai beban	Satuan
1	Berat sendiri plat	2400	kg/m ³
2	Spesi	2.100	kg/m ³
3	Bata Ringan (ukuran 0,6m x 0,1m x 0,2m)	800	kg/m ³
4	Beban spesi dinding (3 mm) Mu – 380	926	kg/m ³
5	Acian plesteran dinding (10 mm) Mu – 300	1453	kg/m ³
6	<i>Hardwood flooring</i> , 22 mm 0.19	19	kg/m ²
7	ME (<i>mechanical duct allowance</i>)	19	kg/m ²
8	Railing Tangga	14	kg/m ²
9	Plafond (<i>Acoustical fibreboard</i>)	5	kg/m ²
10	penggantung plafond (<i>suspended steel channel system</i>)	10	kg/m ²
11	<i>Gypsum board</i>	0,8	kg/m ²
12	Lapisan waterproofing	5	kg/m ²

Sumber: BSN, (2020)

2.4.2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban dari akibat penggunaan sebuah gedung yang dihuni, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah serta peralatan yang bukan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Nilai beban hidup mengacu pada BSN, (2020), table 4.3.1.

Tabel 2. 5 Beban hidup

No.	Jenis beban	Nilai beban	Satuan
1	Ruang publik dan koridor yang melayani	4,79	kN/m ²
2	Semua ruang kecuali tangga	1,92	kN/m ²
3	Ruang pribadi dan koridornya	1,92	kN/m ²

Sumber: BSN, (2020)

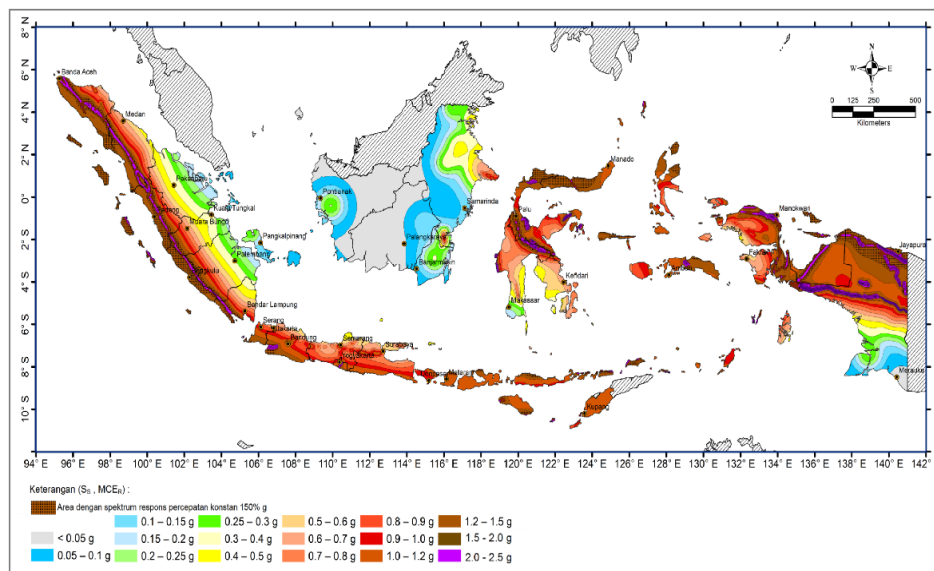
2.4.3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur gedung yang merupakan akibat dari pergerakan tanah saat terjadinya gempa. Tahap perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia diatur dalam SNI 1726:2019 dan dikategorikan menjadi dua, yakni gaya lateral ekuivalen (analisis statik) dan respons seismik (analisis dinamik). Sedangkan faktor-faktor yang memengaruhi analisis beban gempa, adalah sebagai berikut:

2.4.3.1. Wilayah Gempa

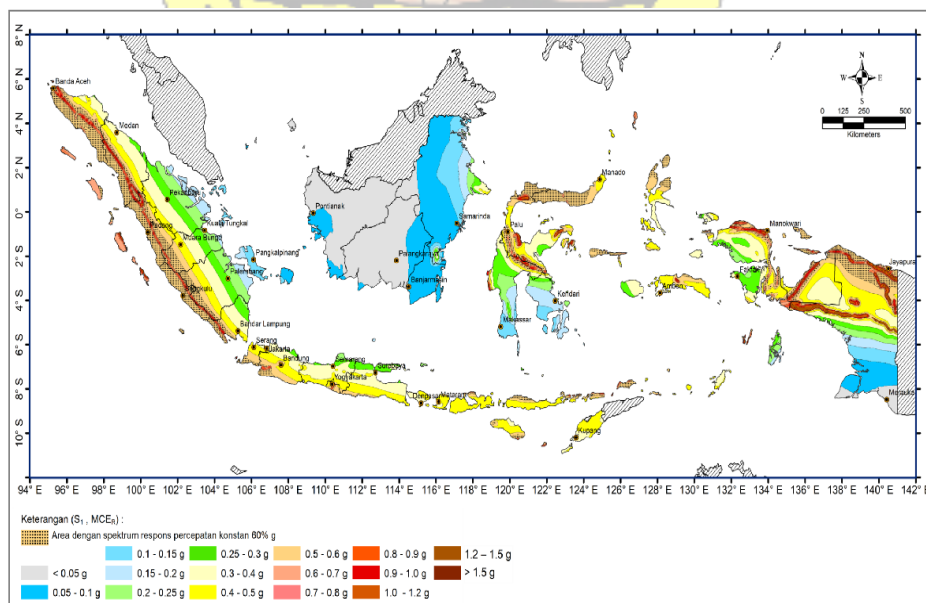
Parameter S_s (pergerakan tanah dasar pada periode pendek) dan S_1 (pergerakan tanah dasar pada periode 1 detik) setiap wilayah gempa mempunyai nilai berbeda-beda dan ditetapkan masing-masing berdasarkan respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik Pada SNI 2726-2019 ini, zonasi peta gempa

menggunakan peta gempa untuk kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R , 2% dalam 50 tahun). Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan pada gambar 2.1. dan 2.2. dibawah ini.



Gambar 2. 1 Parameter S_s (percepatan tanah dasar pada periode pendek)

Sumber: BSN, (2019)



Gambar 2. 2 Parameter S_1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik)

Sumber: BSN, (2019)

Berdasarkan dari gambar 2.1 dan gambar 2.2 maka Labuan Bajo mempunyai nilai Parameter S_s berkisar antara 1,0-1,2 g. Sedangkan untuk Parameter S_1 , Labuan Bajo mempunyai nilai S_1 berkisar antara 0,4-0,5 g.

2.4.3.2. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko bangunan merupakan kategori yang membedakan setiap bangunan berdasarkan fungsinya dengan risiko yang diterima akibat kegagalan struktur, baik kerugian material maupun kerugian jiwa dan dampaknya. Kategori risiko ini juga menjadi pertimbangan dalam menentukan kategori desain seismik.

Tabel 2. 6 Kategori Resiko gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,II,III,dan IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II
a) Perumahan	
b) Rumah toko dan rumah kantor	
c) Pasar	
d) Gedung perkantoran	
e) Gedung apartemen/ rumah susun	
f) Pusat perbelanjaan mall	
g) Bangunan industri	
h) Fasilitas manufaktur	
i) Pabrik	

Sumber: BSN, (2019)

Dari hasil Tabel 2.6. didapatkan kategori resiko gedung yang akan direncanakan dan faktor keutamaan gempanya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 7 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : BSN, (2019)

Nilai I_e pada tabel diatas akan dipergunakan dalam rumus untuk menentukan koefisien respon seismik yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

2.4.3.3. Parameter Kelas Situs

Kelas situs pada tanah diklasifikasikan pada beberapa kelas berdasarkan sifat tanah diantaranya situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik) yang mengikuti tabel 2.8. Bila sifat tanah tidak teridentifikasi jelas dan tidak dapat ditentukan kelas situsnya, maka digunakan kelas situs SE. Namun apabila pemerintah atau Dinas yang bersangkutan memiliki data geoteknik yang lengkap, maka dapat ditentukan kelas situs yang akan digunakan. Klasifikasi kelas situs dipaparkan dalam tabel 2.8. berikut.

Tabel 2. 8 Definisi Kelas 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)	750-1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 -750	>50	> 100
SD (tanah sedang)	175-350	15-50	50-100

Sumber : BSN, (2019)

2.4.3.4. Koefisien Situs dan Parameter Respons Spektra

Untuk mengetahui respon spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik dalam periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran

terkait percepatan dalam getaran periode pendek (F_a) dan faktor penguatan terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v).

Parameter respons spektral percepatan dalam periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi lokasi, harus ditentukan dengan rumus berikut:

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (2.8)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.9)$$

Keterangan:

S_S = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER yang dipetakan untuk periode singkat;

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER yang dipetakan untuk periode 1,0 detik

Dengan koefisien tapak F_a dan F_v berikut Tabel 2.9 dan tabel 2.10 Jika kelas situs SE digunakan sebagai kelas situs, maka nilai F_a tidak boleh kurang dari 1,2. Jika prosedur desain sesuai, maka nilai F_a harus ditentukan sesuai dengan nilai F_v , SMS, dan SM1 tidak perlu ditentukan.

Tabel 2. 9 Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER Terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF			SS^b		

Sumber : BSN, (2019)

Tabel 2. 10 Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda 1 detik, S _s				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≤ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF			SS ^b		

Sumber : BSN, (2019)

Keterangan:

- a) Nilai Fa dan Fv yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan proses interpolasi linier.
- b) SS^b merupakan yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon situs spesifik.

2.4.3.5. Parameter Percepatan Spektral Desain

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.10)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.11)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain selama periode singkat.

S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain selama periode 1 detik.

S_{MS} = Parameter respons spektral percepatan pada periode pendek

S_{M1} = Parameter respons spektral percepatan pada periode 1 detik

2.4.3.6. Spektrum Respons Desain

Spektrum respon desain adalah skenario percepatan puncak di permukaan tanah untuk berbagai periode alami yang disebabkan oleh guncangan. Spektrum respon desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) masing-masing diperoleh dengan mengalikan S_{MS} dan S_{M1} dengan konstanta redaman, Indonesia menggunakan nilai = 2/3 tahun.

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.12)$$

2. Untuk periode yang lebih besar atau sama dengan T_0 dan kurang dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} ;
3. Untuk periode yang lebih besar dari T_s tetapi kurang dari atau sama dengan T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , diambil menurut persamaan:

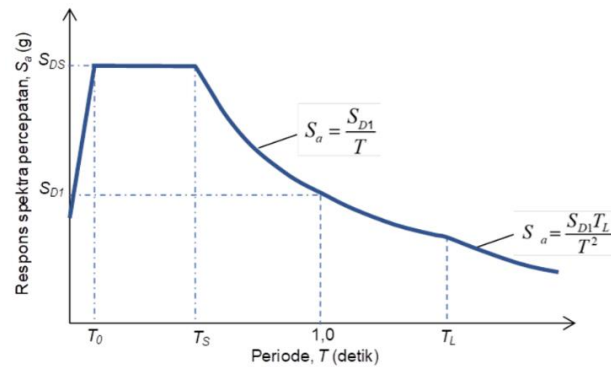
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.13)$$

4. Untuk periode yang lebih besar dari T_L , respon spektral percepatan desain, S_a , diambil menurut persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} \times T_L}{T^2} \quad (2.14)$$

Keterangan:

- S_{DS} = Parameter respons spektral percepatan desain selama periode singkat
- S_{D1} = Parameter respons spektral percepatan desain selama periode 1 detik
- T = Periode getaran fundamental struktur



Gambar 2. 3 Respons spectra

Sumber : BSN, (2019)

2.4.3.7. Kategori Desain Seismik

Suatu struktur harus ditetapkan memiliki kategori desain seismik yang diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 6.5. Kategori desain seismik suatu lokasi struktur tergantung kepada kategori resiko dan nilai parameter repons percepatan periode pendek (S_{DS}), ditentukan dalam tabel 2.11 dan 2.12 dibawah ini:

Tabel 2. 11 Kategori Resiko S_{SD}

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 : BSN, (2019)

Tabel 2. 12 Kategori Resiko S_{S1}

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

Sumber : BSN,(2019)

2.4.3.8. Parameter Sistem Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diizinkan untuk digunakan untuk menahan gaya gempa di setiap arah dari dua sumbu ortogonal struktur. Bila digunakan sistem yang berbeda, maka nilai R^a , Ω_0^b , C_d^c , dan masing-masing harus diterapkan pada masing-masing sistem, termasuk batasan sistem struktur yang tercantum pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Faktor R^a , C_d^c , dan Ω_d^c untuk sistem pemikul gaya seismic

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan				
				Katgori desain seismik				
				B	C	D^e	E^e	F^f
SRPMK	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI
SRPMB	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI

Sumber: BSN, (2019)

Keterangan:

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

2.4.3.9. Periode Fundamental Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 periode fundamental pendekatan (T_a), harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t H_n^x \quad (2.15)$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental pendekatan

H_n = Adalah ketinggian struktur (m)

C_t & x = koefisien dari nilai parameter periode pendekatan

Tabel 2. 14 Nilai Parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,072	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,047	0,9
• Rangka baja dengan bresing eksentris	0,073	0,75
• Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,073	0,75
• Semua sistem struktur lainnya	0,049	0,75

Sumber: BSN, (2019)

Nilai maksimum periode bangunan (T_a maksimum) ditentukan oleh rumus:

$T_{a maks}$ = Nilai batas atas periode bangunan

C_u = Ditentukan dari Tabel 2.15

Tabel 2. 15 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter Percepatan Respons Spektra Desain Pada 1 Detik S_{DI}	Koefisien (C_u)
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber: BSN, (2019)

2.4.3.10. Perhitungan Koefisien Respon Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1.1 Koefisien respons seismik C_s harus ditentukan sesuai dengan mengikuti persamaan:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} \quad (2.16)$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan (31) tidak perlu melebihi berikut ini: Untuk $T \leq L$

$$C_{smaks} = \frac{S_{DS}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.17)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_{smin} = \frac{S_{DS}}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)} \quad (2.18)$$

C_s harus tidak kurang dari $C_s = 0,044 S_{DS} \times I_e \geq 0,01$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\frac{R}{I_e}} \quad (2.19)$$

Keterangan:

- I = Faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2019 Tabel 4)
- C_s = Koefisien respons seismik (SNI 1726:2019 Tabel 12)
- C_{smaks} = Koefisien respons seismik maksimum (detik)
- C_{smin} = Koefisien respons seismik minimum
- T = Periode getar fundamental struktur
- R = Koefisien modifikasi

2.4.3.11. Pengaruh arah pembebanan gempa

Dalam menentukan arah pembebanan gempa, digunakan arah utama pembebanan yang paling kritis sehingga memberikan pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan.

Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan Gaya seismik pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan berikut: 100 % Gaya untuk satu arah ditambah 30 % Gaya untuk arah tegak lurus.

2.4.3.12. Analisis Statik Ukuivalen

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.1, Gaya geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditentukan diperoleh dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_S \times W \quad (2.20)$$

Keterangan:

W = Berat seismik efektif

C_S = Koefisien respons seismik

2.4.3.13. Analisa Respons Spektrum Ragam

Analisa respons spektrum ragam harus memiliki jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon model. Dan sebagai alternatif izin minimal 90 persen, sesuai dengan pasal 7.9.1.1 SNI 1726-2019.

2.4.3.14. Faktor Skala Gempa

Dalam perhitungan nilai gaya gempa, perbandingan gaya gempa statis dan dinamis harus besar sama dengan satu, sesuai pasal 7.9.2.5.2 SNI 1726:2019, maka digunakan persamaan :

$$\eta_y = \frac{V_x}{V_{IX}} \geq 1,0 \quad (2.21)$$

$$\eta_y = \frac{V_Y}{V_{IY}} \geq 1,0 \quad (2.22)$$

2.5. Simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai adalah pergeseran posisi (defleksi) antara pusat massa sebuah lantai dengan lantai yang berada di atas atau di bawahnya akibat dari penyerapan beban yang dialami oleh struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.8.6, simpangan antar lantai hanya ada kinerja batas ultimit saja tanpa mempertimbangkan kinerja batas layannya. Defleksi pusat massa di tingkat x (δx) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2.23)$$

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1, Simpangan antar lantai ini tidak boleh melebihi dari batas-batas yang ditentukan. Untuk semua struktur lainnya yang termasuk dalam kategori resiko gedung I dan II, batas simpangan antar lantai ultimitnya (Δ_a) tidak boleh melebihi dari:

$$\Delta_a = 0,020 h_{SX} \quad (2.24)$$

$$\Delta \leq \Delta_a$$

Tujuan dari pemberian batasan ini adalah agar struktur tidak terlalu kaku (*Rigid*) dan tidak terlalu melentur. Struktur yang terlalu kaku tidak memberikan

adanya tanda-tanda kerusakan struktur dan struktur yang terlalu melentur memberikan efek yang tidak nyaman pada penghuni.

Keterangan:

δ_x = Simpangan pusat massa di tingkat-x (mm)

C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 13

δ_{xe} = Simpangan ditingkat-x yang disyaratkan pada pasal ini, yang ditentukan dengan analisis elastik

I_e = Faktor keutamaan gempa

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat, (mm)

Δ = simpangan antar tingkat desain

2.6. Beban Kombinasi Metode Ultimit

2.6.1. Kombinasi Pembebanan Dasar

Struktur serta komponen elemen struktur harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726:2019 sebagai berikut:

$$1) \quad 1,4D \quad (2.25)$$

$$2) \quad 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (2.26)$$

$$3) \quad 1,2D + 1,6L (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (2.27)$$

$$4) \quad 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (2.28)$$

$$5) \quad 0,9D + 1,0W \quad (2.29)$$

2.6.2. Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Beban Gempa

Jika suatu struktur menerima pengaruh beban gempa, maka kombinasi beban Berikut ini harus diperhitungkan bersama-sama dengan kombinasi beban

dasar di atas. Pengaruh beban seismik yang paling menentukan harus dipertimbangkan, tetapi tidak perlu dihitung dengan beban angin. Jika efek beban gempa dirujuk, $E = f(E_v, E_h)$ digabungkan dengan pengaruh beban lain, kombinasi beban gempa yang harus digunakan adalah:

$$1. 1,2 D + E_v + E_h + L \quad (2.30)$$

$$2. 0,9 D - E_v + E_h \quad (2.31)$$

2.6.3. Pengaruh beban seismik horizontal

Pengaruh beban gempa horizontal, E_h , harus ditentukan menurut persamaan sebagai berikut:

$$E_h = \rho \cdot Q_E \quad (2.32)$$

Keterangan:

Q_E = pengaruh gaya gempa horizontal V atau F_p , Jika diperlukan dalam efeknya harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara simultan dalam dua arah saling tegak lurus.

ρ = adalah faktor redundansi

2.6.4. Pengaruh beban seismik vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal, E_v , harus ditentukan menurut persamaan berikut:

$$E_v = 0,2 \times S_{SD} \times D \quad (2.33)$$

Keterangan:

S_{SD} = parameter percepatan respon spektral desain dalam waktu singkat

D = efek beban mati.

2.7. Perencanaan Bangunan Tahan Gempa

Pada Saat mendesain bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan untuk menjamin keselamatan penghuni dan meminimalkan kerusakan bangunan akibat gempa besar. Oleh karena itu, perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus kuat, kaku dan cukup stabil untuk mencegah bangunan runtuh.

Struktur bangunan gedung seismik yang dirancang harus mampu menahan perubahan beban yang berubah menjadi perilaku inelastis tanpa mengurangi kekuatan secara signifikan. Oleh karena itu energi akibat gempa harus diserap oleh struktur yang terkena dalam bentuk kapasitas deformasi inelastis, kemampuan ini disebut daktilitas struktur dan menjadi patokan dalam perencanaan bangunan tahan gempa.

Sambungan balok-kolom dirancang sebagai elemen struktur yang luluh (secara plastis) ketika struktur balok dikenai beban gempa. Semakin tinggi daktilitas suatu struktur, maka kekuatan ultimit struktur dan kemampuannya untuk berdeformasi semakin meningkat. Struktur bangunan tahan yang baik adalah struktur yang menunjukkan tanda-tanda kerusakan selama terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, struktur balok dirancang untuk agar mengalami leleh sesuai konsep *weak beam-strong kolom*.

2.7.1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Berdasarkan SNI 1726-2019 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan untuk gaya lateral terima

oleh rangka sebagai pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a) SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)

SRPMB memiliki tingkat daktilitas terbatas hanya untuk didaerah dengan resiko gempa yang rendah dan hanya untuk memikul desain seismik dengan kategori B. Kategori B merupakan kategori desain seismik dengan nilai parameter respons percepatan periode pendek $0,167 \leq S_{DS}$ dan termasuk bangunan kategori I, II dan III

b) SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)

SRPMM memiliki tingkat daktilitas sedang dan cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa sedang dan dengan kategori pemikul desain seismik B dan C. Kategori C adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada nilai parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $0,33 \leq S_{SD} < 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

c) SRPMK (Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus)

SRPMK memiliki daktilitas tinggi atau daktilitas penuh cocok digunakan di daerah dengan risiko seismik tinggi dan dengan kategori desain seismik dalam B, C, D, E, dan F. Kategori D adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai $S_{SD} \geq 0,50$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Desain seismik kategori D adalah kategori dengan nilai $S_{D1} \geq 0,75$ serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

2.7.2. Balok SRPMK

Dalam mendesain balok SRPMK, penulangan transversal dan penulangan longitudinal balok diberikan batasan sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019. Pada pasal 18.6 untuk balok rangka momen khusus yang menahan beban lateral yang diinduksi oleh pergerakan gempa. Pada standar sebelumnya, setiap komponen rangka yang terkena gaya tekan aksial terfaktor melebihi ($\text{Agf}'c/10$) akibat setiap kombinasi beban harus diproporsionalkan dan didetailkan seperti yang dijelaskan dalam pasal 18.7. Balok harus memenuhi standar sesuai SNI 2847-2019 pasal 18.6.2.1:

- a) Bentang bersih, l_n , harus minimal $4d$.
- b) Lebar penampang b_w , harus sekurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
- c) Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

2.7.3. Kolom SRPMK

Kolom SRPMK merupakan bagian sistem pemikul gaya seismik dan utamanya didesain untuk menahan gaya lentur geser dan aksial. Kekuatan aksial minimum yang diterima oleh kolom sebesar $0,1\text{Agf}'c$. Pada pasal 18.7.2.1 kolom harus memenuhi standar dimensi sebagai berikut:

- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

Untuk kekuatan lentur minimum kolom sendiri mengikuti aturan SNI 2847-2019 pada pasal 18.7.3.2

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 M_{nb} \quad (2.34)$$

Keterangan:

M_{nc} = Kekuatan lentur nominal kolom yang mendekati joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

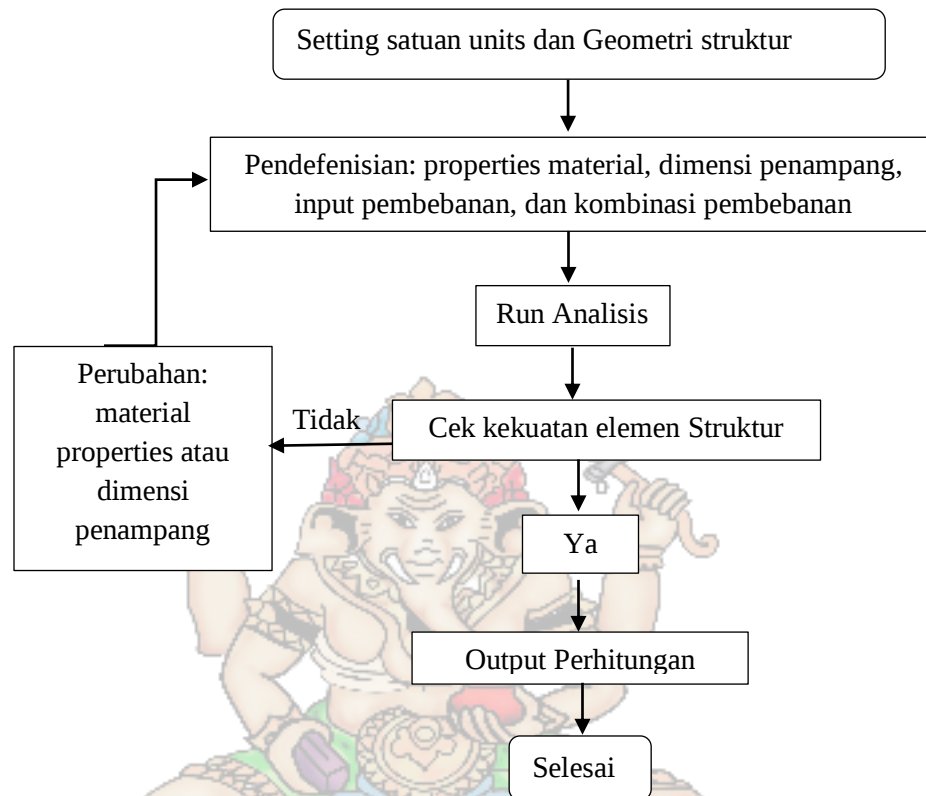
M_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, dimana pelat dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint.

2.8. Software SAP 2000

SAP 2000 merupakan program untuk menghitung kekuatan struktur khususnya gedung bertingkat dan jembatan. Kinerja SAP 2000 membuat model struktural atau membangun portal. Kemudian diberikan beban kerja seperti beban hidup, beban mati, beban gempa, beban angin dan sebagainya.

Output dari program ini adalah momen, gaya geser, dan gaya normal yang diperlukan untuk keperluan perencanaan kebutuhan tulangan elemen struktur. fungsi dari penggunaan software SAP 2000 adalah pemodelan struktural, menganalisis, pemeriksaan optimasi desain yang dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan.

2.8.1. Pemodelan Struktur

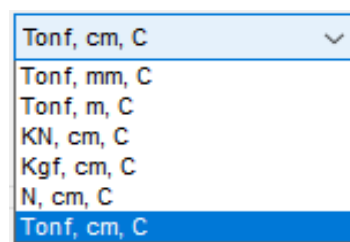


Gambar 2. 4 Tahapan Pemodelan Struktuk dengan SAP 2000

Tahapan pemodelan struktur dengan SAP 2000

1. Setting Satuan Unit

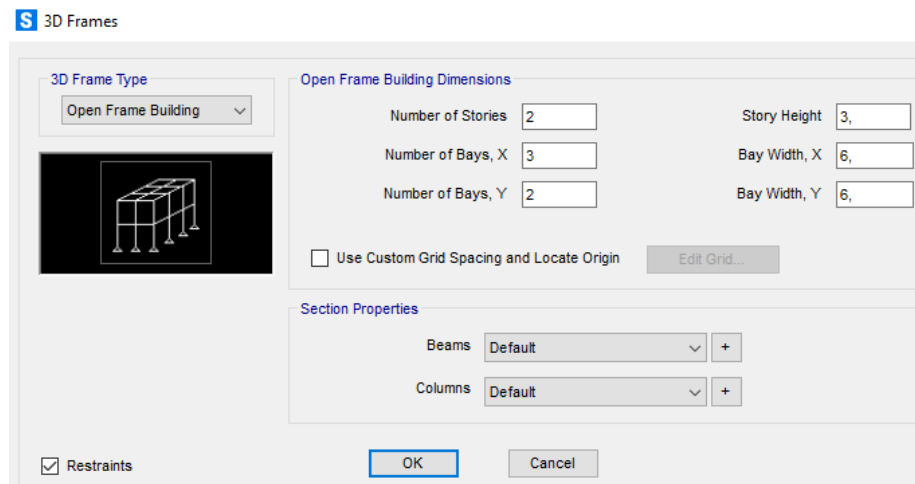
Sebelum membuat model struktur, hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengatur satuan unit. Hal Ini digunakan supaya bentuk dan ukuran pemodelan sama.



Gambar 2. 5 Satuan Unit

2. Geometri Struktur

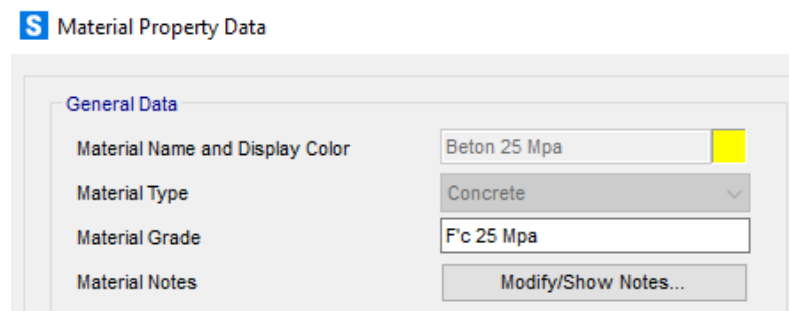
Geometri struktur merupakan tahap untuk menentukan panjang bentang dalam arah X, Y dan Z yang akan dimodelkan.



Gambar 2. 6 Define Grid System Data

3. Properties Material

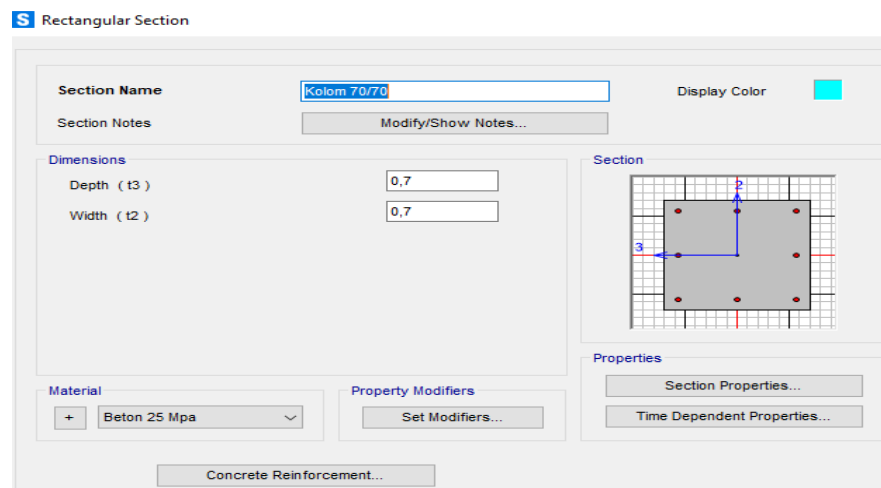
Properties material adalah tahapan yang dilakukan untuk material dapat berupa beton bertulang, baja, aluminium, dan lain-lain yang akan diinput kedalam program SAP2000. Data *properties* material diinput berdasarkan persyaratan dan peraturan yang berlaku di Indonesia. Tahapan penginputan *properties* material dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 7 Material *property* data

4. Dimensi Penampang

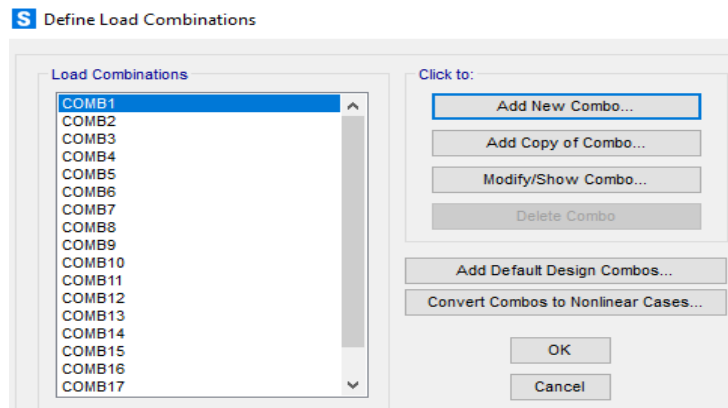
Pada tahap ini memasukkan data dimensi penampang kolom, balok dan pelat yang akan digunakan. Data dimensi yang diinput merupakan data yang telah ditentukan berdasarkan peraturan SNI 2847-2019. Tahapan penginputan dimensi penampang dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 8 Rectangular Section

5. Kombinasi Pembebanan

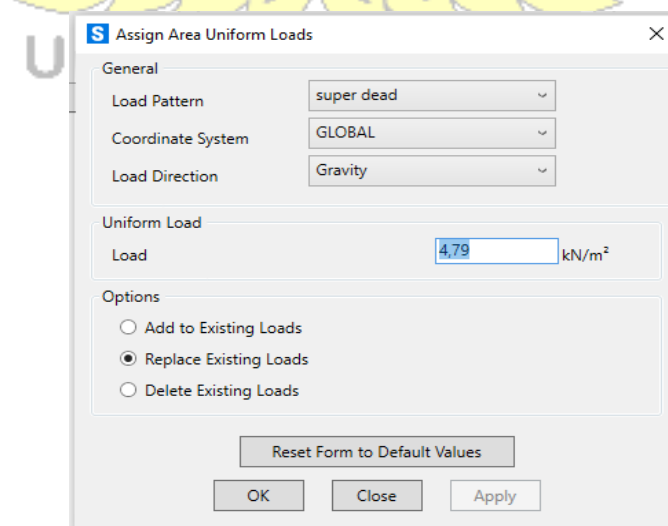
Kombinasi pembebanan digunakan Untuk memperoleh data berupa gaya atau beban maksimum yang akan diterima struktural yang telah dibuat buat. Kombinasi pembebanan yang diinput adalah beban mati sendiri (DL), beban mati tambahan (SIDL), beban hidup (LL), dan beban gempa pada menu *Define – Load Patterns*. Selanjutnya, beban yang bekerja pada elemen struktur tersebut akan dikalikan dengan angka kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847-2019 pada menu *Define – Load Combinations*.



Gambar 2. 9 *Define Load combination*

6. Input Pembebanan

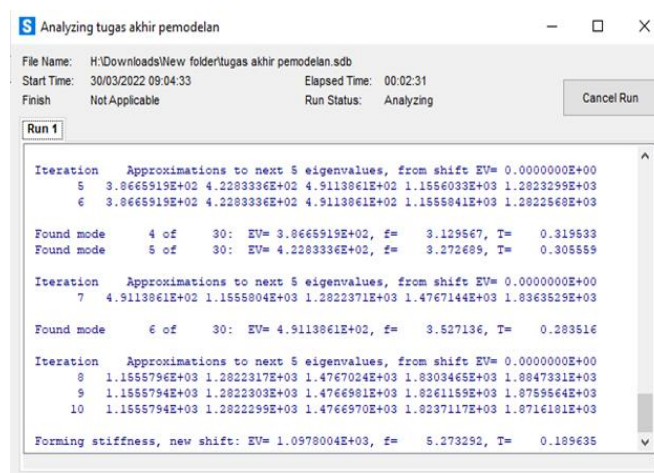
Ini merupakan tahapan pembebanan terhadap pemodelan struktur yang dibuat. Perhitungan pembebanan disesuaikan dengan beban apa saja yang dipikul oleh struktur yang akan ditinjau dan disesuaikan dengan peraturan yang berlaku. Merujuk pada standar yang dipakai pada penulisan tugas akhir ini. Sebelum menginput beban terlebih dahulu kita pastikan beban yang diinput memenuhi persyaratan yang berlaku untuk beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.



Gambar 2. 10 contoh menginput beban pada program

7. Running Program

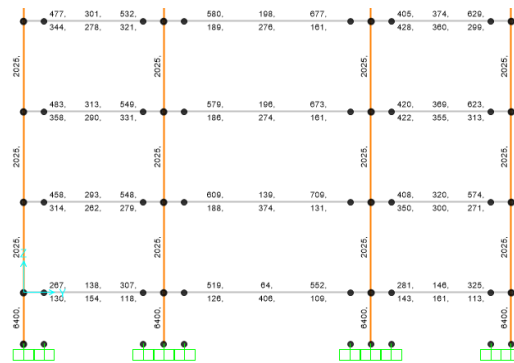
Proses *Running* merupakan proses analisis hasil inputan data yang sudah dilakukan pada proses sebelumnya. Proses ini, digunakan sebagai tolak ukur untuk dimensi balok dan kolom mampu menahan beban-beban yang telah diinput.



Gambar 2. 11 Proses *running*

8. Cek Kekuatan Elemen Struktur

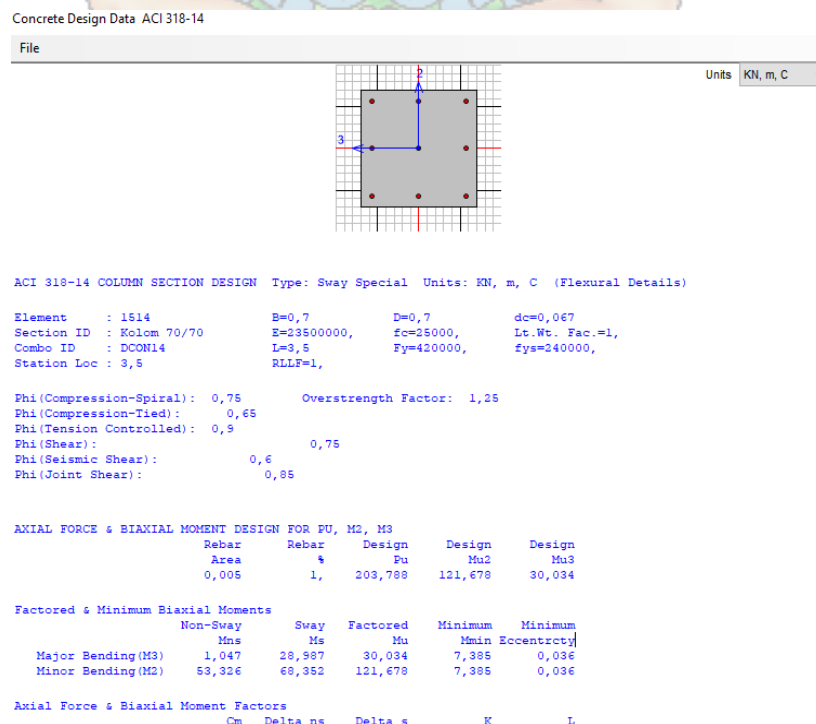
Setelah meranning program SAP 2000, selanjutnya mengecek semua komponen struktur masih dalam kondisi aman atau tidak. Ini dapat ditentukan dengan memeriksa rasio-stressnya, yang merupakan perbandingan antara gaya dalam ultimit (hasil beban kombinasi maksimum yang bekerja membebani struktur) dan kekuatan yang diizinkan dari setiap profil. Jika rasio-stressnya kurang dari 1 maka elemen struktur akan tetap dalam kategori aman, tetapi jika lebih besar dari satu, maka masuk kategori tidak aman (*over-stress*). Artinya, perlu mengganti dengan penampang profil yang lebih kuat.



Gambar 2. 12 nilai luas kebutuhan tulangan longitudinal

9. Output Perhitungan

Output perhitungan merupakan hasil akhir yang diperoleh dari semua tahapan yang telah diuraikan di atas, keakuratan dari hasil perhitungan ini sangat dipengaruhi oleh proses sebelumnya. Output hasil analisis pada program SAP 2000 yang akan ditinjau antara lain: gaya-gaya dalam pada struktur, simpangan, gaya geser dasar, dan luas tulangan.



Gambar 2. 13 Contoh Output Detail Desain Kolom