

# BAB I PENDAHULUAN

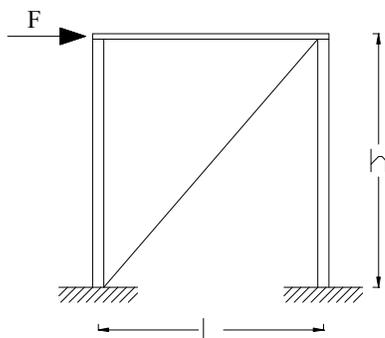
## 1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak pada pertemuan 4 lempeng aktif dunia yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Filipina. Ke empat lempeng bumi ini bergerak tepat di bawah Indonesia, Pergerakan lempeng besar dalam bentuk penumpuan dan papasan menimbulkan beberapa zona subduksi dan patah permukaan. Selain itu pergerakan ini akan membebaskan sejumlah energi yang telah terkumpul sekian lama secara tiba-tiba, di mana proses pelepasan tersebut menimbulkan getaran gempa dengan nilai yang beragam.

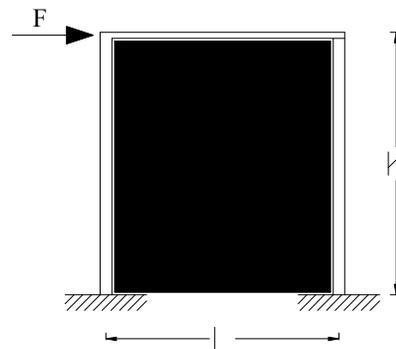
Gempa bumi yang akhir-akhir ini terjadi menyebabkan kerugian jiwa dan harta benda yang sangat besar, misalnya banyaknya bangunan yang mengalami keruntuhan sehingga memakan banyak korban. Hal ini terjadi karena adanya ketidakstabilan struktur. Oleh karena itu, desain struktur harus dibuat secara optimal dan efisien. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan kualitas baik dari segi bentuk maupun bahan material yang digunakan. Desain struktur dalam portal tiga dimensi bertingkat tinggi memerlukan perhatian khusus dalam hal gaya yang timbul akibat elemen struktur portal, diantaranya kapasitas momen dan gaya aksial. Selain hal itu, harus memperhatikan juga simpangan struktur akibat beban lateral.

Kestabilan sistem struktur portal tiga dimensi merupakan tujuan utama dari perancangan desain struktur. Hal ini dapat dicapai dengan cara :

- Perbesaran dimensi balok dan kolom.
- Penambahan pengaku lateral (bracing) pada elemen struktur portal.
- Pemasangan dinding geser (shearwall) pada struktur.



(a) Penambahan pengaku lateral  
(bracing)



(b) Pemasangan dinding geser

(shearwall)

*Gambar 1. 1 Kestabilan Struktur Portal.*

Bangunan tinggi rawan terhadap beban lateral akibat gempa dan angin. Salah satu solusi untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi dalam menahan beban lateral antara lain yaitu dengan pemasangan dinding geser (shear wall) sebagai sub sistim penahan beban lateral dari sistim struktur untuk menambah kekakuan struktur.

Dinding geser adalah slab yang dipasang dalam posisi vertikal pada sisi gedung tertentu yang berfungsi menambah kekakuan struktur dan menyerap gaya geser yang besar seiring dengan semakin tingginya struktur. Penggunaan dinding geser diharapkan dapat meningkatkan kestabilan struktur portal tiga dimensi. Selain itu fungsi dinding geser dalam suatu struktur bertingkat juga penting untuk menopang lantai pada struktur dan memastikannya tidak runtuh ketika terjadi gempa.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah difokuskan pada bagaimana menganalisis perubahan nilai simpangan horisontal dan perubahan kapasitas elemen balok-kolom tanpa dan dengan pemasangan dinding geser pada kasus struktur dalam portal tiga dimensi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang di jelaskan dalam penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pemasangan dinding geser pada kasus struktur dalam portal tiga dimensi. Penulis membatasi masalah penelitian ini dengan syarat sebagai berikut :

- a) Bangunan yang ditinjau adalah bangunan beton bertulang.
- b) Struktur gedung yang dibahas adalah struktur gedung tingkat tinggi segi 4 (empat) dengan 7 lantai + 1 lantai atap tanpa dan dengan pemasangan dinding geser.
- c) Struktur gedung yang dibahas difungsikan sebagai perkantoran.
- d) Struktur gedung yang dibahas ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan.
- e) Tidak mendesain pondasi
- f) Penelitian tidak membahas mengenai kapasitas struktur dinding geser.
- g) Penempatan lokasi gedung di daerah Medan, lokasi tanah menggunakan tipe lokasi D (tanah sedang).
- h) Bagian paling bawah kolom merupakan tumpuan jepit

- i) Beban-beban yang diinput meliputi:
  - 1. Beban mati/berat bangunan itu sendiri (*dead load*)
  - 2. Beban hidup (*live load*)
  - 3. Beban gempa (*earthquake*)
- j) Mutu bahan: beton  $f'c$  25 MPa dan baja  $f_y$  350 MPa
- k) Analisis manual menggunakan bantuan software Microsoft Excel 2016
- l) Analisis struktur ditinjau dalam bentuk 3 dimensi menggunakan bantuan program komputer

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

- 1. Mengetahui perubahan nilai simpangan horizontal
- 2. Perubahan kapasitas elemen balok-kolom tanpa dan dengan pemasangan dinding geser pada kasus struktur portal tiga dimensi.

#### **1.5 Manfaat penelitian**

Struktur bangunan bertingkat tinggi rawan terhadap beban lateral akibat gempa dan angin. Pada penelitian ini kita akan mengetahui kemampuan dinding geser untuk mereduksi beban lateral yang terjadi dan seberapa efektifkah pemasangan dinding geser pada sebuah struktur bertingkat tinggi.

Selain dari pada itu penelitian ini pun memberikan manfaat kepada penulis untuk memahami penggunaan program komputer dalam mendesain struktur portal 3D dan memberikan pemahaman cara menganalisis struktur portal tiga dimensi bertingkat tinggi, tanpa dan dengan penambahan dinding geser.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Secara umum, gempa bumi merupakan getaran permukaan tanah yang dapat disebabkan oleh :

- a. Keruntuhan tanah.
- b. Tumbukan antara meteor dan permukaan bumi.
- c. Peristiwa gunung api meletus.
- d. Peristiwa tektonik, yaitu gerakan lempeng atau kerak bumi.

Gempa bumi terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

Beban gempa yang akan ditanggung oleh struktur atau elemen struktur tidak selalu diramalkan dengan tepat sebelumnya, maka seorang perencana dituntut untuk dapat lebih memahami tentang perancangan struktur tahan gempa sehingga tidak hanya sekedar mengikuti begitu saja dalam mendesain gedung tetapi harus sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.

Tujuan dari adanya Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung ialah agar struktur gedung yang ketahanan gempanya direncanakan dapat berfungsi :

- a. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat.
- b. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.
- c. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
- d. Mempertahankan setiap saat layanan vital dari fungsi gedung.

Dalam merancang suatu struktur bangunan harus diperhatikan kekakuan, kestabilan struktur dalam menahan segala pembebanan yang dikenakan padanya, serta bagaimana perilaku struktur untuk menahan beban tersebut.

Hal yang perlu diperhatikan dalam suatu struktur adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama yang di lantai atas. Semakin tinggi gedung defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas.

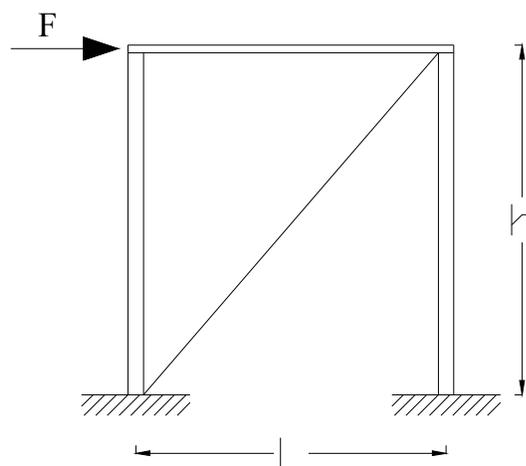
Pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban.

Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

- a. Tidak terjadi kerusakan samasekali pada gempa kecil.
- b. Ketika gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan asitektural tetapi bukan merupakan kerusakan structural
- c. Diperbolehkan terjadinya kerusakan stuktural dan non-struktural pada gempa kuat, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

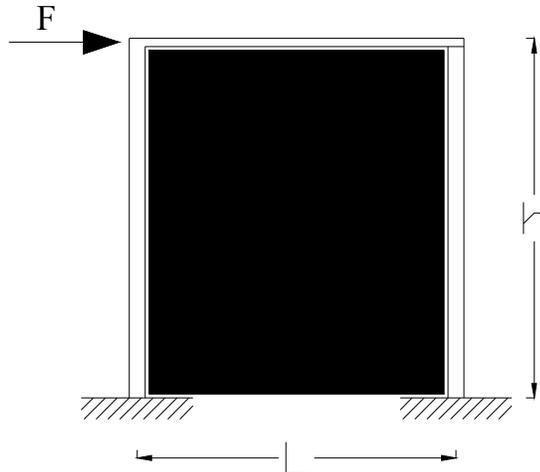
Terdapat beberapa cara untuk menjamin kestabilan pada suatu struktur, yang akan meminimalisir defleksi lateral pada suatu struktur bangunan tinggi. Antara lain:

- a. Menambahkan elemen struktur diagonal pada struktur, sehingga struktur tidak mengalami deformasi menjadi jajaran genjang. Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan elemen struktur diagonal gaya-gaya yang dikenakan pada struktur akan disebarkan keseluruh bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya-gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil.



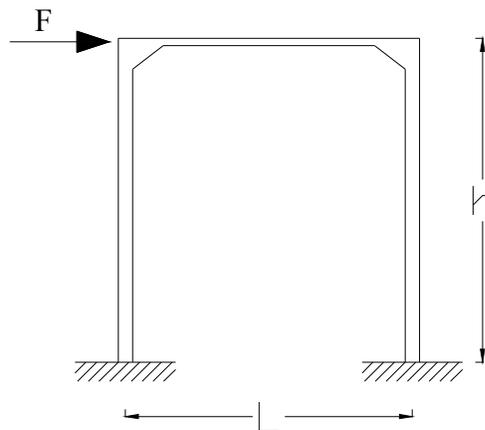
Gambar 2. 1 Penambahan elemen struktur diagonal pada struktur

- b. Dengan menggunakan dinding geser. Elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku, yang tentunya dapat menahan deformasi akibat beban horisontal dan simpangan horisontal yang akan dihasilkan akan lebih kecil.



Gambar 2. 2 Penambahan dinding geser

- c. Dengan mengubah hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku diantara elemen struktur sebagai contoh meja adalah struktur stabil karena adanya titik hubung kaku di antara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan di antara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi lebih kaku.



Gambar 2. 3 Pengerkakan sambungan

Dari beberapa cara di atas, penulis hanya akan terfokus pada cara pengakuan struktur bangunan tinggi dengan penambahan dinding geser.

## 2.1 Dinding Geser (shear wall)

Dinding Geser (Shear Wall) adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya Shear Wall / dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut.

Dinding geser biasanya ditempatkan di luar, di dalam ataupun berupa inti yang memuat ruang lift atau tangga. Perencanaan dinding geser yang baik tidak terlepas dari pemilihan bentuk dinding, lokasi penempatannya pada denah serta bentuk ragam keruntuhannya. Berikut ini susunan geometris dan bentuk-bentuk dasar yang umum pada dinding geser.

Fungsi shear wall / dinding geser ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan, artinya :

1. Kekuatan
  - a. Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
  - b. Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban di bawah mereka, seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dinding.
2. Kekakuan
  - a. Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi - goyangan yang berlebihan.
  - b. Bangunan yang cukup kaku jarang terjadi kerusakan struktural.

Berdasarkan letak dan fungsinya, shear wall / dinding geser dapat diklasifikasikan dalam 3 jenis yaitu :

1. Bearing walls adalah dinding geser yang mendukung sebagian besar beban gravitasi. Tembok-tembok ini juga menggunakan dinding partisi antara partemen yang berdekatan.
2. Frame walls adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang. Tembok-tembok ini dibangun diantara baris kolom bagian dalam.
3. Core walls adalah dinding geser yang terletak di dalam wilayah inti pusat dalam 3 gedung, yang biasanya di isi tangga atau poros lift.

## **2.2 Pelat**

Plat adalah struktur yang berbentuk bidang datar (tidak melengkung), plat dapat dimodelkan sebagai plat satu arah maupun dua arah. Plat dapat ditumpu di seluruh tepinya, atau hanya pada titik-titik tertentu (misalnya oleh kolom-kolom), atau campuran antara tumpuan menerus dan titik. Kondisi tumpuan dapat sederhana atau jepit. Untuk merencanakan plat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan, tetapi juga ukuran dan syarat-syarat tumpuan pada tepi. Syarat yang harus dipenuhi bukan hanya kekuatan tapi juga kekakuannya. Plat selain sebagai penahan beban berlaku juga sebagai bagian pengaku lateral struktur

Syarat untuk menentukan tebal minimum pelat (SNI 2847-2019)

*Tabel 2. 1Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior*

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

Sumber : SNI 2847-2019

### 2.3 Balok

Perancangan balok beton bertulang bertujuan untuk menghitung tulangan dan membuat detail-detail konstruksi untuk menahan momen-momen lentur ultimate, gaya-gaya lintang dan momen-momen puntir dengan cukup kuat. Kekuatan suatu balok lebih banyak dipengaruhi oleh tinggi daripada lebarnya. Lebar yang sesuai dapat sepertiga sampai setengah dari tinggi, tetapi mungkin jauh lebih kecil untuk suatu balok tinggi, dan mungkin juga dipakai balok-balok yang

lebih lebar dan rendah untuk mempertahankan tinggiruangan. Diusahakan agar dimensi balokjangan terlalu sempit karena akan timbul kerusakan dalam menyediakan selimut beton dan jarak tulangan yang memadai. Menurut SNI 2847-2019, tinggi minimum balok dapat ditentukan dengan:

- Perlekatan sederhana

$$H = L_n/16 \quad (2.1)$$

- Menerus satu sisi

$$H = L_n/18.5 \quad (2.2)$$

- Menerus dua sisi

$$H = L_n/21 \quad (2.3)$$

- Kantilever

$$H = L_n/8 \quad (2.4)$$

Dan lebar minimum balok di tentukan dengan :

$$B = (1/2)*H \quad (2.5)$$

## 2.4 Kolom

Kolom-kolom di sebuah konstruksi berfungsi meneruskan beban- beban dari balok-balok dan plat-plat ke bawah sampai pondasi. Karenanya, kolom-kolom merupakan bagian konstruksi tekan, meskipun mungkin harus pula menahan gaya-gaya lentur akibat kontinuitas dari konstruksi. Perencanaan kolom memperhatikan batas tegangan (kekuatan) dan kekakuan untuk menghindari deformasi berlebihan dan tekuk. Daktail tulangan yang benar dan penutup beton yang cukup adalah penting. Perbandingan b/h dari kolom tidak boleh kurang dari 0.4.

Syarat menentukan dimensi kolom:

$$A_g = \frac{3*N_u}{0.85*f_c'} \quad (2.6)$$

$N_u = W_u$  = Beban ultimate yang dipikul kolom (kg)

$A_{gross}$  = Luas kolom yang dibutuhkan (cm<sup>2</sup>)

$f_c'$  = Mutu beton (Mpa)

## 2.5 Beban pada Bangunan

Beban yang berkerja pada suatu struktur ditimbulkan secara langsung oleh gaya-gaya alamiah atau manusia; dengan kata lain terdapat dua sumber beban dasar bangunan: geofisik dan buatan manusia.

Gaya-gaya geofisik, yang dihasilkan oleh perubahan-perubahan yang senantiasa berlangsung di alam dapat dibagi lagi menjadi gaya-gaya gravitasi, meteorologi, dan seismologi. Karena gravitasi, maka berat bangunan itu sendiri akan menghasilkan gaya struktur yang dinamakan beban mati (Dead load/DL), dan beban ini akan tetap berkerja sepanjang usia bangunan. Beban meteorology berubah menurut waktu dan tempat serta tampil berwujud angin, suhu, kelembaban, hujan, salju, dan es. Gaya-gaya seismologi di hasilkan dari gerak tanah yang tak teratur misalnya gempa bumi.

Pembebanan yang sumbernya buatan manusia dapat berupa ragam kejutan yang di timbulkan oleh kendaraan bermotor, elevator (lift), mesin dan sebagainya, dapat pula berupa pergerakan manusia dan barang.

## 2.5.1 Beban Gravitasi

### 2.5.1.1 *Beban Mati (Dead Load/DL)*

Beban mati dapat di kelompokkan kedalam dua kelompok utamabergantung pada gaya gravitasi yang berkerja pada suatu bangunan statis dan dinamik. Beban statis bersifat sementara; baban ini berubah menurut perubahan waktu dan musim atau menurut fungsi ruangan didalam atau pada suatu struktur.

Beban mati dapat di nyatakan sebagai gaya statis yang disebabkan oleh berat setiap unsur atau material didalam struktur. Gaya-gaya yang menghasilkan beban mati terdiri dari berat unsur pendukung beban dari bangunan, plat lantai, dinding dan seterusnya.

### 2.5.1.2 *Beban Hidup (Live load/LL)*

Beban hidup berbeda dengan beban mati karena sifatnya: beban hidup ini berubah ubah dan sulit diperkirakan. Perubahan beban hidup tidak hanya terjadi sepanjang waktu, tetapi juga sebagai fungsi tempat. Perubahan ini berjangka pendek ataupun bejangka panjang sehingga menjadi hampir mustahil untuk memdrakirakan beban-beban hidup secara statis.

Dengan adanya hal-hal yang tidak terduga pada bangunan tinggi, maka hampir mustahil untuk memperkirakan keadaan beban hidup yang mungkin terjadi yang akan mempengaruhi

struktural. Akan tetapi melalui pengalaman, penyelidikan dan analisis, nilai beban yang di anjurkan untuk berbagai penguunaan telah di kembangkan.

## 2.5.2 Beban Lateral

### 2.5.2.1 *Beban Gempa*

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Karena pondasi adalah titik singgung antara bangunan dengan tanah, maka gerak seismic bekerja pada bangunan dengan menghantam/menggoyang pondasi bolak-balik.

Besar gaya yang diterima struktur bangunan bergantung pada massa bangunan, percepatan gempa dan sifat struktur. Apabila pondasi dan bangunanya kaku, maka percepatan akan sama dengan percepatan permukaan, yaitu menurut hokum Newton

$$F = MA \quad (2.7)$$

## 2.6 Perencanaan Ketahanan Gempa

Struktur tahangempa adalah struktur yang tahan (tidak rusak dan runtuh) apabila terlanda gempa, bukan struktur yang semata-mata dalam perencanaannya sudah diperhitungkan dengan beban gempa.

### 2.6.1 Gempa Rencana dan Kategori Gedung

Sebagai gempa rencana dalam SNI 1726-2019 adalah gempa dengan periode ulang 2500 tahunan, atau gempa dengan kemungkinan terlampaui selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Istilah gempa 2500 tahunan bukan di artikan sebagai kejadian gempa yang terjadi 1 kali setiap 2500 tahun, namun lebih sebagai gambaran tentang probabilitas suatu percepatan yang memiliki kemungkinan 1/2500 untuk terjadi setiap tahunnya.

### 2.6.1.1 Faktor keutamaan gempa dan kategori risiko struktur bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non-gedung sesuai Tabel 2.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa Ie menurut Tabel 2.2.

Tabel 2. 2Kategori risiko

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li><li>✓ Fasilitas sementara</li><li>✓ Gudang penyimpanan</li><li>✓ Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li></ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Perumahan</li><li>✓ Rumah toko dan rumah kantor</li><li>✓ Pasar</li><li>✓ Gedung perkantoran</li><li>✓ Gedung apartemen/ rumah susun</li><li>✓ Pusat perbelanjaan/ mall</li><li>✓ Bangunan industry</li><li>✓ Fasilitas manufaktur</li><li>✓ Pabrik</li></ul>	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Bioskop</li></ul>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Gedung pertemuan</li> <li>✓ Stadion</li> <li>✓ Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>✓ Fasilitas penitipan anak</li> <li>✓ Penjara</li> <li>✓ Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <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 untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>✓ Fasilitas penanganan air</li> <li>✓ Fasilitas penanganan limbah</li> <li>✓ Pusat telekomunikasi</li> </ul> <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"> <li>✓ Bangunan-bangunan monumental</li> <li>✓ Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> </ul>	IV

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

Sumber : SNI 1726-2019

*Tabel 2. 3Faktor keutamaan Gempa*

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

Sumber : SNI 1726-2019

## 2.6.2 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- e. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka dan walaupun mempunyai loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing-masing arah, tidak kurang dari 75% ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya. Dalam hal ini, struktur rumah atap yang tingginya tidak lebih dari 2 tingkat tidak perlu dianggap menyebabkan adanya loncatan bidang muka.
- f. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Yang dimaksud dengan tingkat lunak adalah suatu tingkat, dengan kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.
- g. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- h. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.

- i. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun ada lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu, jumlahnya tidak boleh lebih dari 20% jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar ini analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan tersebut diatas ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

### 2.6.3 Faktor Reduksi Maksimum ( $R_m$ )

Faktor reduksi ( $R_m$ ) digunakan untuk menentukan sistem struktur untuk mengakomodasi beban gempa. Penentuan sistem struktur didasarkan pada hasil-hasil pengujian kualifikasi yang menunjukkan rotasi inelastis.

*Tabel 2. 4Faktor Reduksi*

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R
C. Sistem rangka pemikul momen	
Rangka baja pemikul momen khusus	8
Rangka batang baja pemikul momen khusus	7
Rangka baja pemikul momen menengah	4 <sup>1/2</sup>
Rangka baja pemikul momen biasa	3 <sup>1/2</sup>
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R
Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3
Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautann	3 <sup>1/2</sup>

Sumber : SNI 1726-2019

#### 2.6.4 Wilayah Gempa

Getaran permukaan tanah saat terlanda gempa berbeda-beda dari satu tempat dengan tempat lain yang disebabkan oleh :

- a) Besar gempa
- b) Jarak dari sumber gempa
- c) Jenis tanah
- d) Keadaan topografi, Dll

Hal ini yang menyebabkan Perbedaan respons spektrum dari satu tempat ke tempat yang lain dapat berbeda-beda.

##### 2.6.4.1 Peta- peta gerak tanah seismic dan koefisien resiko

###### 1. Peta pergerakan tanah seismic

Berdasarkan SNI 1726-2019 menjelaskan peta-peta gerak tanah seismic dan koefisien risiko dari gempa maksimum yang dipertimbangkan (Maximum Considered Earthquake, MCE) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 sampai Gambar 2.8, yang diperlukan untuk menerapkan ketentuan-ketentuan beban gempa dalam standar ini. Gambar 2.9 menunjukkan peta transisi periode panjang TL yang dapat digunakan dalam aturan seismic terkait.

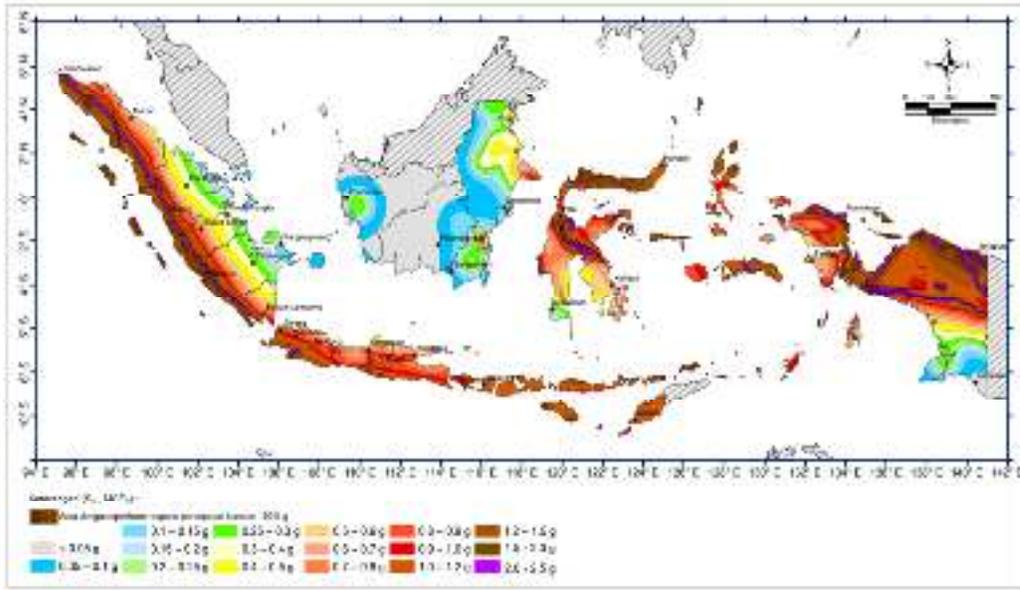
Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 menunjukkan peta gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) parameter-parameter gerak tanah  $S_s$  dan  $S_1$ .  $S_s$  adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada periode pendek, teredam 5 %, sebagaimana yang dijelaskan dalam 0 adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa MCER risiko-tertarget pada periode 1 detik, teredam 5 %, sebagaimana yang dijelaskan dalam 0.

Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 menunjukkan nilai-nilai CRS dan CR1. CRS adalah koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respons periode pendek yang digunakan dalam 0. CR1 adalah koefisien risiko terpetakan untuk spektrum respons periode 1 detik yang digunakan dalam 0.

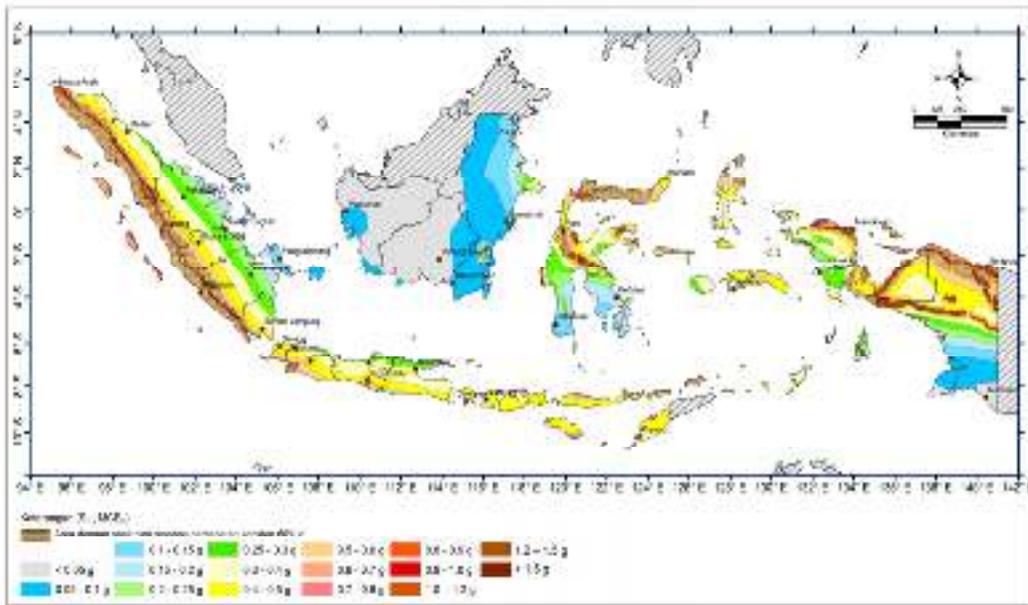
Pada pasal ini juga diberikan Gambar 2.7, yang menyajikan gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG), percepatan tanah puncak, dalam g.

Nilai-nilai kontur percepatan puncak dijelaskan sebagai berikut:

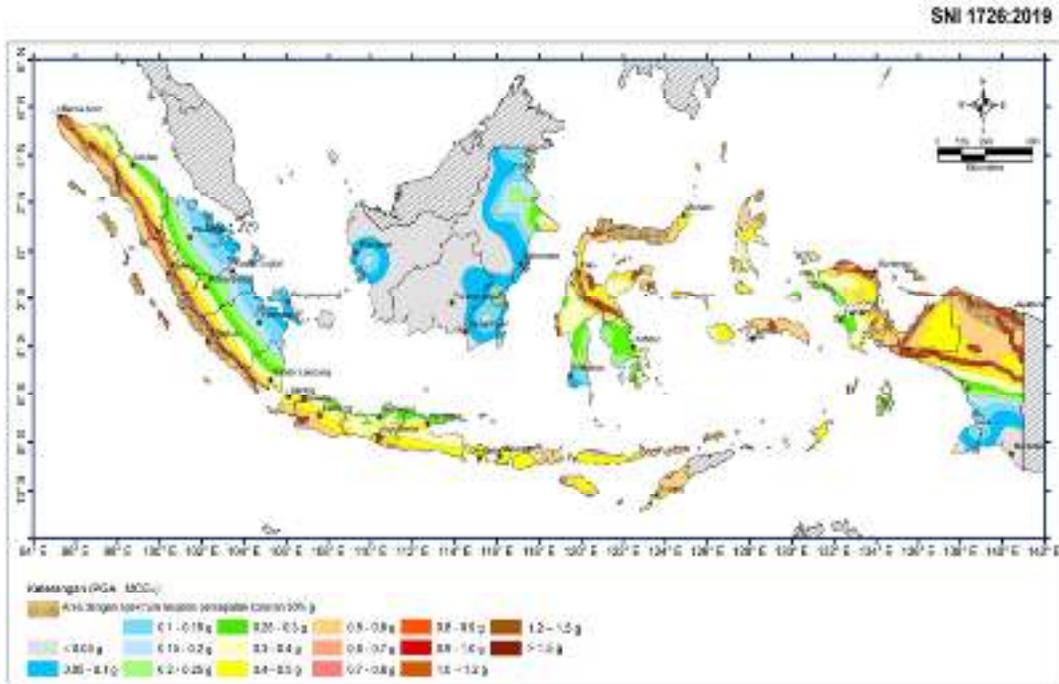
1. Target risiko pada struktur saat mengalami keruntuhan didefinisikan sebanding dengan 1 % kemungkinan keruntuhan bangunan dalam 50 tahun, berdasarkan kekuatan umum struktur. Dalam kaitan ini, MCER risiko-tertarget didefinisikan sebagai nilai spektral  $S_s$  dan  $S_1$  MCE 2 % kemungkinan terlampaui dalam 50 tahun dikalikan dengan koefisien risiko, masing-masing CRS dan CR1 (sesuai Gambar 18 dan Gambar 19, yang dalam ketentuan tata cara ini nilai-nilai tersebut bervariasi antara 0,85 sampai 1,15)
2. Faktor pengali 1,1 pada periode 0,2 detik dan faktor pengali 1,3 pada periode 1 detik diterapkan terhadap nilai rata-rata geometrik hasil analisis bahaya (hazard) gempa untuk memperhitungkan arah percepatan maksimum;
3. Batas atas deterministik digunakan pada daerah dekat sesar aktif dengan mengambil faktor pengali 1,8 kali dari nilai tengah percepatan puncak hasil analisis bahaya gempa deterministik (faktor 1,8 kali nilai median digunakan untuk merepresentasikan respons 84th percentile), dan nilai spektral tidak kurang 1,5g untuk periode 0,2 detik dan tidak kurang dari 0,6g untuk periode 1 detik.



Gambar 2.4 Parameter gerak tanah  $S_s$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk  
 Sumber: SNI 1726-2019

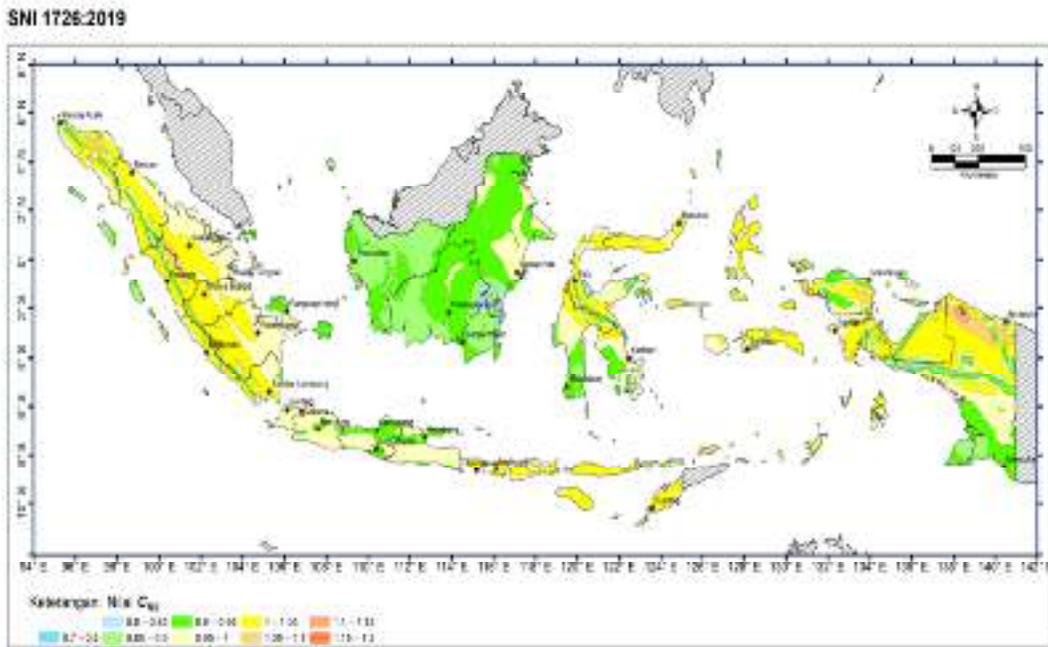


Gambar 2.5 Parameter gerak tanah,  $S_1$ , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk  
 Sumber: SNI 1726-2019



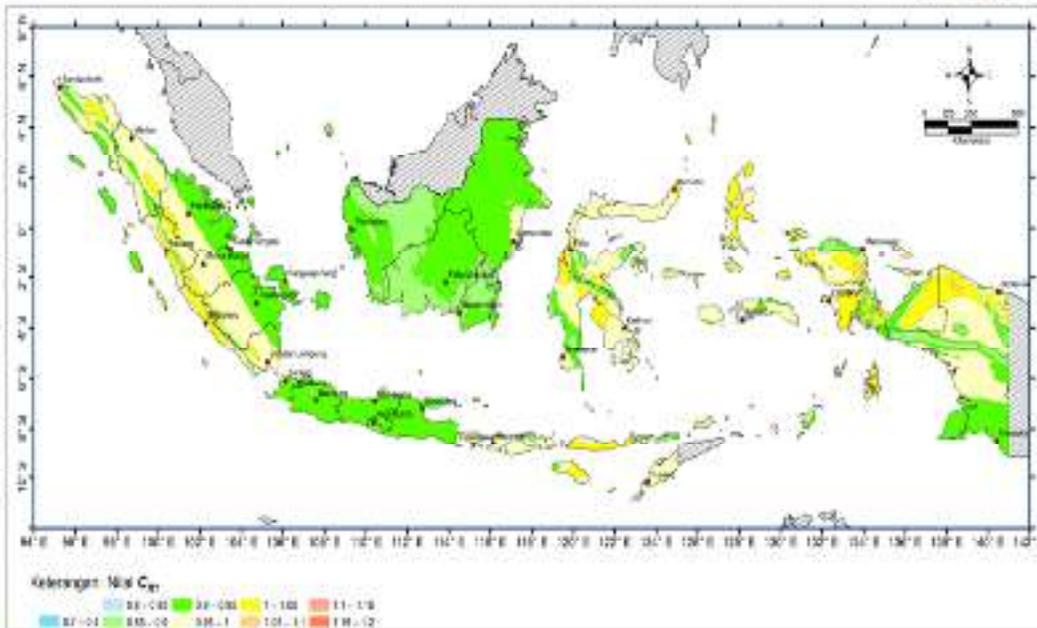
Gambar 2. 6PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia

Sumber: SNI 1726-2019

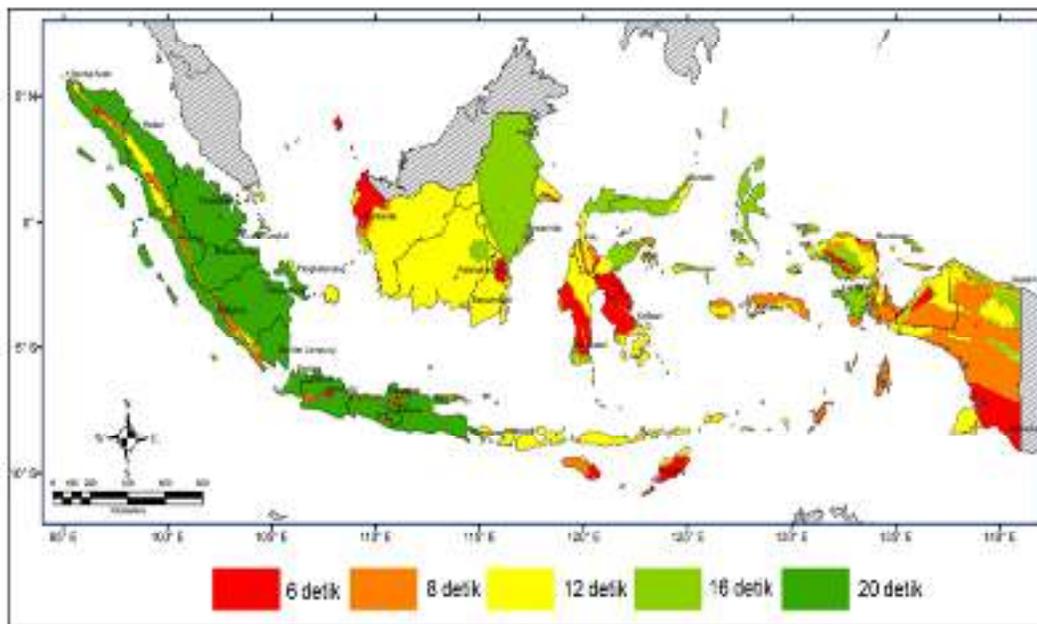


Gambar 2. 7CRS, Koefisien risiko terpetakan, periode spektrum respons 0,2-detik

Sumber: SNI 1726-2019



Gambar 2. 8CRI, Koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 detik  
Sumber: SNI 1726-2019



Gambar 2. 9. Peta transisi periode panjang, TL, wilayah Indonesia  
Sumber: SNI 1726-2019

2. koefisien resiko atau koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Koefisien resiko atau koefisien-koefisien situs diperoleh berdasarkan 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:

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

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

Keterangan:

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek;

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1,0 detik.

Dengan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 2.5 dan Tabel 2.6. Jika kelas situs SE digunakan sebagai kelas situs berdasarkan 0, maka nilai  $F_a$  tidak boleh kurang dari 1,2. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 0, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai 0 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

Tabel 2. 5 Koefisien Situs,  $F_a$

Koefisien situs, $F_a$							
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$						
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 0,9$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	0.9	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	1.2
SD	1.6	1.4	1.2	0.14	1.1	1	1
SE	2.4	1.7	1.3	1.18	1.1	0.9	0.8
SF	SS						
Koefisien situs, $F_v$							

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel 2. 6. Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S1					
	S1 ≤ 0,1	S1 = 0,2	S1 = 0,3	S1 = 0,4	S1 = 0,5	S1 ≥ 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	1.9	1.8	1.7
SE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2
SF	SS					

Sumber: SNI 1726-2019

### 3. Parameter percepatan spectral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

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

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

### 4. Spectrum respon desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.9 dan mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan berikut:

$$S_a = S_{DS} (0.4 + 0.6 T/T_0) \quad (2.12)$$

- 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  $S_{DS}$ :
- Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = SD1/T \quad (2.13)$$

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

$$S_a = SD1TL/T^2 \quad (2.14)$$

Keterangan:

SDS = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

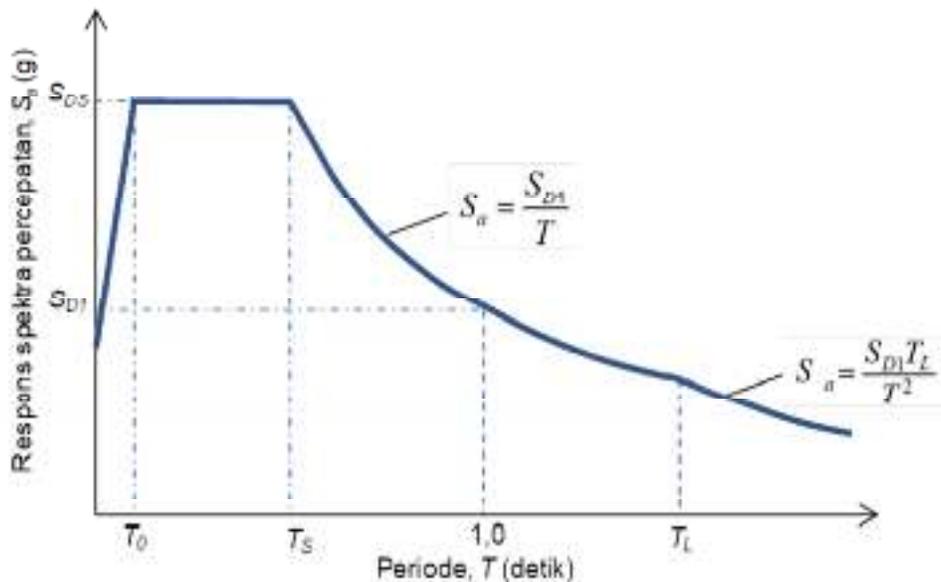
SD1 = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

T = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0.2 SD1/SDS \quad (2.15)$$

$$T_S = SD1/SDS \quad (2.16)$$

TL = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada Gambar 2.9 yang nilainya diambil dari Gambar 2.8



Gambar 2. 10. Spectrum respons desain  
Sumber: SNI 1726-2019

#### 5. Perhitungan koefisien respon seismik

Menurut SNI 1729-2019 Koefisien respons seismik,  $C_s$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$C_s = S_{DS}/(R/I_e) \quad (2.17)$$

Keterangan:

SDS = parameter percepatan respons spektral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

R = koefisien modifikasi respons dalam Tabel 12

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0.

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan persamaan 2.17 tidak perlu melebihi berikut ini:

Untuk  $T < T_L$

$$C_s = S_{D1}/T(R/I_e) \quad (2.18)$$

Untuk  $T > T_L$

$$C_s = S_{D1}T_L/T^2(R/I_e) \quad (2.19)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0.044 S_{DS}I_e > 0.01 \quad (2.20)$$

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:

$$C_s = 0.5S_1/(R/I_e) \quad (2.21)$$

Keterangan:

di mana  $I_e$  dan  $R$  sebagaimana didefinisikan dalam 0, dan

$S_{D1}$  = parameter percepatan respons spektral desain pada periode sebesar 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam 0

$T$  = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0

$S_1$  = parameter percepatan respons spektral maksimum yang dipetakan yang ditentukan sesuai 0

## 2.6.5 Waktu Getar Alami Fundamental

Periode fundamental struktur,  $T$ , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur,  $T$ , tidak boleh melebihi hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 17 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang ditentukan sesuai 0. Sebagai alternatif dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur,  $T$ , diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan,  $T_a$ , yang dihitung sesuai 0.

Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Tabel 2. 7 Koefisien  $C_u$

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $SD1$	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 : SNI 1726-2019

### 2.6.5.1 Periode fundamental pendekatan

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_a^x \quad (2.22)$$

Keterangan:

$h_a$  : ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 2.8

Tabel 2. 8 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	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem pemikul gaya seismik terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m:

$$T_a = 0,1N \quad (2.23)$$

Keterangan:

$N$  = jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , diizinkan menggunakan persamaan berikut

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \quad (2.24)$$

dimana  $h_n$  didefinisikan di atas dan  $C_w$  dihitung dari persamaan sebagai berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_t}{1+0,83\left(\frac{h_n}{D_i}\right)^2} \quad (2.25)$$

Keterangan:

$A_B$  = luas dasar struktur (m<sup>2</sup>)

- $A_i$  = luas badan dinding geser ke- (m<sup>2</sup>)  
 $D_i$  = panjang dinding geser ke- (m)  
 $x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

#### 2.6.6 Arah Pembebanan Gempa

Menurut SNI 1726-2019, dalam perencanaan struktur gedung arah pembebanan gempa harus ditentukan sedemikian rupa agar memberikan pengaruh terhadap struktur gedung secara keseluruhan. Pengaruh pembebanan gempa harus dianggap efektif 100% pada arah sumbu utama dan terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa arah tegak lurus sumbu utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%.

#### 2.6.7 Geser dasar seismic

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

$$V = C_s W \quad (4.26)$$

Keterangan :

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif

#### 2.6.8 Distribusi horizontal gaya seismik

Gaya seismik lateral,  $F_x$ , di sebarang tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.27)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (2.28)$$

Keterangan:

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

- $w_i$  dan  $w_x$  = Bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$
- $h_i$  dan  $h_x$  = Tinggi dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$  (m)
- $k$  = Eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:  
 untuk struktur dengan  $T \leq 0,5$  detik, = 1  
 untuk struktur dengan  $T \geq 2,5$  detik, = 2  
 untuk struktur dengan  $0,5 < T < 2,5$  detik, = 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Geser tingkat desain seismik di semua tingkat,  $V_x$  harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (2.29)$$

Keterangan:

$F_i$  adalah bagian dari geser dasar seismik ( $V$ ) pada tingkat ke- $i$

Geser tingkat desain seismik,  $V_x$  harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem pemikul gaya seismik di tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen pemikul vertikal dan diafragma.

## 2.7 Kinerja Struktur

### 2.7.1 Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan nonstruktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $\frac{0,03}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana yang nilainya terkecil.

Keterangan

$R$  : Faktor reduksi gempa (tabel 2.4)

### 2.7.2 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antartingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali  $\xi$  sebagai berikut :

- a. Untuk struktur gedung beraturan :

$$\xi = 0,7 R \quad (2.30)$$

- b. Untuk struktur gedung tidak beraturan :

$$\xi = \text{FaktorSkal} \text{ a } 0,7R \quad (2.31)$$

dengan R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

## 2.8 Kontrol Terhadap Simpangan Horizontal

Berdasarkan pada buku Struktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi oleh Ir. Hartono Poerbo, M.Arch menyebutkan bahwa suatu struktur bertingkat tinggi harus melalui pemeriksaan pelampauan tegangan batas bahan struktur, juga harus diperiksa simpangan horizontalnya. Simpangan horizontal bangunan tinggi tidak boleh melebihi 0.002 tinggi total gedung.

Jika ditinjau pada sumbu lemah struktur (arah X) yang mana jika sumbu lemah sudah sesuai dengan kontrol maka sudah bisa dipastikan bahwa sumbu kuatnya juga kaku.

Berdasarkan hasil analisis maka didapatkan kontrol simpangan horizontal sebagai berikut:

$$d < 0.002h \quad (2.32)$$

$$d \leq 0.002 \times 16500 \text{ mm}$$

$$d \leq 33 \text{ mm}$$

Dimana h adalah tinggi total bangunan.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai Pengaruh Pemasangan Shearwall Terhadap Gedung Bertingkat Tinggi sudah dilakukan sebelumnya dan menjadi referensi dilakukannya penelitian ini yang diantaranya adalah sebagai berikut.

- a. Penelitian oleh Yohanes Laka Suku dan Fransiskus Xaverius Ndale tentang “Analisis Tingkat Kekakuan Struktur Rangka - Dinding Geser Tanpa Dan Dengan Belt Truss Pada Bangunan Tinggi Beton Bertulang Akibat Beban Lateral”

Bangunan tinggi rawan terhadap beban lateral akibat gempa dan angin. Salah satu solusi untuk meningkatkan kinerja struktur bangunan tingkat tinggi dalam menahan beban lateral antara lain yaitu dengan pemasangan dinding geser (shear wall) sebagai sub sistim penahan beban lateral dari sistim struktur untuk manambah kekakuan struktur. Semakin tinggi bangunan maka dinding geser akan menyerap gaya geser yang besar, dan dengan demikian lebar dinding geser akan bertambah besar.

Salah satu cara untuk memperkecil lebar dinding geser dengan nilai kekuatan yang sama yaitu dengan penambahan outrigger dan belt truss. Penggunaan Sistim Belt Truss pada bangunan tinggi dapat meningkatkan kekakuan struktur dan membuat struktur lebih efficient dibawah pengaruh beban lateral/gempa.

Hasil perhitungan untuk struktur gedung 15 lantai ini, didapat bahwa model struktur rangka dinding geser dengan satu belt truss dapat mereduksi simpangan lateral maksimum sebesar 18,5 % dengan penempatan belt truss pada  $\frac{3}{4}$  tinggi gedung, sedangkan dengan dua belt truss simpangan lateral maksimum yang dapat direduksi sebesar 27,01 % yakni dengan penempatan belt truss pada lantai atas dan pada  $\frac{1}{2}$  tinggi bangunan.

- b. Penelitian oleh Ida Bagus Dharma Giri tentang “Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa Dan Dengan Dinding Geser Beton Bertulang”

Bangunan bertingkat tinggi memerlukan perkuatan tambahan untuk menahan gaya gempa yang bekerja, misalnya dengan penambahan struktur dinding geser (shearwall). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan perilaku struktur bangunan tanpa dan dengan dinding geser beton bertulang. Dalam pemodelan gedung tujuh lantai dibuat tiga buah model yaitu M1, M2 dan M3. M1 adalah model rangka terbuka yaitu model struktur tanpa dinding geser. M2 adalah Model Rangka dengan Dinding Geser Beton Bertulang yaitu struktur rangka yang ditambahkan dinding geser beton bertulang, dimana

dinding geser dimodelkan dengan shell element. M3 adalah Model Rangka dengan Dinding Geser Beton Bertulang tetapi dengan perubahan dimensi struktur seperti balok dan kolom.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa pada simpangan struktur arah x, simpangan yang terbesar terjadi pada M1 pada tingkat ke-7, dengan presentase 36,11% lebih besar dari M2 dan lebih besar 32,70 % dari M3. Untuk simpangan struktur arah y, simpangan yang terbesar terjadi pada M1 pada tingkat ke-7, dengan presentase 46,27% lebih besar dari M2 dan lebih besar 41,43 % dari M3. Struktur rangka dengan dinding geser menghasilkan momen, dan gaya geser yang relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan struktur rangka yang dimodelkan tanpa dinding geser. Hal ini disebabkan karena kekakuan struktur rangka dengan pemodelan dinding geser lebih besar dibandingkan kekakuan struktur rangka tanpa dinding geser. Namun gaya aksial pada kolom M1 lebih kecil daripada M2 dengan rasio 3,67%. Penggunaan dinding geser mengakibatkan bertambahnya berat struktur sebesar 3,98% sehingga perlu dilakukan perubahan dimensi struktur seperti balok dan kolom, mengakibatkan berat struktur hanya sedikit bertambah sebesar 0,55%.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian ini menggunakan metode analisis perancangan yang difokuskan untuk mengetahui perubahan nilai simpangan horisontal dan perubahan kapasitas elemen balok-kolom tanpa dan dengan pemasangan dinding geser pada kasus struktur beton bertulang dalam portal tiga dimensi.

Metode penelitian ini dapat dibagi dalam tiga tahap yaitu input, analisis dan output. Yang termasuk dalam tahap input antara lain penentuan geometri struktur, penentuan jenis beban dan pemodelan struktur 3 dimensi. Sedangkan tahap analisis antara lain analisis struktur 3 dimensi dengan program komputer untuk mengetahui besarnya story displacement pada tiap lantai gedung tanpa dan dengan pemasangan dinding geser. Tahap yang terakhir yaitu tahap output yang didalamnya membahas tentang perubahan besarnya 4 story displacement pada tiap lantai gedung dan perubahan kapasitas portal beton bertulang tanpa dan dengan pemasangan dinding geser.

#### **3.1 Model Struktur**

##### **3.1.1 Pedoman perencanaan**

Dalam perencanaan model struktur tugas akhir ini, pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah:

- a. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847-2019)
- b. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726-2019)

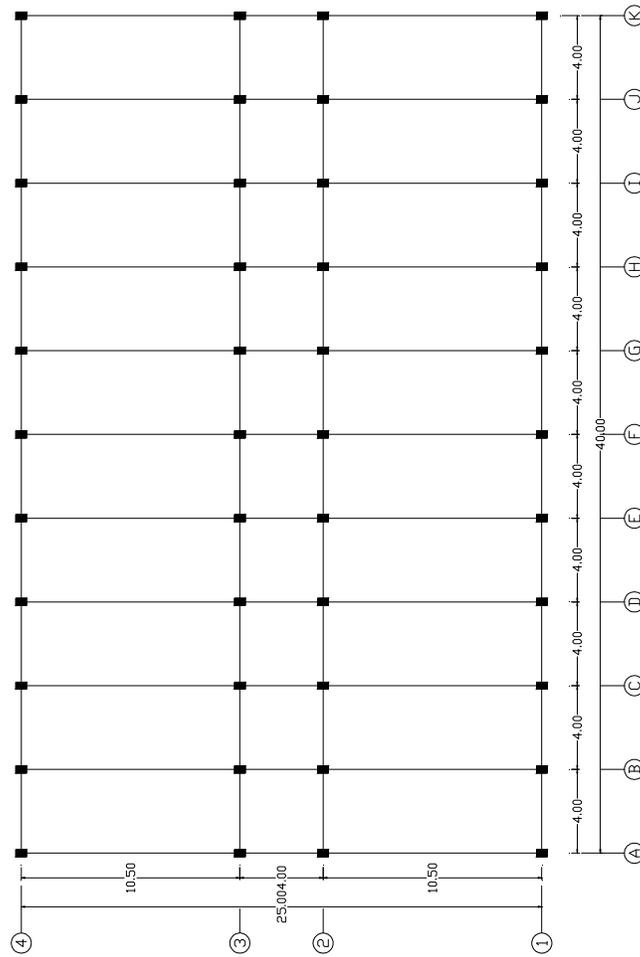
##### **3.1.2 Data desain bangunan**

Bentuk yang direncanakan adalah Gedung Perkantoran empat lantai dengan struktur beton bertulang, dengan data-data sebagai berikut :

Panjang bangunan total	:	40 meter
Lebar bangunan	:	25 meter
Tinggi antar lantai		

Lantai 1	:	4.5 meter
Lantai 2-4	:	4 meter
Tinggi bangunan	:	16.5 meter
Bentuk	:	Persegi panjang
Peruntukan	:	Gedung Perkantoran
Lokasi	:	Medan
Tanah dasar	:	Sedang
Mutu baja, $F_y$	:	350 MPa
Mutu Beton, $F'_c$	:	25 MPa

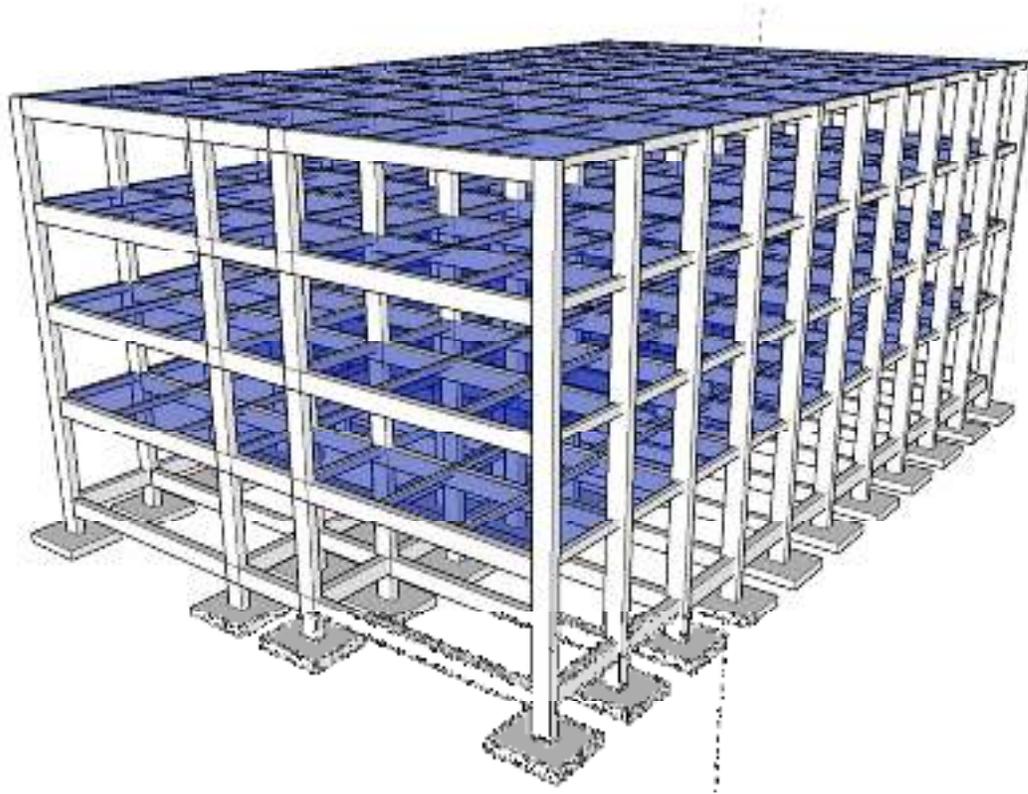
### 3.1.2.1 Model Struktur Tanpa Pemasangan Dinding Geser



Gambar 3. 1 Denah bangunan tanpa Dinding Geser

Sedangkan model 3 dimensi dari bangunan tanpa pemasangan dinding geser dapat dilihat pada Gambar 3.2.

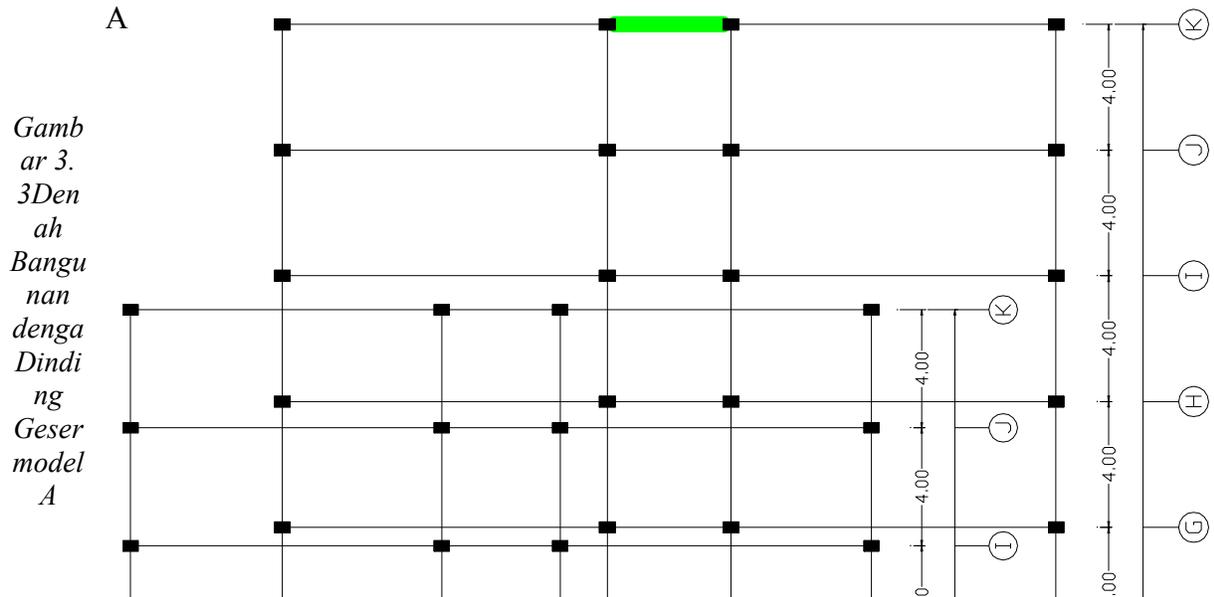
*Gambar 3. 2 3D Bangunan Tanpa dinding Geser*



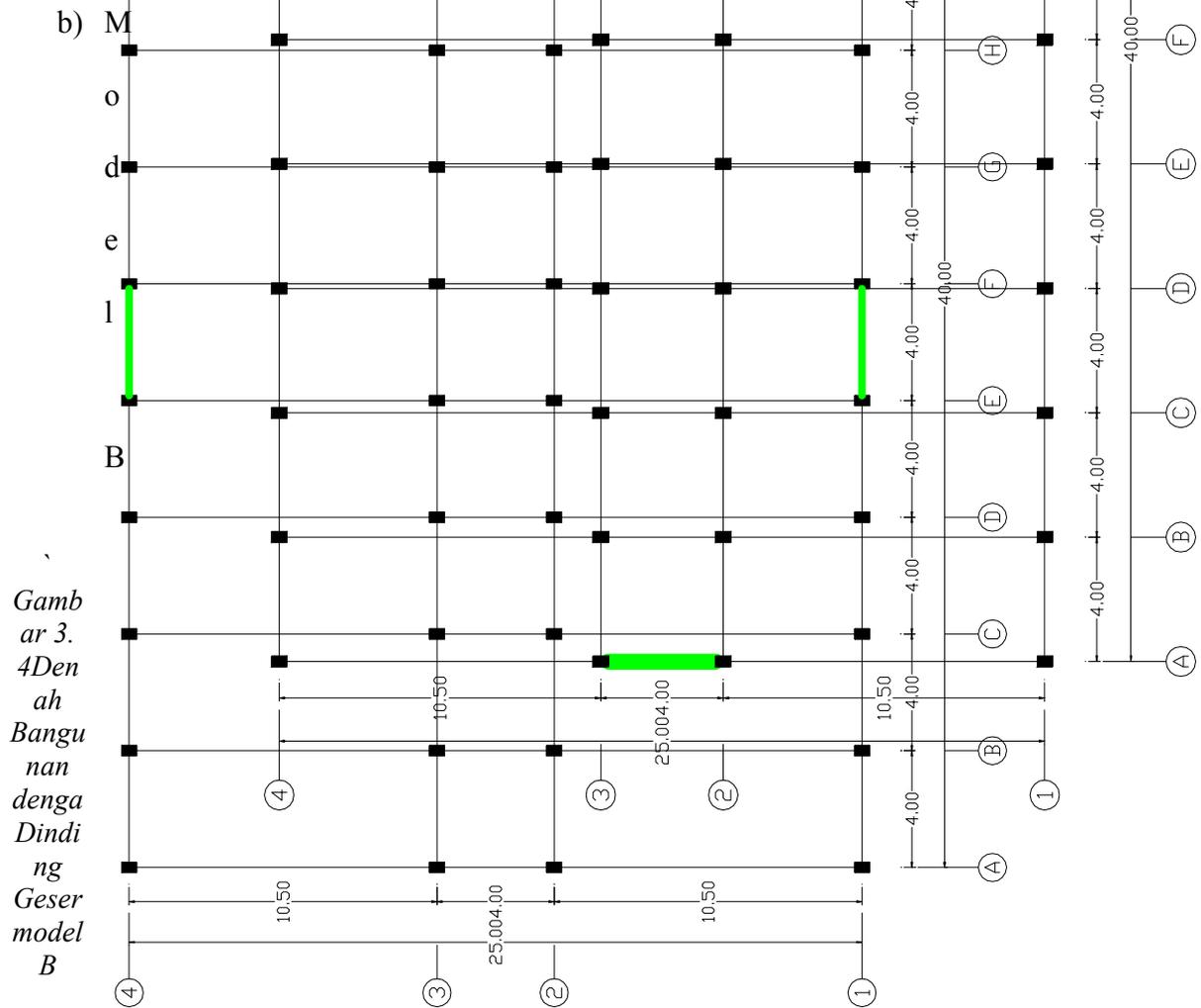
### 3.1.2.2 Model Struktur Dengan Pemasangan Dinding Geser

Struktur dengan pemasangan dinding geser yang akan dianalisis memiliki ukuran yang sama dengan struktur tanpa pemasangan dinding geser. Perbedaan keduanya hanya pada penggunaan dinding geser. Denah bangunan dengan pemasangan dinding geser selengkapnya seperti dalam Gambar denah berikut

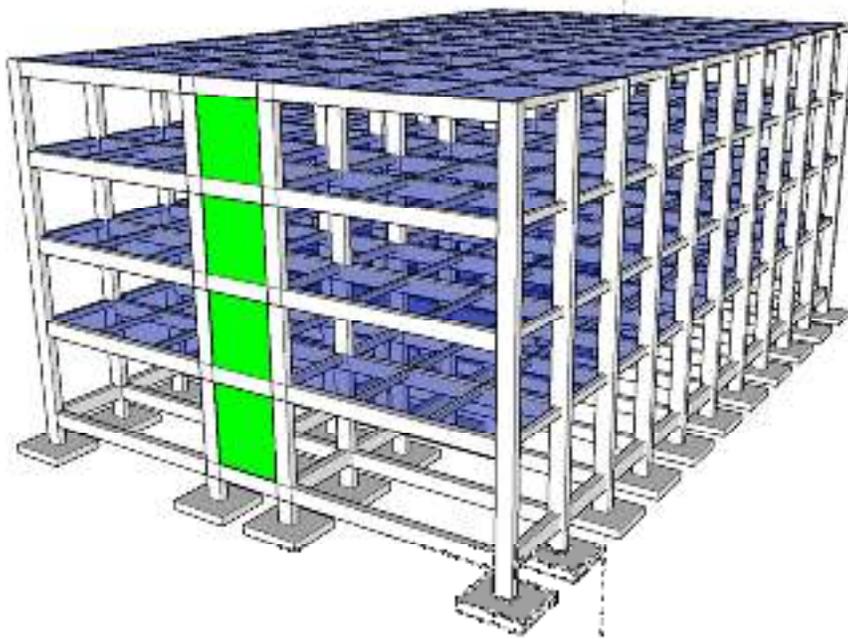
a) Model



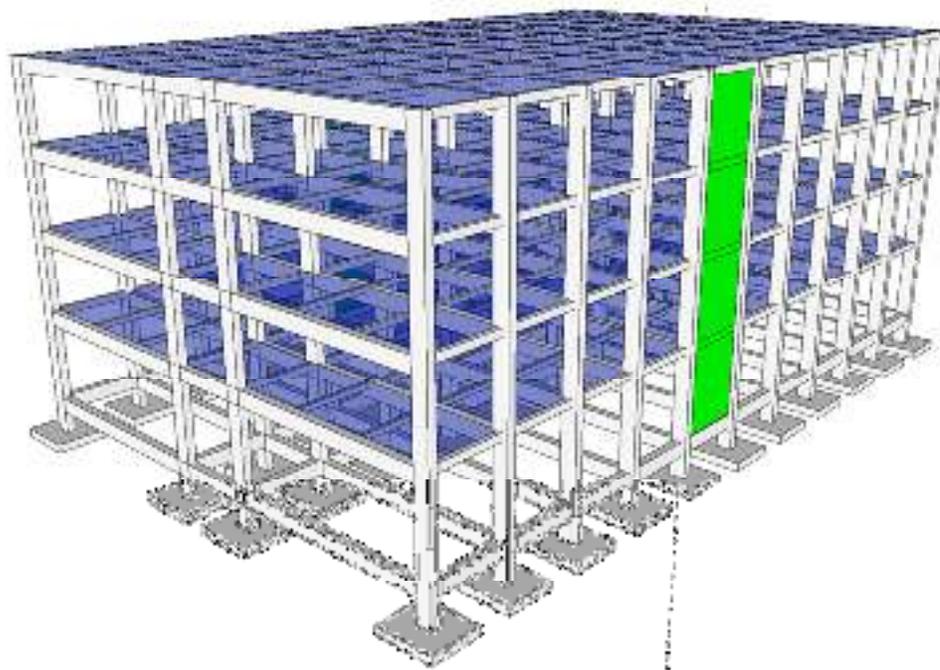
b) Model



Pada Gambar 3.3 Gambar 3.4 dan dapat dilihat bagaimana perletakan dinding geser yang digunakan. Dinding geser yang dipakai bersifat menerus yaitu dari lantai dasar sampai dengan lantai 4. Perletakan dinding geser selengkapnya dapat dilihat pada model 3 dimensi seperti dalam Gambar 3.5 dan Gambar 3.6



*Gambar 3. 5 3D Bangunan denga Dinding Geser model A*



Gambar 3. 6 3D Bangunan denga Dinding Geser model B

## 3.2 Perancangan Awal (Preliminary Design)

### 3.2.1 Perancangan Tebal Pelat

Syarat untuk menentukan tebal minimum pelat (SNI 2847-2019), dihitung sesuai dengan tersamaan di table 2.1 dengan ketentuan bahwa tebal minimum tidak boleh kurang dari nilai sebagai berikut:

tebal minimum untuk lantai tipikal = 12 cm

tebal minimum untuk lantai atap = 10 cm

### 3.2.2 Perancangan Dimensi Balok

Syarat untuk menentukan dimensi balok dihitung sesuai dengan persamaan (2.1) untuk mengetahui tinggi minimum balok dan persamaan (2.5) untuk mengetahui lebar minimum balok.

### 3.2.3 Perancangan Dimensi Kolom

Syarat untuk menentukan dimensi kolom dihitung sesuai dengan persamaan (2.6)

### 3.2.4 Pembebanan

Beban-beban yang diperhitungkan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

#### 3.2.4.1 *Beban Mati*

Beban Mati pada struktur bangunan gedung ditentukan dan digunakan acuan “Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2018), seperti berikut :

Beton Bertulang	:	2400kg/m <sup>3</sup>
Spesi/Adukan Semen	:	21kg/m <sup>2</sup>
Plafond dan Rangka	:	18kg/m <sup>2</sup>
Dinding Tembok Setengah Batu	:	250kg/m <sup>2</sup>
M/E	:	10kg/m <sup>2</sup>
Tegel ubin	:	24kg/m <sup>2</sup>

#### 3.2.4.2 *Beban Hidup*

Lantai Atap : 100kg/m<sup>2</sup>

Lantai Perkantoran : 250kg/m<sup>2</sup>

#### 3.2.4.3 *Beban Gempa*

Sesuai dengan Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726-2019)

### **3.3 Langkah-langkah Penggunaan program komputer**

Langkah paling awal sebelum melakukan analisis adalah menggambarkan geometri struktur pada program komputer. Dilanjutkan dengan mendefinisikan penampang, material dan besarannya, serta melakukan “assign” penampang dan material. Berikut langkah-langkahnya:

1. Buatlah satuan dalam kgf-m, pada New Model from Template, pilihlah icon portal 3 dimensi dan ketiklah pada kotak isian Portal Frame sesuai dengan desain geometri struktur. Kotak isian restrains dan gridline di beri tanda v (checked)
2. Rubahlah peletakan atau tumpuan menjadi jepit dengan cara Assign Joint Restraint, lalu pilihlah icon tumpuan jepit.
3. Hilangkan gambar pandangan 3D sehingga diperoleh gambar pandangan 2D (X-Z Plane @ Y = 0) yang lebih besar
4. Pada Material Property Data ketikkanlah definisi material beton yang akan digunakan untuk analisis sebagai berikut;

Mass per unit volume = 0

Weight per unit volume = 2400

Modulus of Elasticity =  $4700\sqrt{f'c}$

5. Rubahlah satuan dalam N-mm, kemudian sekali lagi pada Material Property Data di bagian Design Property Data rubahlah  $f'c = 25$  MPa
6. Rubah lagi satuan dalam Kgf-m, pada menu Define Frame Sections, pilihlah Add Rectangular, lalu isilah data yang diminta sesuai dengan data balok, misalnya seperti berikut;

Section Name : BALOK KI

Material Name : CONC

Depth(t3) : 0.70  
Width(t2) : 0.35  
Reinforcement : pada element class berilah tanda pada bagian beam dan isilah nilai selimut beton untuk top = 0,04 dan untuk bottom = 0,04 juga.

Lakukan hal yang sama untuk semua jenis balok.

7. Untuk membuat kolom, pada menu Define Frame Sections pilihlah Add Rectangular, lalu isilah data yang diminta sesuai dengan data kolom, misalnya seperti berikut;

Section Name : Kolom 1  
Material Name : CONC  
Depth(t3) : 0.50  
Width(t2) : 0.35  
Reinforcement : pada element class berilah tanda pada bagian kolom dan isilah nilai selimut beton untuk top = 0,04 dan untuk bottom = 0,04 juga.

Lakukan hal yang sama untuk semua jenis kolom

8. Define => Sections propert => area section pilihlah Add area section lalu isilah data yang diminta sesuai dengan data balok, misalnya seperti berikut;

Section Name : Pelat lantai  
Material Name : CONC  
Membrane : 0.12  
Bending : 0.12

Lakukan hal yang sama untuk semua jenis pelat.

9. Define => Sections propert => area section pilihlah Add area section lalu isilah data yang diminta sesuai dengan data balok, misalnya seperti berikut;

Section Name : Shearwall  
Material Name : CONC  
Membrane : 0.20  
Bending : 0.20

10. Pilihlah (select) frame yang akan di 'assign', kemudian dari menu Assign/Frame/Section sesuaikan dengan definisi penampang yang telah dibuat sebelumnya.

11. Setelah langkah tersebut diatas sudah selesai maka sekarang membuat load patterns dengan cara : menu define => load patterns, isilah load patterns sesuai dengan beban yang di perhitungkan.
12. Buat kombinasi pembebanan dengan cara : menu define => load combinations, isilah kombinasi pembebanan yg direncanakan. Misalnya  $1 = 1.2DL + 1.4LL + 1SX + 0.3SY$
13. Masukkan semua beban yang di terima oleh bangunan dengan cara : Assign => joint load/frame load/area load. Masukkan semua beban sesuai dengan beban yang direncanakan.
14. Set option pada analyze dirubah menjadi 3 dimensi (gambar icon portal), lalu Run.

### **3.4 Sistematika Penulisan**

BAB I : Pendahuluan

Terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, maksud penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Membahas tentang teori dasar dari beberapa referensi yang mendukung serta mempunyai relevansi dengan penelitian ini.

BAB III : Metode Penelitian

Berisikan metoda penelitian.

BAB IV : Analisis Dan Pembahasan

Berisikan uraian analisis dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

BAB V : Kesimpulan Dan Saran

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang di lakukan.

DAFTAR PUSTAKA

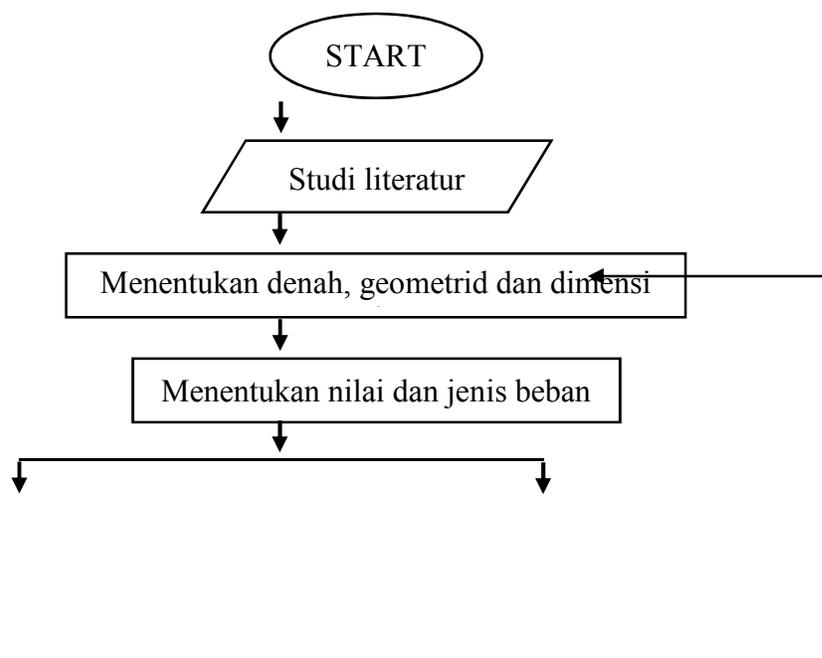
LAMPIRAN

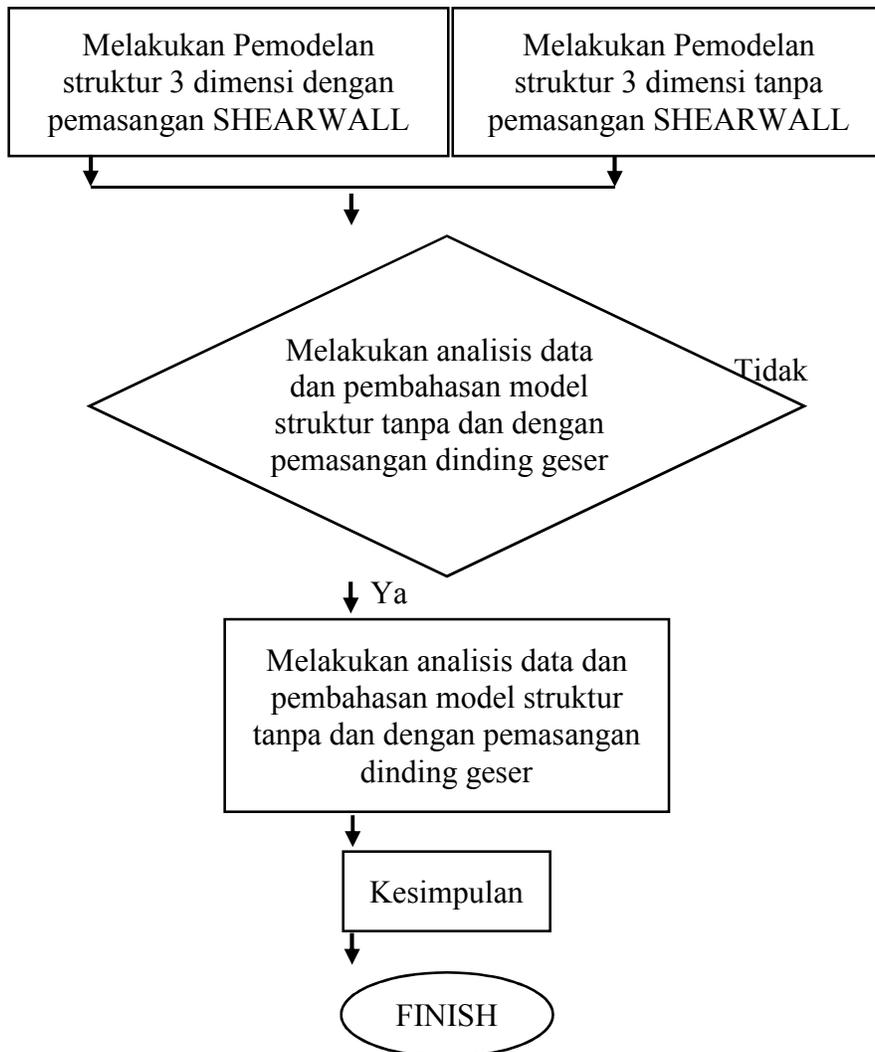
### **3.5 Tahapan Penelitian**

Untuk mewujudkan uraian diatas maka langkah analisis yang hendak dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan denah struktur, geometri struktur, dan dimensi struktur.
- b. Menghitung, dan menentukan jenis beban antara lain beban mati, beban hidup, dan beban gempa

- c. Melakukan pemodelan struktur 3 dimensi tanpa dan dengan dinding geser.
- d. Melakukan analisis struktur dengan program komputer untuk mengetahui besarnya nilai story displacement pada tiap lantai gedung
- e. Melakukan analisis data dan pembahasan model struktur tanpa dan dengan pemasangan dinding geser
- f. Mengambil kesimpulan. Pada tahap ini, dengan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dibuat suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada diagram alir langkah kerja Gambar 3.7.





Gambar 3. 7 Diagram Alir

