

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada umumnya, struktur portal bertingkat dianalisa dengan Analisis Konvensional (AK) dengan metode linear, pada AK dengan metode linear beban diasumsikan bekerja setelah struktur berdiri secara keseluruhan. Setiap komponen struktur menerima beban pada saat yang bersamaan, sehingga struktur mengalami deformasi sebagai satu kesatuan. Ini berarti seluruh tingkat pada portal memiliki kondisi awal yang sama dimana tegangan awal, gaya luar, dan deformasi struktur adalah nol.

Dalam kenyataan di lapangan, pengerjaan suatu struktur dilakukan secara bertahap atau lebih dikenal dengan pelaksanaan Analisis Konstruksi Bertahap (AKB). Portal dikerjakan dalam beberapa tahapan mulai dari tingkat 1, 2, 3, dan seterusnya. Ketika suatu tingkat tertentu sudah selesai dikerjakan, maka tingkat tersebut sudah menerima beban akibat berat sendiri maupun beban pelaksanaan walaupun struktur belum selesai secara keseluruhan. Akibatnya setiap struktur mengalami deformasi secara bersamaan (Bagiarta, 2010).

Pasar Sukawati Gianyar terletak di jalan raya sukawati, Kecamatan Sukawati, Kabupaten Gianyar, yang berfungsi sebagai aktivitas perdagangan. Gedung pasar sukawati di bangun pada tahun 2020 yang di mana oleh perencana gedung ini didesain dengan tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung yaitu SNI 1726 : 2012. Dengan adanya perubahan SNI 1726 -2012 ke SNI terbaru SNI 1726 - 2019 maka beberapa wilayah di Indonesia

mengalami peningkatan resiko yang dinyatakan dengan kategori desain seismik (KDS) A, B, C, untuk resiko rendah sampai dengan D, E, F, untuk resiko tinggi. Daerah Bali berdasarkan SNI lama termasuk wilayah gempa V dengan resiko gempa sedang berubah menjadi D. Perubahan ini berakibat pada peningkatan beban gempa rencana dan peningkatan syarat pendetailan struktur. Secara teori struktur gedung yang dirancang menurut SNI lama akan mengalami tegangan berlebih (*over stressed*) apabila menerima beban gempa rencana menurut SNI terbaru. Dengan adanya peraturan terbaru (SNI 03-1726-2019) maka semua bangunan yang direncanakan dengan peraturan lama (SNI 03-1726-2012) perlu adanya evaluasi perhitungan pengaruh beban gempa terhadap peraturan terbaru.

Analisis Konvensional Bertahap (AKB) dapat dilakukan dengan menggunakan *Software* SAP2000. Beberapa Penelitian sebelumnya mengenai Analisis Konvensional Bertahap (AKB) telah dilakukan oleh Bagiarta pada tahun 2010 dan Sukrawa pada tahun 2015. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bagiarta pada tahun 2010 dengan judul mengenai analisis konstruksi bertahap pada portal beton bertulang dengan variasi panjang bentang dan jumlah tingkat menghasilkan beban vertikal (beban gravitasi) analisis konstruksi bertahap memberikan nilai lendutan dan gaya – gaya dalam yang lebih besar dari pada analisis konvensional, dengan rasio lendutan gaya – gaya dalam berkisar antara 1,069 sampai dengan 2,248. Sedangkan penelitian berikutnya oleh Sukrawa pada tahun 2015 mengenai analisis konstruksi bertahap struktur rangka terbuka beton bertulang dengan perkuatan bresing baja menghasilkan tegangan berlebih (*over stressed*) pada beberapa elemen struktur jika dianalisis dengan ketentuan SNI 1726 : 2012.

Pemilihan metode Analisis Konstruksi Bertahap (AKB) atau *stage construction* dalam penelitian ini adalah bahwa metode analisis ini sesuai dengan pelaksanaan pembangunan struktur portal beton bertulang di lapangan, dimana pelaksanaannya dilakukan secara bertahap. Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan analisis perbandingan perilaku struktur beton bertulang dengan menggunakan Analisis Konstruksi Bertahap (AKB) atau *stage construction* dengan metode konvensional pada struktur gedung lantai IV Pasar Sukawati, Gianyar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

- 1 Bagaimana perbandingan hasil analisis perilaku pada komponen struktur beton bertulang yang di analisis dengan Analisis Konstruksi Bertahap (AKB) atau *stage construction* dengan Analisis Konvensional (AK) ?
- 2 Bagaimana hasil analisis pengaruh beban gempa terhadap peraturan terbaru SNI 1726 : 2019 ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui perbandingan perilaku pada komponen struktur beton bertulang yang di analisis dengan metode Analisis Konstruksi Bertahap (AKB) atau *stage construction* dan dengan Analisis Konvensional (AK).
2. Untuk mengetahui pengaruh beban gempa terhadap perilaku struktur jika di dianalisis dengan SNI 1726 : 2019.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Manfaat Teoritis

Manfaat teoritis dalam penulisan tugas akhir ini adalah dapat memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang teknik sipil, mengembangkan pengetahuan mengenai penggunaan *software* SAP2000.

##### 2. Manfaat Praktis

Skripsi ini diharapkan dapat memberikan informasi akan perilaku dari struktur gedung yang ditinjau, dimana nantinya akan bermanfaat sebagai pedoman dalam merencanakan struktur bangunan gedung.

#### 1.5 Batasan Masalah Penelitian

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak meninjau interaksi struktur dengan tanah, pondasi dianggap sebagai perletakan jepit pada permukaan tanah, karena desain pondasi menggunakan *bored pile* (pondasi dalam), sehingga kedudukan pondasi dianggap tidak mengalami rotasi dan translasi.
2. Tidak meninjau kontribusi kekakuan dinding, dinding pengisi keberadaannya dianggap sebagai beban merata.
3. *Time-dependent effects* tidak diperhitungkan.
4. Tidak memperhitungkan beban struktur atap, atap di anggap sebagai pelat dak beton.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beban dan Kombinasi Beban**

Ketentuan-ketentuan mengenai pembebanan yang ditetapkan dalam SNI 1727: 2013 mengenai Beban Minimum untuk Bangunan Gedung dan Struktur lainnya, antara lain :

- a. Struktur gedung direncanakan kekuatannya terhadap :
  1. Beban mati (Dead Load, “D”)
  2. Beban hidup (Live Load “L”)
  3. Beban Gempa (Earthquake Load “E”)
  4. Beban angin (Wind Load “W”)
  5. Beban Hujan (Rain Load “R”)
- b. Apabila beban hidup, baik yang membebani gedung atau bagian gedung secara tersendiri dalam kombinasi dengan beban-beban lain, memberikan pengaruh yang menguntungkan bagi struktur atau unsur struktur gedung itu, maka pembebanan atau kombinasi pembebanan tersebut tidak boleh ditinjau dalam perencanaan struktur atau unsur struktur tersebut.
- c. Untuk keadaan tertentu beban mati, beban hidup, dan beban gempa dapat dikalikan suatu koefisien reduksi. Pengurangan beban tersebut harus dilakukan apabila hal itu menghasilkan keadaan yang lebih berbahaya untuk struktur atau struktur yang ditinjau.

##### **2.1.1 Beban Mati (D)**

Defenisi beban mati menurut SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk bangunan gedung dan struktur lainnya adalah berat seluruh konstruksi bangunan

gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, *clading* gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

a. Berat bahan dan konstruksi

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak berwenang.

b. Berat Peralatan layan tetap

Dalam menentukan beban mati rencana, harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plambing, mekanikal, elektrik, dan alat pemanas, ventilasi, dan sistem pengodisian udara.

Berat konstruksi bekisting terdiri dari bekisting beton dan perancah kayu yang bekerja sebagai beban merata pada pelat lantai. Menurut ACI 347 merekomendasikan berat konstruksi bekisting sebesar 10 -15 psf atau 50 - 75 Kg/m<sup>2</sup>.

Berat beton basah merupakan beton ketika masih dalam keadaan basah setelah pengecoran dan dianggap bekerja sebagai beban merata pada lantai.

Beban beton basah yang bekerja pada suatu tingkat merupakan beban akibat pengecoran beton di tingkat atasnya. Menurut Frick dan Moediartianto (2004) berat beton basah dapat di tentukan sebesar  $\pm 2500 \text{ kg/m}^3$ .

### 2.1.2 Beban Hidup (L)

Menurut SNI 1727 : 2013 beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa.

a) Beban hidup pada lantai gedung

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

b) Beban hidup pada atap gedung

Beban pada atap yang diakibatkan oleh (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

c) Beban pada tangga tetap

Beban hidup rencana minimum pada tangga tetap dengan anak tangga harus merupakan beban terpusat tinggal sebesar 1,33 kN, dan harus ditetapkan pada setiap titik tertentu untuk menghasilkan efek beban maksimum pada elemen yang ditinjau.

d) Reduksi beban hidup

Kecuali beban hidup merata pada atap, semua beban hidup terdistribusi merata minimum lainnya,  $L_o$  dalam Tabel 4.1 pada SNI 1727 : 2013, dapat dikurangi sesuai dengan ketentuan reduksi beban hidup merata. Komponen



struktur yang memiliki nilai  $K_{LL} Ar$  adalah  $37,16 \text{ m}^2$  atau lebih diisinkan untuk dirancang beban hidup tereduksi sesuai dengan rumus berikut.

$$L = L_o \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} Ar}} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

$L$  = Beban hidup rencana tereduksi per ( $\text{m}^2$ ) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

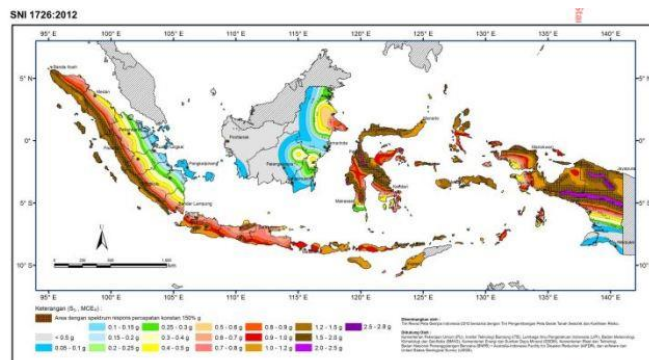
$L_o$  = Beban hidup rencana tanpa reduksi per ( $\text{m}^2$ ) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

$K_{LL}$  = Faktor elemen beban hidup

$Ar$  = luas tributary dalam ( $\text{m}^2$ )

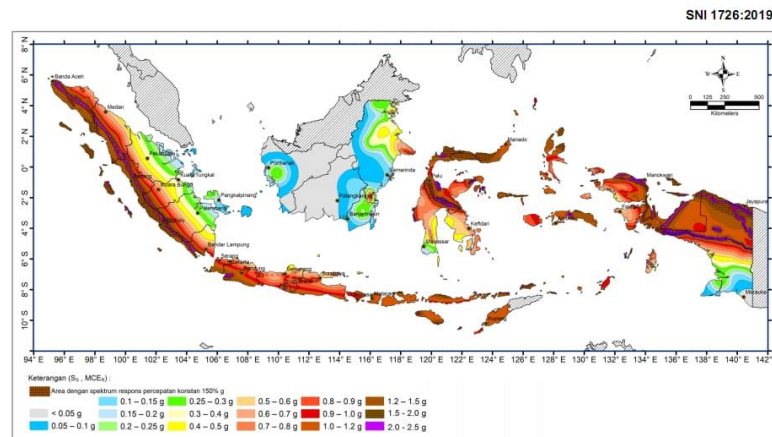
### 2.1.3 Beban Gempa

Beberapa parameter beban gempa berdasarkan SNI 1726 : 2012 dan SNI 1726 : 2019 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung tidaklah berbeda jauh, terdapat perubahan hanya pada besarnya percepatan gempa terpetakan ( $S_s$  dan  $S_1$ ) dan besarnya nilai amplifikasi percepatan spectral pada permukaan tanah ( $F_a$  dan  $F_v$ ). Yang dapat dilihat pada penjelasan sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Peta Wilayah Gempa  
(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)





Gambar 2. 2 Peta Wilayah Gempa  
(Sumber : Badan Standar Nasional, 2019)

a. Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) Dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Dalam menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan bangunan bergantung dari jenis pemanfaatan bangunan tersebut. Kategori resiko struktur untuk bangunan gedung diatur pada tabel 1. SNI 1726 : 2012 dan tabel 3 pada SNI 1726 : 2019 sedangkan pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan ( $I_e$ ) menurut tabel 2. SNI 1726 : 2012.

Tabel 2. 1 Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I

<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,II,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <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>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <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 non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ 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 non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas</p>	III

<p>manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	
<p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ 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 non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	IV

(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa

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

(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)

b. Kelas Situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

c. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s \dots\dots\dots (2.2)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} F_v S_1 \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

Fa : faktor amplikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

Fv : faktor amplikasi terkait percepatan pada periode getaran 1 detik

Koefisien situs Fa dan Fv diatur pada tabel 4 dan 5 SNI 1726 : 2012 (lihat lampiran 1).

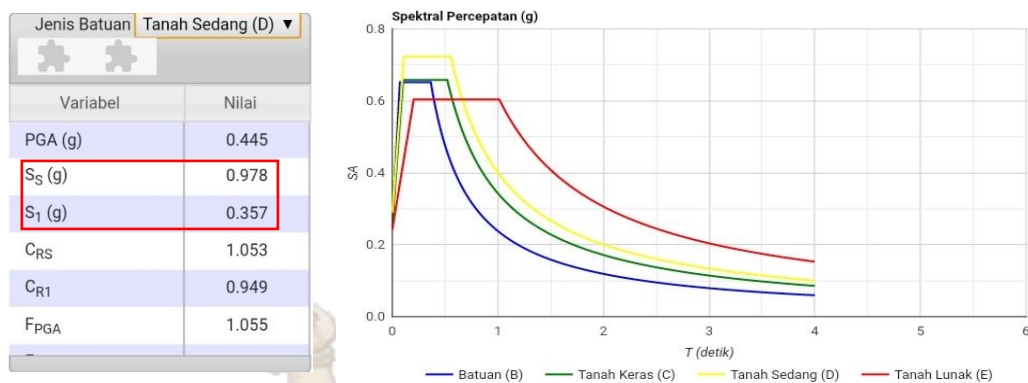
Sedangkan pada SNI 1726 : 2019 Parameter percepatan spektral desain untuk perioda,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ), ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (2.5)$$

d. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik bangunan ditetapkan berdasarkan kategori resiko bangunan dan parameter respon spectral percepatan desain yaitu  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik ditentukan berdasarkan Web desain spectra Indonesia.



Gambar 2. 3 Desain Spectra Indonesia  
(Sumber : Pusgen, 2011)

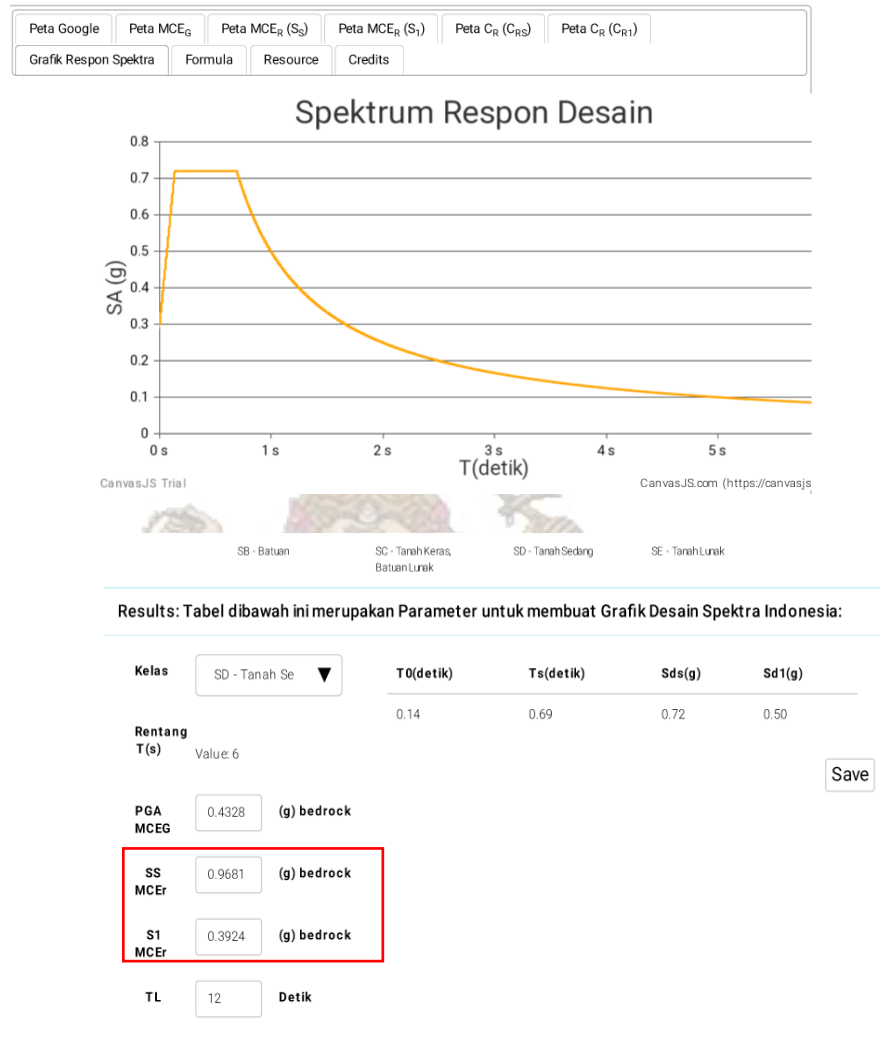
e. Parameter Percepatan Terpetakan

Parameter  $S_s$  merupakan percepatan bantuan dasar pada periode pendek, sedangkan  $S_1$  merupakan percepatan betuan dasar pada periode 1 detik. Parameter-parameter tersebut ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada Pasal 14 SNI 1726 : 2012 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun ( $MCE_R$ ), 2 persen dalam 50 tahun dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi

f. Faktor R, Cd dan  $\Omega_o$

Faktor koefisien modifikasi respon (R), pembesaran defleksi (Cd) dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_o$ ) ditentukan berdasarkan Tabel 9 Standar Nasional

Indonesia 1726 : 2012 (Lihat lampiran 2). Faktor-faktor tersebut ditentukan berdasarkan sistem penahan gaya seismik struktur bangunan.



Gambar 2. 4 Desain Spectra Indonesia  
(Sumber : Pusgen,2021)

g. Penentu Periode

Untuk menentukan periode fundamental struktur (T), digunakan periode fundamental pendekatan (Ta), periode fundamental pendekatan (Ta) dalam detik, ditentukan dari persamaan berikut :

$$Ta = Cth_n^x \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

$h_n$  : ketinggian struktur dalam (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi

Koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15 Standar Nasional Indonesia 1726 : 2012 (lihat lampiran 3). Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat, dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja keseluruhan dan tinggi paling sedikit 3 m. Besarnya  $T_a = 0,1 N$ , dimana  $N$  adalah jumlah tingkat.

h. Metode Statik Ekuivalen

Besarnya gaya geser dasar dari metode statik ekuivalen bergantung dari koefisien respon seismik ( $C_s$ ) dan berat total bangunan ( $W$ ). Persamaan yang digunakan dalam menghitung gaya geser dasar dalam metode statik ekuivalen adalah sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots (2.7)$$

Ketereangan :

$V$  = gaya geser dasar

$C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = berat bangunan

Penentuan koefisien respon seismik dihitung berdasarkan pasal 7.8.1.1

Standar nasional indonesia 1726 : 2012 dengan ketentuan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai ketentuan diatas tidak boleh melebihi persamaan berikut :



$$C_s = \frac{S_{DI}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Nilai  $C_s$  yang yang dihitung dengan persamaan tersebut tidak boleh kurang dari persamaan berikut :

$$C_s : 0,044S_{DS}I_e > 0,01$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi didaerah dimana  $S_1$  sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka  $C_s$  harus tidak kurang dari persamaan:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Sedangkan gaya gempa lateral ditiap tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$F_x = C_{vx} V \dots\dots\dots (2.11)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_n^k}{\sum_{i=0}^n w_x h_n^k} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

$w_i$  dan  $w_x$  = berat total bangunan pada tingkat 1 atau x

$h_i$  dan  $h_x$  = tinggi dari dasar tingkat 1 atau x

$k$  = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut  
 yaitu untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang k-1, untuk struktur yang mempunyai periode sebsar 2,5 atau lebih k – 2, untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan inetrpolasi linear antar 1 dan 2.

### 2.1.4 Kombinasi Beban

Kekuatan perlu U harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor.

Kuat perlu U sesuai dengan SNI 2847 : 2013 adalah sebagai berikut :

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

### 2.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawa yang ditinjau lihat Gambar 2.5. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika daerah tegangan ijin digunakan,  $\Delta$  harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang telah ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C, D, E, atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe Ia atau Ib pada Tabel 10 SNI 2847 : 2013, simpangan antar lantai desain  $\Delta$  harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur. Defleksi pusat massa di tingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

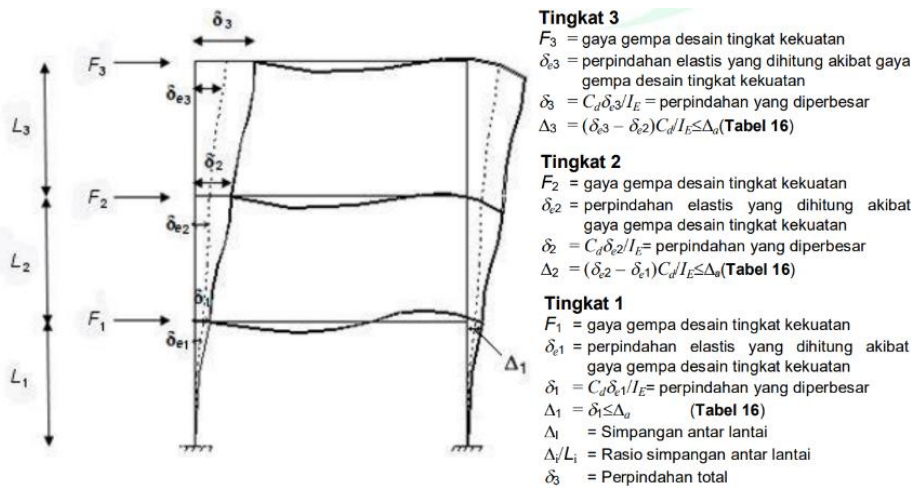
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

$\delta_x$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor amplikasi defleksi

$I_e$  = faktor keutaman gempa



Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Lantai  
 (Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)

Tabel 2. 2 Simpangan Antar Lantai ijin  $\Delta_a$

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain selain dari struktur dinding geser atau bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tigkat	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantileverbata bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012, Tabel 16)

### 2.3 Struktur Beton Bertulang

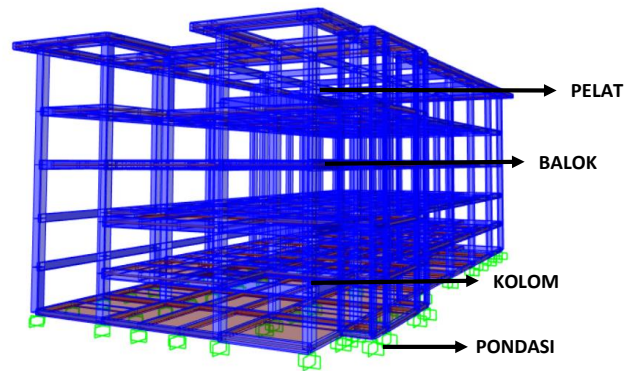
Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak dari nilai minimum yang diisyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (Nawy, 1996).

Keunggulan sifat dari masing-masing bahan dimanfaatkan untuk menahan beban secara bersama-sama yaitu dengan kekuatan tekannya dan baja dengan kekuatan tariknya. Beton sangat mampu menahan tegangan tekan tetapi hampir tidak dapat menahan tegangan tarik (kuat tarik beton berkisar 9%-15% dari kuat tekannya). Tegangan tekan maksimum /ultimit  $\sigma'_{cu}$  terjadi saat tegangan beton  $\epsilon'_{cu}$  mencapai  $\pm 0,002$ .

Pada bagian awal diagram tegangan-tegangan, modulus elastisitas baja es konstan ( $E_s = 2,0 \times 10^5 \text{ Mpa} = 2,0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ). Kemudian terdapat bagian horisontal yang di kenal sebagai batas leleh dimana tegangan bertambah sedangkan tegangan dapat di katakan konstan. Tegangan pada kondisi ini di sebut tegangan leleh ( $\sigma_y$ ). Setelah terjadi pelelehan, kurva naik lagi melewati titik maksimum (tegangan ultimit), kemudian turun ke suatu nilai tegangan yang lebih rendah di mana baja akan putus.

Pada bangunan yang terbuat dari beton bertulang, sistem struktur yang digunakan pada umumnya berbentuk rangka (*frame*), pada sistem ini , struktur di bentuk dari elemen-elemen struktur beton yang bila dipadukan menghasilkan

suatu sistem menyeluruh. Secara garis besar elemen-elemen struktur dapat di klasifikasikan atas (1) pondasi, (2) kolom, (3) pelat, (4) balok dapat di lihat seperti pada gambar dibawah ini.

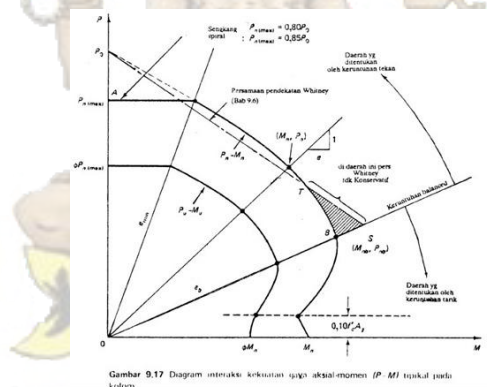


Gambar 2. 6 Struktur Rangka Gedung

### 2.3.1 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya adalah menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Apabila terjadi kegagalan pada kolom maka dapat berakibat keruntuhan komponen struktur yang lain yang berhubungan dengannya atau bahkan terjadi keruntuhan total pada keseluruhan struktur bangunan. Fungsi kolom didalam konstruksi adalah meneruskan beban dari sistem lantai ke pondasi. Apabila beban pada kolom bertambah, maka retak akan banyak terjadi diseluruh tinggi kolom pada lokasi tulangan sengkang. Saat keadaan batas keruntuhan, selimut beton diluar sengkang atau spiral akan lepas sehingga tulangan arah memanjangnya akan terlihat. Apabila bebanya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk lokal tulangan memanjang. Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada

satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Kombinasi pembebanan menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan. Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu dengan komponen struktur lainnya (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 10.8, hal 55). Pada kondisi lapangan, sangat sedikit kolom yang hanya memikul beban aksial. Selain beban aksial, kolom umumnya juga memikul momen lentur yang dapat terjadi akibat kekangan ujung pada hubungan yang monolit antara balok dan kolom, beban lantai yang tidak seimbang atau beban lateral seperti beban gempa dan angin.



Gambar 2. 7 Diagram Interaksi P-M) Kolom  
(Sumber : Edward G, 1998)

Kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur dapat digambarkan dalam bentuk suatu kurva interaksi antara kedua gaya dalam tersebut. Gambar 2.7 memperlihatkan contoh diagram tersebut. Setiap titik dalam kurva ini menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal  $P_n$  dan kekuatan momen nominal  $M_n$  yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya. Diagram interaksi tersebut dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tarik dan daerah yang ditentukan oleh

keruntuhan tekan, dengan pembatasnya adalah titik balanced (titik B). Contoh gambar diatas mengilustrasikan pembuatan diagram P-M untuk penampang segiempat tipikal. (Nawy, 1998).

### 2.3.2 Pelat

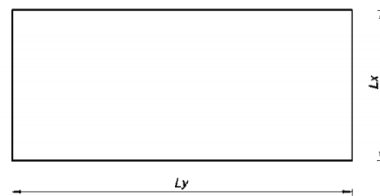
Pelat merupakan elemen horizontal yang menyalurkan beban hidup dan beban mati ke balok dan kolom pada suatu sistem struktur. Elemen pelat mempunyai fungsi sebagai penopang langsung beban atau tumpuan beban (Nasution, 2009).

Wang, C.K. dkk. (1979), berdasarkan perbandingan antara panjang dan lebar, pelat dapat di klasifikasikan menjadi dua macam. Pelat satu arah jika perbandingannya lebih besar atau sama dengan 2. Pelat dua arah jika perbandingan lebih kecil dari pada 2.

#### 1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisinya yang berlawanan saja dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (Dipohusodo, 1996).

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya seperti pada gambar 2.4



Gambar 2. 8 Pelat Satu Arah

Keterangan:

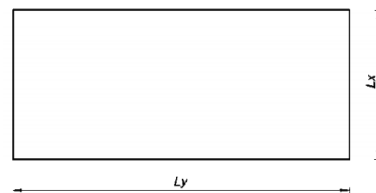
$L_y$  ,  $L_x$  = panjang dari sisi-sisinya



## 2. Pelat Satu Arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. (Dipohusodo, 1996).

Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2. 9 Pelat Dua Arah

Keterangan:

$L_y$  ,  $L_x$  = panjang dari sisi-sisinya

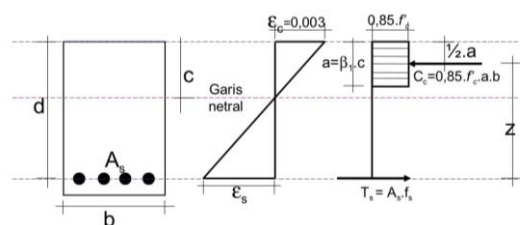
### 2.3.3 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban - beban tributary dari pelat / slab ke kolom. Pada umumnya elemen balok di cor secara monolit dengan pelat / slab, dan secara struktural di beri tulangan didaerah bawah, atau dibagian bawah dan atas dari penampang. Karena balok dicor monolit dengan pelat maka penampang tersebut membentuk penampang balok T (untuk lajur tengah) dan penampang balok L untuk tepi. Dua hal utama yang dialami oleh balok ialah tekan dan tarik, yang antara lain karena adanya pengaruh lentur ataupun gaya lateral. Balok T dan balok L di pakai dalam perencanaan beton pada kondisi dimana bagian pelat mengalami tegangan tekan dan bagian bawah balok mengalami tegangan tarik (umumnya pada daerah lapangan). Sedangkan pada daerah tumpuan yang pada umumnya bagian pelat / slab mengalami tegangan

tarik (pada daerah tumpuan), perencanaan balok menggunakan penampang persegi.

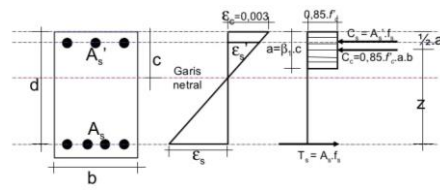
Apabila balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi (regangan) lentur pada balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan akan terjadi di bagian atas dan regangan tarik akan terjadi di bagian bawah penampang. Regangan tersebut akan mengakibatkan tegangan-tegangan yang harus di tahan oleh balok, tegangan tekan di bagian atas dan tegangan tarik di bagian bawah. Untuk memperhitungkan kemampuan kapasitas daya dukung komponen balok struktur terlentur, sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan dengan cara memperkuat tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan diperoleh balok yang mampu menahan lentur.

Balok dengan tulangan tunggal sering juga disebut dengan balok bertulangan sebelah atau balok dengan tulangan saja. Untuk keperluan hitungan balok persegi panjang dengan tulangan tunggal, berikut ini dilukiskan bentuk penampang balok yang dilengkapi dengan diagram distribusi regangan maupun tegangan untuk kondisi keruntuhan seimbang (balance) pada penampang balok tulangan tunggal dan balok tulangan rangkap dilukiskan seperti gambar berikut:



Gambar 2. 10 Penampang Balok Tulangan Tunggal Pada Kondisi Keruntuhan Balance

(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)



Gambar 2. 11 Penampang Beton Pada Kondisi Keruntuhan Balance  
(Sumber : Badan Standar Nasional, 2012)

Untuk memenuhi kinerja batas layan struktur gedung, simpangan ijin menurut Standar Nasional Indonesia 1726 : 2012, tidak boleh melampui:

$$\Delta \text{ ijin} = 0,02 \times h_{sx} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

$\Delta \text{ ijin}$  = simpangan ijin

$h_{sx}$  = tinggi tingkat dibawah tingkat x

Pembatasan ini dilakukan untuk mencegah terjadinya pelepasan baja dan keretakan beton yang berlebihan, disamping itu untuk mencegah kerusakan nonstruktural dan ketidaknyamanan penghuni. Menurut SNI 2847 : 2013 lendutan balok maksimum yang diisinkan adalah sebesar  $\frac{L}{360}$ , dimana L adalah panjang bentang balok.

Sesuai SNI 2847 : 2013, batasan penulangan komponen struktur balok dan kolom yaitu untuk balok =  $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$  dan untuk kolom =  $1\% \leq \rho \leq 4\%$ .

Dimana :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.15)$$

Untuk  $f'_c < 30 \text{ MPa}$ ,  $\beta_1 = 0,85$

Keterangan :

$\rho$	= Rasio tulangan
$\rho_b$	= Rasio tulangan <i>balance</i>
B	= Lebar penampang
d	= Tinggi efektif penampang
$\rho_{\min}$	= Rasio tulangan minimum
$\rho_{\max}$	= Rasio tulangan maksimum
$A_s$	= Luas tulangan Tarik

## 2.4 Metode Analisis Struktur

Metode analisa menjelaskan bagaimana beban dikerjakan pada struktur (statis dan dinamis), bagaimana respon struktur (linear atau nonlinear), dan bagaimana analisa diselesaikan baik modal atau integrasi langsung. Terdapat banyak perbedaan tipe analisa, namun kebanyakan analisa digolongkan menjadi linear dan nonlinear.

### 2.4.1 Analisa Linear

Menurut respon struktur terhadap pembebanan, analisis digolongkan ke dalam dua metode yaitu analisis linear dan analisa nonlinear. Analisis struktur digolongkan kedalam analisa linear (*Analysis reference SAP2000, 2022*) Jika :

- Karakteristik struktur (kekakuan, redaman, dan sebagainya) konstan selama analisa.
- Analisa mulai dengan kondisi tegangan awal nol. Analisa tidak mengikutsertakan beban dari analisa sebelumnya, walaupun menggunakan kekakuan dari analisa nonlinear sebelumnya.

- c. Seluruh hasil analisa tahap berupa lendutan, gaya dalam, reaksi, dan sebagainya sebanding dengan beban yang bekerja. Hasil-hasil analisa linear yang berbeda dapat langsung superposisikan setelah semua analisa berakhir.

Jenis – jenis analisis linear (*Analysis reference SAP2000, 2022*) meliputi :

- a. Analisa status linear
- b. Analisa dinamis respon getar
- c. Analisa tekuk
- d. Analisa beban bergerak untuk beban hidup kendaraan pada jembatan
- e. Analisa respon spektrum

#### 2.4.2 Analisa Nonlinear

Analisa struktur digolongkan kedalam analisa nonlinear, jika :

- a. Karakteristik struktur dapat berubah-ubah terhadap waktu, deformasi, dan pembebanan.
- b. Analisa merupakan lanjutan dari analisa nonlinear sebelumnya, dimana analisa mengikutsertakan seluruh beban, deformasi, dan tegangan dari analisa sebelumnya.
- c. Karena karakteristik struktur mungkin bervariasi, dan karena adanya kondisi awal kemungkinan awal bukan nol, respon struktur mungkin saja tidak berbanding linear dengan pembebanan. Seluruh beban yang bekerja pada struktur dikombinasikan secara langsung dalam proses analisa. Oleh hasil dari beberapa analisa nonlinear tidak selalu dapat disuperposisikan.

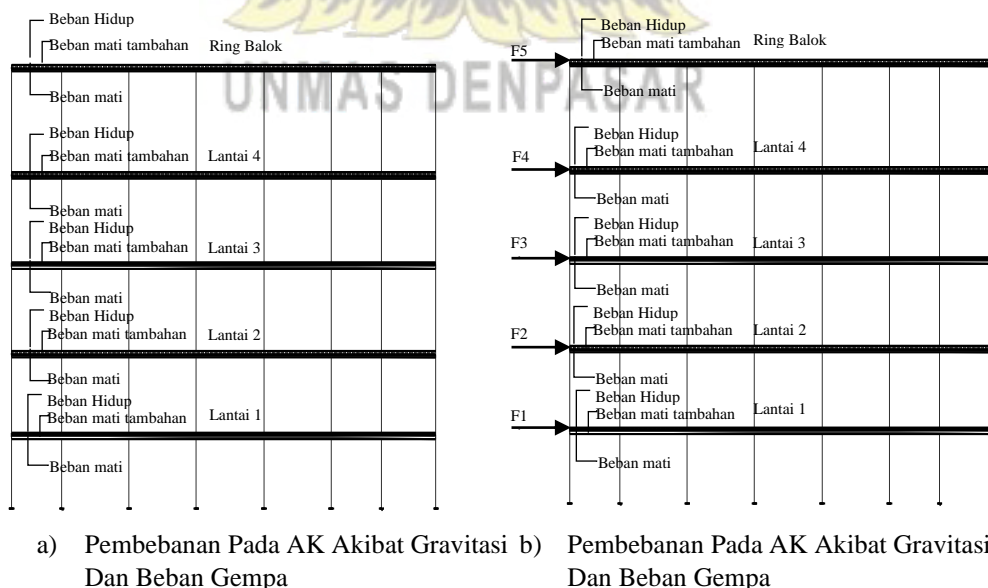
Dalam (*Analysis reference SAP2000, 2011*) analisis statis nonlinear dapat digunakan untuk beberapa tujuan yang meliputi :

- a. Analisa struktur berdasarkan kenonlinearan material dan kenonlinearan geometri
- b. Analisa konstruksi bertahap
- c. Analisa statik *pushover*

Kenonlinearan material meliputi batas tegangan tekan dan tegangan tarik pada elemen batang dan kenonlinearan sendi plastis pada elemen batang. Kenonlinearan geometrik, meliputi efek P-Delta dan efek lendutan besar.

#### 2.4.2.1 Analisa Konvensional

Analisis konvensional mengasumsikan bahwa seluruh beban bekerja pada struktur setelah struktur berdiri secara keseluruhan. Sehingga beban yang dianalisis adalah beban hidup, beban mati, dan beban mati tambahan serta beban gempa dilakukan secara bersamaan. Karakteristik struktur (kekakuan, redaman, dan sebagainya) pada analisis ini dianggap konstan (*Analysis reference SAP2000, 2022*). Gambar pembebanan di tunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Pembebanan pada AK

#### 2.4.2.2 Analisis Portal Bertingkat Metode Konstruksi Bertahap

Dalam (*Analysis reference SAP2000*, 2022) metode konstruksi bertahap merupakan bagian dari analisis statis nonlinear yang menganalisa struktur dalam beberapa fase tingkat. Urutan analisa pada metode konstruksi bertahap memperhitungkan pengaruh kenonlinearan struktur akibat pelaksanaan bertahap di lapangan. Pada struktur portal bertingkat, seluruh tingkat pada portal dibangun secara tidak bersamaan, melainkan dimulai dari tingkat 1, tingkat 2, tingkat 3 dan seterusnya sampai tingkat teratas.

Langkah awal analisa konstruksi bertahap pada portal bertingkat adalah dengan mendefinisikan masing-masing tingkat kedalam (*group*) yang berbeda. Setiap element struktur balok (balok, plat, dan kolom) yang termasuk kedalam tingkat yang sama dikelompokkan menjadi satu kelompok. Semua kelompok yang ada dianalisa sesuai dengan urutan pelaksanaan dilapangan. Analisa dimulai dari terbawah yaitu tingkat satu. Seluruh hasil analisa tingkat satu (gaya dalam dan deformasi) merupakan kondisi awal bagi analisa tingkat selanjutnya.

Ini berarti bahwa setiap tingkat dianalisa dengan kondisi awal yang berbeda. Tingkat pertama dianalisa dengan kondisi awal (tegangan awal dan deformasi) nol. Analisa tingkat selanjutnya dimulai dengan kondisi awal yang bukan nol, melainkan sudah terdapat tegangan dan deformasi struktur akibat analisa tingkat sebelumnya. Seluruh beban yang bekerja pada suatu tahap secara otomatis diikutsertakan pada analisa tahap selanjutnya.

Konstruksi bertahap merupakan bagian dari analisis statis nonlinear yang menganalisa struktur dalam beberapa fase tingkat/tahap (*Analysis reference SAP2000*, 2022). Ide dasar dari analisis ini adalah pada tahap awal, kondisi awal



struktur adalah nol. Semua elemen belum terbebani dan belum terjadi lendutan. Untuk tahap analisis selanjutnya, merupakan kelanjutan dari analisis nonlinear pada tahapan sebelumnya. Maksud dari pernyataan ini yaitu gaya-gaya dalam dan deformasi pada tahap sebelumnya diikutsertakan pada analisis tahap berikutnya.

Analisis konstruksi bertahap merupakan bagian analisis analisis statis nonlinear yang memerlukan beberapa kondisi sehingga dapat diterima program. Konstruksi bertahap memungkinkan kita sebagai pengguna untuk menentukan tahapan yang ingin ditambahkan atau dikurangi dari struktur yang dianalisis, memilih secara selektif beban yang dikerjakan pada struktur, serta mempertimbangkan perilaku material struktur terhadap waktu, seperti usia, penyusutan dari rangkanya.

Analisis konstruksi bertahap digolongkan menjadi analisis nonlinear statis karena didalam analisisnya struktur yang dianalisis dapat berubah seiring waktu. Oleh karena itu, analisis konstruksi bertahap dapat dikerjakan bersamaan dengan beberapa tahap yang melibatkan analisis nonlinear lainnya seperti *Time History Analysis* dan *Stiffnes Basic Anlysis*. Dalam analisis Konstruksi bertahap, hasil analisis pada tahap terakhirlah yang digunakan sebagai acuan.

Dalam SAP2000, untuk setiap analisis nonlinear konstruksi bertahap, akan ditentukan beberapa tahapan yang akan digunakan. Tahapan-tahapan ini akan dianalisis sesuai dengan urutan tahapan yang ditentukan, mulai dari tahap pertama dan seterusnya. Pengguna dapat menentukan berapa banyak tahapan yang diinginkan dalam satu *Load Case*. Analisis konstruksi bertahap juga dapat diteruskan dari *Load Case* ke *Load Case* lainnya. Dalam tiap tahapan, perlu ditentukan beberapa hal sebagai berikut.

- a. Durasi, dalam hari. Hal ini digunakan untuk *Time –dependent effect*. Namun jika analisis ini tidak ingin digunakan, atur durasinya menjadi nol
- b. Jumlah objek yang dikelompokkan dalam tahap tersebut ditambahkan ke struktur. Usia/umur objek merupakan fungsi dari *time-depdent effects* jika diperhitungkan.
- c. Jumlah objek yang dihilangkan dari struktur
- d. Jumlah objek yang akan dibebani ditentukan. Apakah seluruh objek yang ada akan dibebani ataukah hanya objek dalam group yang baru ditambahkan dalam tahapan ini yang akan dibebani.

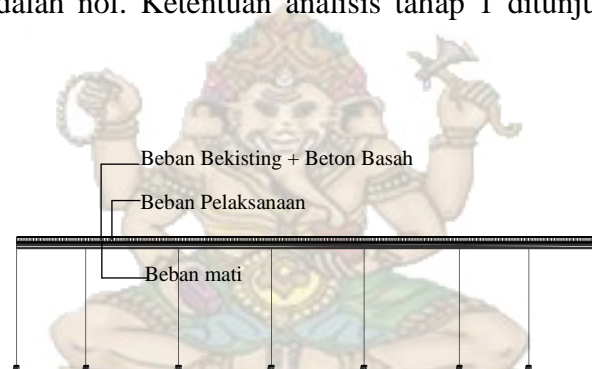
Objek dapat ditentukan secara detail dengan menggunakan kelompok-kelompok. Pada umumnya penggunaan kelompok atau group ini akan sangat memudahkan, sehingga dalam analisis konstruksi bertahap, langkah pertama dalam analisisnya adalah untuk menentukan kelompok/group untuk setiap tahapannya. Setiap tahapan dalam analisis konstruksi bertahap dianalisis secara terpisah untuk tahapan yang telah ditentukan. Analisis setiap tahapan memiliki dua bagian, yaitu :

- a. Perubahan struktur dan pengaplikasian beban dianalisis
- b. Ketika ditentukan kondisi durasi sama dengan nol, kemudian dianalisis *time-depdent effects*. Selama masa ini, struktur tidak berubah dan beban pengaplikasiannya dianggap konstan.

Dalam analisis konstruksi bertahap ini, kondisi yang benar-benar dipakai adalah kondisi terakhir dari struktur. Jika suatu objek berada di beberapa kelompok, maka objek tersebut akan diasumsikan sesuai dengan kelompok terakhir yang mengikutsertakannya.

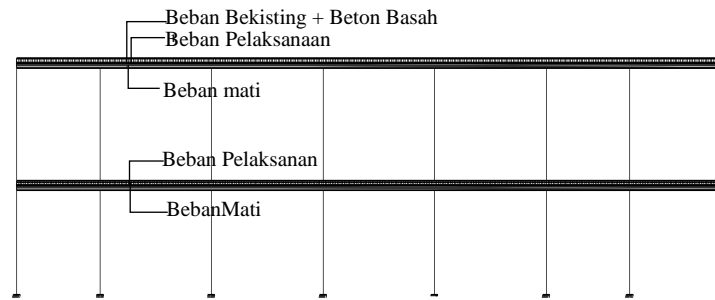
Metode pelaksanaan analisis konstruksi bertahap

**Tahap 1 :** Pada tahap ini diasumsikan struktur tingkat 1 telah selesai dikerjakan dan bekisting penahan telah dilepas. Beban mati bekerja pada suatu tingkat ketika kekuatan beton ( $f'c$ ) sudah mencapai 100%. Beban yang bekerja adalah beban mati akibat berat sendiri dari struktur tingkat 1, dan dilanjutkan pelaksanaan pekerjaan pengecoran struktur lantai tingkat 2. Pelat lantai tingkat 1 menerima beban tambahan berupa beban pelaksanaan, beban akibat berat konstruksi bekisting dan beban berat beton basah akibat pengecoran struktur tingkat 2. Kondisi awal adalah nol. Ketentuan analisis tahap 1 ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Kondisi Tahap 1 Analisis konstruksi bertahap

**Tahap 2 :** Perancah dan bekisting struktur tingkat 2 dilepas, sehingga beban konstruksi bekisting dan beban beton basah tingkat 2 tidak bekerja lagi pada lantai tingkat 1. Struktur yang menerima beban pada tahap ini adalah struktur tingkat 1 dan tingkat 2, dan dilanjutkan pelaksanaan pekerjaan pengecoran struktur lantai tingkat 3. Pelat lantai tingkat 2 menerima tambahan beban pelaksanaan, beban akibat berat konstruksi bekisting, dan beban berat beton basah akibat pengecoran struktur tingkat 3. Kondisi awal merupakan lanjutan dari kondisi akhir analisis tahap 1 Gambar 2.14 menunjukkan kondisi tahap 2.



Gambar 2. 14 Kondisi Tahap 2 Analisis konstruksi bertahap

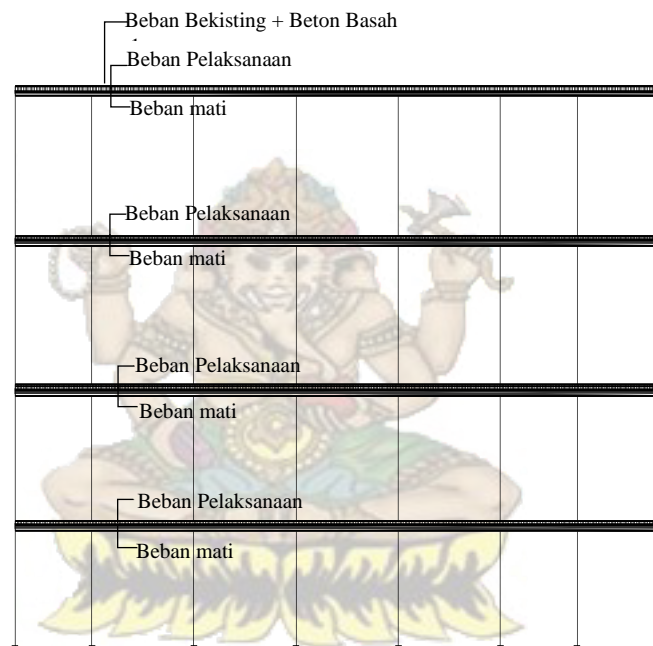
**Tahap 3 :** Perancah dan bekisting struktur tingkat 3 dilepas, sehingga beban konstruksi bekisting dan beban beton basah pada tingkat 3 tidak bekerja lagi. Struktur yang menerima beban pada tahap ini adalah struktur tingkat 1, 2, dan 3, dan dilanjutkan pelaksanaan pekerjaan pengecoran struktur lantai tingkat 4. Pelat lantai tingkat 3 menerima tambahan beban pelaksanaan, beban akibat berat konstruksi bekisting dan berat beton basah akibat pengecoran struktur tingkat 4. Kondisi awal merupakan lanjutan dari kondisi akhir analisis tahap 3. Gambar 2.15 menunjukkan kondisi tahap 3.



Gambar 2. 15 Kondisi Tahap 3 Analisis konstruksi bertahap

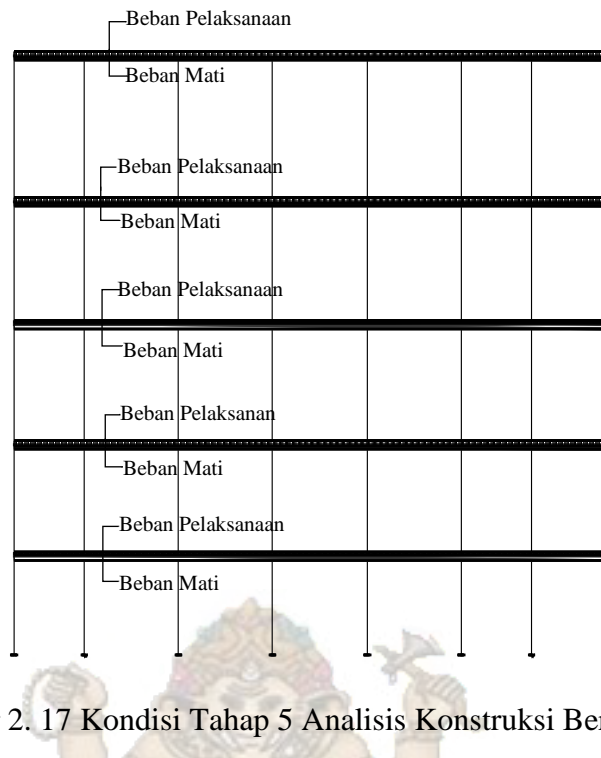
**Tahap 4 :** Perancah dan bekisting struktur tingkat 4 dilepas, sehingga beban konstruksi bekisting dan beban beton basah pada tingkat 4 tidak bekerja lagi.

Struktur yang menerima beban pada tahap ini adalah struktur tingkat 1, 2, 3 dan 4, dan dilanjutkan pelaksanaan pekerjaan pengecoran struktur lantai tingkat 5. Pelat lantai tingkat 4 menerima tambahan beban pelaksanaan beban akibat berat konstruksi bekisting dan berat beton basah akibat pengecoran struktur tingkat 5. Kondisi awal merupakan lanjutan dari kondisi akhir analisis tahap 3. Gambar 2.16 menunjukkan kondisi tahap 4.



Gambar 2. 16 Kondisi Tahap 4 Analisis Konstruksi Bertahap

**Tahap 5 :** Perancah dan bekisting struktur tingkat 5 dilepas, sehingga beban konstruksi bekisting dan beban beton basah pada tingkat 5 tidak bekerja lagi. Struktur yang menerima beban pada tahap ini adalah struktur tingkat 1, 2, 3, 4 dan 5. Pelat lantai tingkat 5 menerima beban pelaksanaan. Kondisi ini merupakan kondisi akhir dimana secara keseluruhan telah selesai dikerjakan struktur. Gambar 2.17 menunjukkan kondisi tahap 5.



Gambar 2. 17 Kondisi Tahap 5 Analisis Konstruksi Bertahap



Gambar 2. 18 Kondisi Tahap 6 Analisis Konstruksi Bertahap

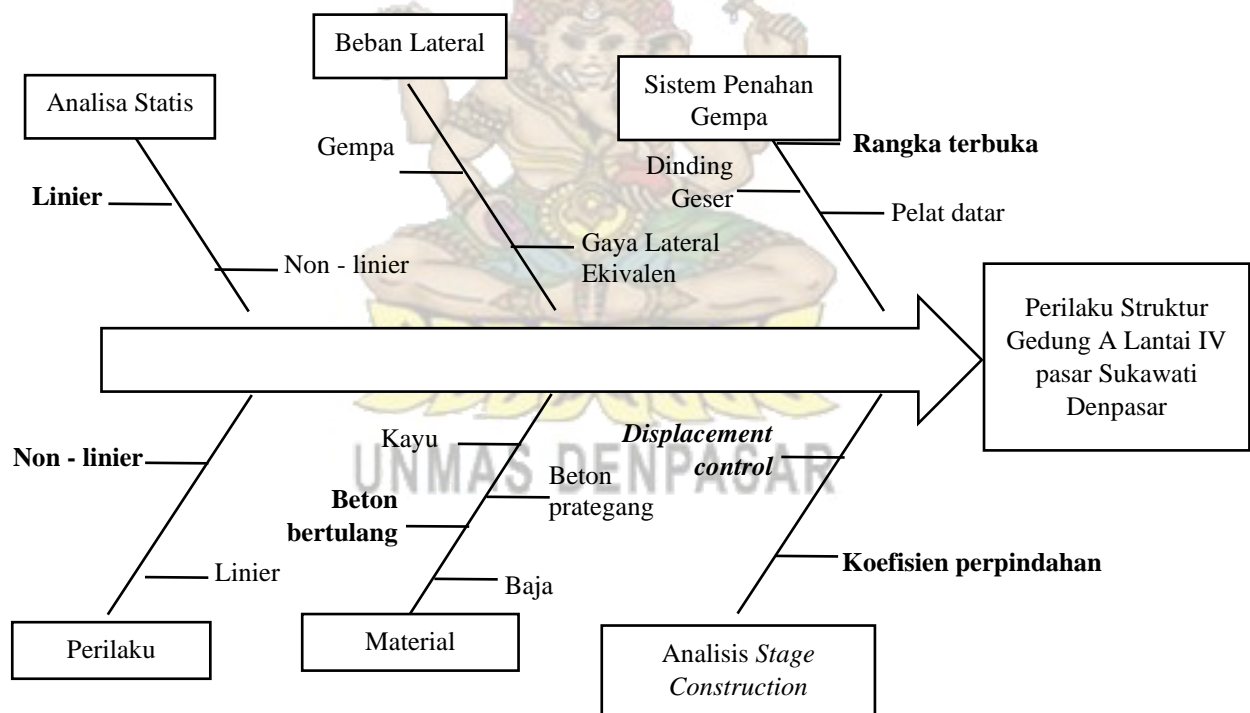
**Tahap 6 :** Gedung sudah selesai dikerjakan, sehingga beban Pelaksanaan tidak bekerja di semua lantai, beban hidup, beban mati dan beban mati tambahan

bekerja di semua lantai. Kondisi awal merupakan lanjutan dari kondisi akhir analisis tahap 6. Gambar 2.18 menunjukkan kondisi tahap 6.

Dan Pada tahap analisis konstruksi bertahap akibat beban gempa untuk gedung dapat dilakukan dengan metode pelaksanaan di atas.

## 2.5 Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* digunakan mendefinisikan dan menganalisis suatu masalah, baik untuk mengetahui kajian, metode atau yang lainnya. Dalam diagram berikut dijelaskan lebih detail mengenai kajian dan metode dari penelitian dalam skripsi ini:



Gambar 2.19 Diagram Fishbone

Dalam penelitian ini studi kasus yang ditinjau adalah Gedung A Lantai IV Pasar Sukawati yang merupakan gedung dengan material beton bertulang. Gedung dimodelkan *open frame* (rangka terbuka) pada SAP2000. Dengan pembebanan lateral gedung menggunakan gaya lateral statik ekuivalen. Lalu dilakukan analisis



non linear dengan metode *stage construction*, yang nantinya dapat memperlihatkan hasil perilaku non-linier struktur gedung yang ditinjau.

Beberapa penelitian terdahulu juga pernah melakukan analisis *stage construction* terhadap suatu studi kasus struktur gedung, untuk mengetahui perilaku struktur dari struktur gedung tersebut. Selain itu analisis *stage construction* juga digunakan untuk menganalisis struktur beton bertulang dengan variasi panjang bentang dan jumlah tingkat menghasilkan beban vertikal (beban gravitasi) analisis konstruksi bertahap memberikan nilai lendutan dan gaya – gaya dalam yang lebih besar dari pada analisis konvensional, lalu akan diperoleh hasil perbandingan desain struktur mana yang lebih efisien.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bagiarta pada tahun 2010 dengan judul mengenai analisis konstruksi bertahap pada portal beton bertulang dengan variasi panjang bentang dan jumlah tingkat menghasilkan beban vertikal (beban gravitasi) analisis konstruksi bertahap memberikan nilai lendutan dan gaya – gaya dalam yang lebih besar dari pada analisis konvensional, dengan rasio lendutan gaya – gaya dalam berkisar antara 1,069 sampai dengan 2,248.

Sukrawa pada tahun 2015 mengenai analisis konstruksi bertahap struktur rangka terbuka beton bertulang dengan perkuatan bresing baja menghasilkan tegangan berlebih (*over stressed*) pada beberapa elemen struktur jika dianalisis dengan ketentuan SNI 1726 : 2012.