

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Fungsi utama dari struktur adalah dapat memikul secara amandan efektif beban yang bekerja pada bangunan, serta menyalurkannya ketanah melalui pondasi. Beban yang bekerja terdiri dari beban vertikal dan beban horizontal (Jimmy S. Juwana, 2005).

Pada saat ini, industri konstruksi sudah sangat berkembang. Tidak hanya menitik beratkan pada segi kekuatan dan kestabilan struktur, namun juga sangat memperhatikan segi ekonomis, praktis, dan ketepatan waktu. Pemakaian beton pracetak (*pre-cast*) dalam perencanaan struktur suatu gedung merupakan salah satu alternatif untuk mencapai hal tersebut. Beton pracetak (*pre-cast*) menurut SNI 2847:2013 adalah elemen struktur yang dicetak di tempat lain dari posisi akhirnya dalam struktur, yang berarti bahwa struktur pracetak diproduksi di tempat tertentu (fabrikasi) dilanjutkan dengan proses pengangkutan beton pracetak ke lokasi (transportasi). Komponen-komponen tersebut kemudian dipasang sesuai keberadaannya sebagai komponen struktur dari sistem struktur beton (ereksi).

Dilatasi adalah sebuah sambungan/garis pada sebuah bangunan yang karena sesuatu hal memiliki sistem struktur berbeda. Yang gunanya untuk menghindari kerusakan atau retak – retak pada bangunan yang ditimbulkan oleh gaya vertikal dan horizontal, seperti pergeseran tanah, gempa bumi, dan lain - lain. Kerusakan-kerusakan bangunan disambung yang disebabkan oleh gempa bumi secara struktural antara lain efek perlemahan tingkat (*soft story effect*), efek kolom pendek (*short coloumn effect*), punter (*torsion*), dan benturan antar bangunan yang berdekatan (*structural pounding*) (widodo,1997).

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah – langkah perhitungan struktur atas (*upper structure*) Gedung Kuliah Umum. Dalam merancang sebuah bangunan struktur, ada hal-hal yang perlu untuk diperhatikan, yakni,

- a. Pembebanan.
- b. Tingkat Daktilitas.
- c. Dilatasi.
- d. Sistem Rangka Pemikul momen yang digunakan.

## **2.2. Beton Pracetak**

Beton pracetak adalah beton yang dibuat dipabrik atau di ground floor proyek yang kemudian diangkat untuk dipasang pada tempatnya (Wibowo 2006). Pemakaian beton pracetak semakin dominan digunakan pada pekerjaan struktur dalam bidang teknik sipil ditengah semakin besarnya tuntutan akan pelaksanaan pembangunan konstruksi yang cepat dan efisien. Hal ini disebabkan performa sistem pracetak yang terbukti lebih handal dari sistem konvensional dalam memenuhi kebutuhan pembangunan di era globalisasi yang menuntut profesionalitas dan efisiensi (Nurjaman, Faizal, dan Sidjabat 2010). Namun selain dari kelebihan-kelebihan metode pracetak yang telah disebutkan sebelumnya, metode ini juga mempunyai kekurangan yaitu pada aspek perancangan yang juga harus memperhatikan cara penyambungan antar komponen, sistem transportasi serta metode pelaksanaan pemasangannya. Faktor yang perlu dipertimbangkan adalah dimensi dan berat setiap komponen yang harus sesuai dengan ketersediaan alat angkat dan alat angkut yang membutuhkan biaya tambahan untuk pengadaannya. Karena jika ketiga aspek tersebut diabaikan, maka akan mengakibatkan biaya konstruksi menjadi mahal.

Saat ini, telah terdapat berbagai macam sistem struktur beton pracetak yang telah dikembangkan oleh berbagai perusahaan swasta, instansi pemerintah, maupun Badan Usaha Milik Negara yang mendukung sektor konstruksi di Indonesia. Jenis sistem struktur yang paling banyak dikembangkan saat ini adalah sistem join balokkolom beton pracetak, sistem panel dinding geser beton pracetak, serta sistem struktur panel beton pracetak sebagai pelat jembatan.

Perkembangan sistem struktur join dan panel beton pracetak terutama untuk mendukung program pemerintah, yaitu pembangunan rumah susun

sederhana yang terjangkau harganya untuk masyarakat golongan menengah ke bawah. Dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional tahun 2004-2014, target yang ditetapkan adalah 1000 tower atau 1000 unit Rumah Susun. Dengan adanya program percepatan pembangunan rusunawa sejak tahun 2006, maka jumlah rusunawa berupa bangunan bertingkat sedang (4-6 lantai) adalah sekitar 150 blok/tahun dan rusunami berupa bangunan bertingkat tinggi (10-20 lantai) sebanyak 300 blok/tahun sampai dengan tahun 2011. Jumlah yang sangat besar tersebut menyebabkan perlunya pembangunan yang efisien dengan tetap memperhatikan persyaratan teknis perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan (Sidjabat, 2007) Sistem struktur beton pracetak juga digunakan untuk pembangunan gedung asrama, rumah toko, ataupun gedung perkantoran. Pemilihan sistem beton pracetak adalah karena sistem ini mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem struktur beton yang dicor di tempat, yaitu:

- a. Pelaksanaan pekerjaan di lapangan dapat dilakukan dengan lebih cepat lebih dan lebih mudah sehingga mengurangi masa konstruksi.
- b. Pelaksanaan lebih cepat sehingga dapat mengurangi biaya konstruksi.
- c. Pengontrolan mutu pekerjaan lebih baik karena pengerjaan komponen frame dilakukan sebelum pemasangan (instalasi) sebagai struktur bangunan, sehingga kualitas konstruksi lebih terjamin.
- d. Mengurangi bahan cetakan dari bahan kayu mendukung pelestarian lingkungan.
- e. Mengurangi jumlah tenaga kerja di lapangan.
- f. Kondisi lapangan lebih bersih.

### **2.3. Desain Sambungan dan Tumpuan**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 16.6, Gaya-gaya diizinkan untuk disalurkan antara komponen-komponen struktur dengan *joint grouting* (*grouted joints*), kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, penutup atas bertulang (*reinforced topping*), atau kombinasi cara-cara tersebut. Untuk sambungan yang digunakan untuk beton pracetak adalah *joint grouting*.

## 2.4. Sistem Sambungan Pracetak

Jenis sambungan antara komponen beton pracetak yang biasa dipergunakan dapat dikategorikan menjadi 2 kelompok sebagai berikut (Wahyudi, 2010):

1. Sambungan kering (*dry connection*)

Sambungan kering adalah sambungan antar komponen beton pracetak menggunakan plat besi sebagai penghubung, yang kemudian dilas atau dibaut.

2. Sambungan basah (*wet connection*)

Sambungan basah adalah sambungan antar beton pracetak yang ditandai dengan keluarnya besi tulangan dari beton pracetak. Besi tulangan ini dihubungkan dengan besi tulangan dari beton pracetak yang akan disambungkan dengan cara dicor di tempat.

Jenis sambungan ini dapat berfungsi baik untuk mengurangi penambahan tegangan yang terjadi akibat rangkai, susut dan perubahan temperatur. Sambungan basah ini sangat dianjurkan untuk bangunan di daerah rawan gempa karena dapat menjadikan masing-masing komponen beton pracetak menjadi monolit.

## 2.5. Elemen Struktur

Pada umumnya, struktur bangunan gedung terdiri dari 2 bagian utama, yaitu struktur pada bagian atas dan struktur pada bagian bawah. Namun untuk perancangan gedung yang penulis fokuskan adalah struktur pada bagian atas yang terdiri dari kolom, balok, dan pelat lantai. Berikut adalah uraian dari komponen pada struktur bagian atas.

1. Balok

Balok adalah bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. (Gazalih, 2012) Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban lentur (momen), beban geser, dan beban torsi.

2. Kolom

Kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi

lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial.

### 3. Pelat Lantai

Pelat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal dengan permukaan bawah dan atasnya sejajar.

## 2.6. Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Perencanaan pembebanan yang digunakan sebagai standar acuan untuk perencanaan beban Gedung Kuliah Umum 2 yaitu:

- a. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013).
- b. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012)

### 2.6.1. Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan tinggi, struktur gedung harus direncanakan agar kuat menahan semua beban yang bekerja padanya. Berdasarkan arah kerja beban, maka beban dapat dikelompokkan menjadi beban gravitasi (beban vertikal) dan beban lateral (beban horizontal). Jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur dapat didefinisikan sebagai berikut.

1. Beban mati (*Dead Load*) ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin seta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.
2. Beban hidup (*Live Load*) ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, khusus untuk lantai rumah sakit digunakan beban hidup sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$ .
3. Beban gempa (*Earthquake Load*) ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan

pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis statik ekuivalen, maka yang diartikan dengan gempa di sini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

4. Beban angin (*Wind Load*) ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara.

### 2.6.2. Uraian Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan Gedung Kuliah Umum mengacu pada SNI 1727-2013, sebagai berikut:

#### A. Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan beban sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari masing-masing elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

|    |  |   |                        |
|----|--|---|------------------------|
| a. | Pelat (0,13 m x 2400 kg/m <sup>3</sup> ) | = | 312 kg/m <sup>2</sup>  |
| b. | Eternit/Plafon                           | = | 11 kg/m <sup>2</sup>   |
| c. | Penggantung langit-langit                | = | 7 kg/m <sup>2</sup>    |
| d. | Keramik                                  | = | 5 kg/m <sup>2</sup>    |
| e. | <i>Ducting AC</i> dan penerangan         | = | 30,6 kg/m <sup>2</sup> |
| f. | <i>Waterproof</i> per cm                 | = | 14 kg/m <sup>2</sup>   |
| g. | Instalasi <i>plumbing</i>                | = | 25 kg/m <sup>2</sup>   |
| h. | Dinding                                  | = | 110 kg/m <sup>2</sup>  |

#### B. Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang diperhitungkan yaitu beban hidup selama masa layan. Berikut beban pada lantai dan atap pada gedung berdasarkan SNI 1727-2013:

**Tabel 2.1.** Beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum.

| Hunian atau Penggunaan                | Merata psf<br>(kN/m <sup>2</sup> )   | Terpusat<br>Lb (kN) |
|---------------------------------------|--|---------------------|
| Apartemen (lihat rumah tinggal)       |  |                     |
| Sistem lantai akses                   |  |                     |
| Ruang kantor                          | 50 (2,4)   | 2000 (8,9)          |
| Ruang komputer                        | 100 (4,79)   | 2000 (8,9)          |
| Gudang persenjataan dan ruang latihan | 150 (7,18) <sup>a</sup>  |                     |
| Ruang pertemuan                       |  |                     |
| Kursi tetap (terikat di lantai)       | 100 (4,79) <sup>a</sup>  |                     |
| Lobi                                  | 100 (4,79) <sup>a</sup>  |                     |
| Kursi dapat dipindahkan               | 100 (4,79) <sup>a</sup>  |                     |
| Panggung pertemuan                    | 100 (4,79) <sup>a</sup>  |                     |
| Lantai podium                         | 100 (4,79) <sup>a</sup>  |                     |
| Balkon dan dek                        | 1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psff (4,79 kN/m <sup>2</sup> ) |                     |
| Jalur untuk akses pemeliharaan        | 40 (1,92)  | 300 (1,33)          |
| Koridor                               |  |                     |
| Lantai pertama                        | 100 (4,79)   |                     |
| Lantai lain                           | Sama seperti pelayanan Hunian kecuali disebutkan lain  |                     |

|   |   |              |
|---|---|--------------|
| Ruang makan dan restoran  | 100 (4,79) <sup>a</sup>                             |              |
| Hunian (lihat rumah tinggal)  |   |              |
| Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in [50 mm x 50 mm])  |   | 300 (0,89)   |
| Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in x1 in. [25 mm x 25 mm])                        |   | 200 (0,89)   |
| Jalur penyelamatan terhadap kebakaran   | 100 (4,79)  |              |
| Hunian satu keluarga saja   | 40 (1,92)   |              |
| Tangga permanen   | Lihat pasal 4,5                                     |              |
| Garasi/ parkir mobil penumpang saja<br>truk dan bus   | 40 (1,92) <sup>a,b,c</sup>                          |              |
| Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan  | Lihat pasal 4,5                                     |              |
| Helipad   | 60 (2,87) <sup>de</sup><br>tidak boleh<br>direduksi | e,t,g        |
| Rumah sakit:  |   |              |
| Ruang operasi, laboratorium   | 60 (2,87)   | 1000 (4,45)  |
| Ruang pasien  | 40 (1,92)   | 1000 (4,45)  |
| Koridor diatas lantai pertama   | 80 (3,83)   | 1000 (4,45)  |
| Hotel (lihat rumah tinggal)   |   |              |
| Perpustakaan:   |   |              |
| Ruang baca  | 60 (2,87)   | 1000 (4,45)  |
| Ruang penyimpanan   | 150 (7,18) <sup>a,h</sup>                           | 1000 (4,45)  |
| Koridor di atas lantai pertama  | 80 (3,83)   | 1000 (4,45)  |
| Pabrik:   |   |              |
| Ringan  | 125 (6,00) <sup>a</sup>                             | 2000 (8,9)   |
| Berat   | 250 (11,97) <sup>a</sup>                            | 3000 (13,40) |
| Gedung perkantoran:   |   |              |
| Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian |   |              |

|  |                           |            |
|--|---------------------------|------------|
| Lobi dan koridor lantai pertama  | 100 (4,79)                | 2000 (8,9) |
| Kantor   | 50 (2,40)                 | 2000 (8,9) |
| Koridor di atas lantai pertama   | 80 (3,83)                 | 2000 (8,9) |
| Lembaga hukum  |                           |            |
| Blok sel   | 40 (1,92)                 |            |
| Koridor  | 100 (4,79)                |            |
| Tempat rekreasi  |                           |            |
| Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama                   | 75 (3,59) <sup>a</sup>    |            |
| Bangsal dansa dan ruang dansa  | 100 (4,79) <sup>a</sup>   |            |
| Gimnasium  | 100 (4,79) <sup>a</sup>   |            |
| Tempat menonton baik terbuka atau tertutup                               | 100 (4,79) <sup>a,k</sup> |            |
| Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai) | 60 (2,87) <sup>a,k</sup>  |            |
| Rumah tinggal:   |                           |            |
| Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)                                  |                           |            |
| Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang                             | 10 (0,48) <sup>l</sup>    |            |
| Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang                            | 20 (0,96) <sup>m</sup>    |            |
| Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur                                | 20 (1,44)                 |            |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon                                    | 40 (1,92)                 |            |
| Semua hunian rumah tinggal lainnya                                       |                           |            |
| Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka                           | 40 (1,92)                 |            |
| Ruang publik dan koridor yang melayani mereka                            | 100 (4,79)                |            |
| Atap:  |                           |            |
| Atap datar, berbubung, dan lengkung                                      | 20 (0,96) <sup>a</sup>    |            |
| Atap digunakan untuk taman atap  | 100 (4,79)                |            |

|  |  |            |
|--|--|------------|
| yang digunakan untuk tujuan lain   | Sama seperti hunian dilayani   | i          |
| Atap yang digunakan untuk hunian lainnya   | <sup>a</sup>   |            |
| Awning dan kanopi  |  |            |
| Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan   | 5 (0,24) Tidak boleh direduksi   |            |
| Rangka tumpu layar penutup   | 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan bersarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka | 200 (0,89) |
| Semua konstruksi lainnya   | 20 (0,96)  | 2000 (8,9) |
| Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung pekerjaan lantai   |  |            |
| Titik panel tunggal dari batang bawah ranga atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, dan perbaikan garasi |  |            |
| Semua komponen struktur atap utama lainnya   |  | 300(1,33)  |
| Semua permukaan atap dengan beban pekerja  |  | 300 (1,33) |
| Pemeliharaan   |  |            |
| Sekolah  |  |            |
| Ruang kelas  | 40 (1,92)  | 1000 (4,5) |
| Koridor di atas lantai pertama   | 80 (3,83)  | 1000 (4,5) |
| Koridor lantai pertama   | 100 (4,79)   | 1000 (4,5) |

|  |                               |                  |
|--|-------------------------------|------------------|
| Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses   |                               | 200 (0,89)       |
| Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk  | 250<br>(11,97) <sup>a,P</sup> |                  |
| Tangga dan jalan keluar  | 100 (4,79)                    | 300 <sup>r</sup> |
| Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja   | 40 (1,92)                     | 300 <sup>r</sup> |
| Gudang diatas langit-langit  | 20 (0,96)                     |                  |
| Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) |                               |                  |
| Ringan   | 125(6,00) <sup>a</sup>        |                  |
| Berat  | 250 (11,97) <sup>a</sup>      |                  |
| Toko Eceran Lantai pertama   | 100 (4,79)                    |                  |
| Lantai diatasnya   | 75 (3,59)                     |                  |
| Grosir, di semua lantai  | 125 (6,00) <sup>a</sup>       |                  |
| Penghalang kendaraan   |                               | Lihat Pasal 4.5  |
| Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)  | 60 (2,87)                     |                  |
| Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki   | 100 (4,79) <sup>a</sup>       |                  |

Sumber : SNI 1727-2013

### C. Beban Angin (WL)

Pada perencanaan bangunan gedung kuliah umum ini tekanan angin tiup yang digunakan yaitu tekanan angin tiup maksimum yaitu sebesar 40 kg/m<sup>2</sup>, karena kampus ITERA memiliki tiupan angin yang cukup besar. Sedangkan besarnya koefisien angin untuk gedung tertutup, nilai koefisien angin pada dinding vertikalnya yaitu sebagai berikut:

1. Dipihak angin = 0.9
2. Dibelakang angin = 0.4
3. Tegak lurus dengan arah angin = 0.4

#### D. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012, pengaruh beban gempa harus ditentukan sesuai dengan ketentuan berikut ini:

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dalam kombinasi metode ultimit,  $E$  harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$E = E_h + E_v \quad (2.35)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam kombinasi metode ultimit,  $E$  harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$E = E_h - E_v \quad (2.35)$$

Keterangan :

$E$  = Pengaruh beban gempa

$E_h$  = Pengaruh beban gempa horizontal

$E_v$  = Pengaruh beban gempa arah vertikal

Pengaruh beban gempa horizontal ( $E_h$ ), harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_h = \rho Q_E \quad (2.37)$$

Keterangan :

$Q_E$  = Pengaruh gaya gempa horizontal dari V dan  $F_p$

$\rho$  = Faktor redundansi

Pengaruh beban gempa vertikal ( $E_v$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \quad (2.38)$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = Pengaruh gaya gempa horizontal dari V dan  $F_p$

$D$  = Pengaruh beban mati

Sehingga, pembebanan gempa pada kombinasi 5 dan 7 pada metode ultimit menjadi:

$$5. (1,2 + 0,2S_{DS}) DL + \rho Q_E + L$$

$$7. (0,9 - 0,2S_{DS}) DL + \rho Q_E$$

## 2.7. Analisis Beban Respons Spektrum

Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Berikut ini penjelasan langkah-langkah analisis beban seismik berdasarkan SNI Gempa 1726:2012 untuk bangunan gedung.

### 2.7.1. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan dan faktor keutamaan ( $I_e$ )

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2.

**Tabel 2.2.** Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

| Jenis pemanfaatan  | Kategori risiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan non gedung 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>a) Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>b) Fasilitas sementara</li> <li>c) Gudang penyimpanan</li> <li>d) Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul> | <b>I</b>        |
| 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 ; rumah toko dan rumah kantor</li> <li>• Pasar</li> </ul>  | <b>II</b>       |

|  |                   |
|--|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedung perkantoran</li> <li>• Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>• Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>• Bangunan industri</li> <li>• Fasilitas manufaktur</li> <li>• Pabrik</li> </ul>   |                   |
| <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 ke dalam 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 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,</p> | <p><b>III</b></p> |

|  |                  |
|--|------------------|
| <p>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 non gedung yang ditunjukkan 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> <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, 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> <li>• 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.</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p> | <p><b>IV</b></p> |

*Sumber: SNI Gempa 1726:2012*

**Tabel 2.3.** Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

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

*Sumber: SNI Gempa 1726:2012*

### 2.7.2 Kombinasi Beban yang Dipakai

Kombinasi beban yang digunakan adalah kombinasi beban untuk metoda ultimit, yang harus dirancang sehingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh dari beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi yang diambil berdasarkan SNI 1726:2012, sebagai berikut :

Kombinasi 1 : 1,4 DL

Kombinasi 2 : 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 Lr atau R

Kombinasi 3 : 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 WL

Kombinasi 4 : 1,2 DL + 1,0 WL + LL + 0,5 Lr atau R

Kombinasi 5 : 1,2 DL  $\pm$  1,0 E + LL

Kombinasi 6 : 0,9 DL + 1,0 WL

Kombinasi 7 : 0,9 DL  $\pm$  1,0 E

Keterangan:

DL = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap;

LL = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain;

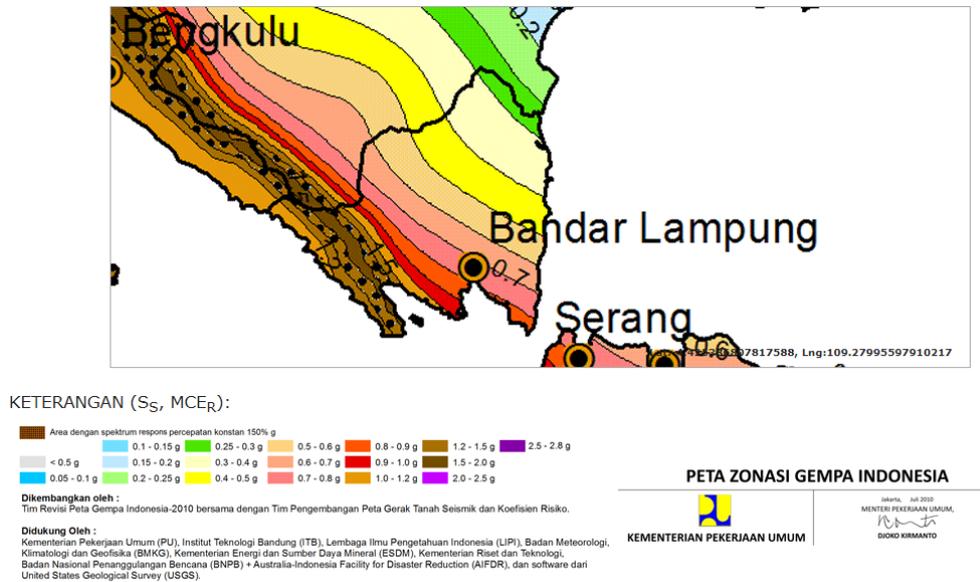
E = Beban gempa;

W = Beban angin.

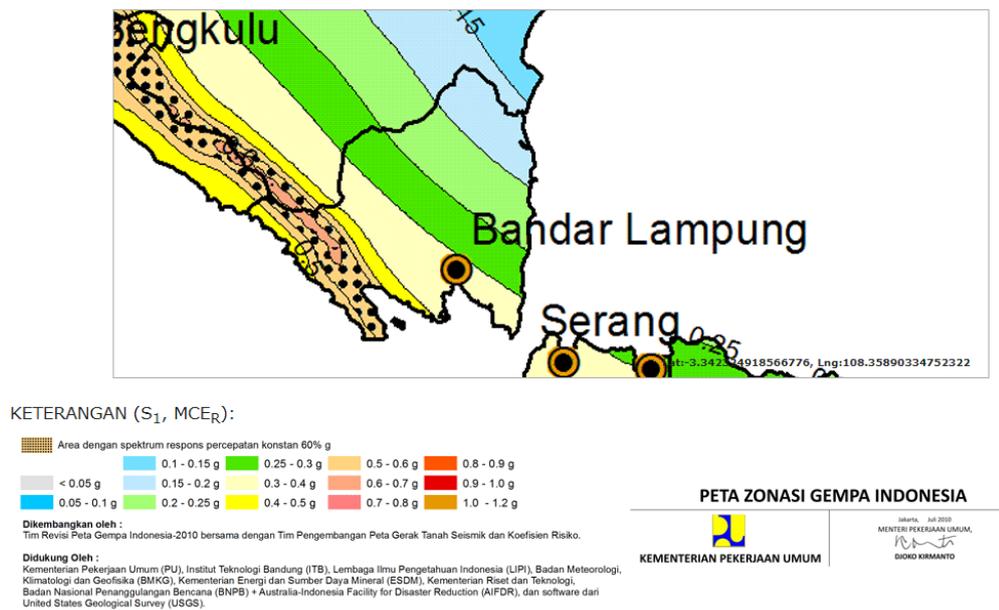
### 2.7.3 Menentukan Parameter percepatan gempa ( $S_S$ , $S_1$ )

Parameter  $S_S$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50

tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.



**Gambar 2.1.** Peta Parameter  $S_s$  Kota Bandar Lampung dan Sekitarnya.  
(Sumber: Puskim)



**Gambar 2.2.** Peta Parameter  $S_1$  Kota Bandar Lampung dan Sekitarnya.  
(Sumber: Puskim)

## 2.7.4 Menentukan Kelas Situs (SA – SF)

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 3. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin keahlian yang menyiapkan laporan penyelidikan tanah berdasarkan kondisi geotekniknya.

Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

**Tabel 2.4.** Klasifikasi Situs

| Kelas situs  | $\bar{v}_s$ (m/detik)   | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$ | $\bar{s}_u$ (kPa) |
|--|---|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras)  | >1500   | N/A                           | N/A               |
| SB (batuan)  | 750 sampai 1500   | N/A                           | N/A               |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)  | 350 sampai 750  | >50                           | ≥100              |
| SD (tanah sedang)  | 175 sampai 350  | 15 sampai 50                  | 50 sampai 100     |
| SE (tanah lunak)   | < 175   | <15                           | < 50              |
|  | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :<br>1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ ,<br>2. Kadar air, $w \geq 40\%$ ,<br>3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa   |                               |                   |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1) | Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:<br>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah<br>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)<br>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ )<br>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa |                               |                   |

**Sumber:** SNI Gempa 1726:2012

Penetapan kelas situs SC, SD dan SE harus dilakukan dengan menggunakan

sedikitnya hasil pengukuran dua dari tiga parameter  $\bar{v}_s$ ,  $\bar{N}$ , dan  $\bar{s}_u$ . Untuk mengklasifikasikan situs dari bangunan ini penulis menggunakan metode N. Metode N yaitu tahanan penetrasi standar rata-rata ( $\bar{N}$ ) dalam lapisan 30 m paling atas atau  $\bar{N}_{ch}$  tahanan penetrasi standar rata-rata tanah non kohesif (PI<20) di dalam lapisan 30 m paling atas. Nilai  $\bar{N}$  dan  $\bar{N}_{ch}$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (2.6)$$

di mana  $N_i$  dan  $d_i$  dalam Persamaan 2 berlaku untuk tanah non-kohesif, tanah kohesif, dan lapisan batuan.

$$\bar{N} = \frac{d_s}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (2.7)$$

di mana  $N_i$  dan  $d_i$  dalam Persamaan 3 berlaku untuk lapisan tanah non-kohesif saja, dan  $\sum_{i=1}^n d_i = d_s$ , di mana  $d_s$  adalah ketebalan total dari lapisan tanah non kohesif di 30m lapisan paling atas.

$N_i$  adalah tahanan penetrasi standar 60 persen energi (N60) yang terukur langsung di lapangan tanpa koreksi, dengan nilai tidak lebih dari 305 pukulan/m. Jika ditemukan perlawanan lapisan batuan, maka nilai  $N_i$  tidak boleh diambil lebih dari 305 pukulan/m.

### **2.7.5 Menentukan Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCER)**

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

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

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

dengan,

$S_s$  = Parameter respons spectral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda pendek;

$S_1$  = Parameter respons spectral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Sedangkan untuk koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti tabel 4 dan tabel 5.

**Tabel 2.5.** Koefisien Situs,  $F_a$

| Kelas Situs | Parameter respons spectral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$ |             |              |           |                 |
|-------------|--|-------------|--------------|-----------|-----------------|
|             | $S_s \leq 0,25$  | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA          | 0,8  | 0,8         | 0,8          | 0,8       | 0,8             |
| SB          | 1,0  | 1,0         | 1,0          | 1,0       | 1,0             |
| SC          | 1,2  | 1,2         | 1,1          | 1,0       | 1,0             |
| SD          | 1,6  | 1,4         | 1,2          | 1,1       | 1,0             |
| SE          | 2,5  | 1,7         | 1,2          | 0,9       | 0,9             |
| SF          | $SS^b$   |             |              |           |                 |

*Sumber: SNI Gempa 1726:2012*

**Tabel 2.6.** Koefisien Situs,  $F_v$

| Kelas Situs | Parameter respons spectral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$ |             |             |           |                 |
|-------------|--|-------------|-------------|-----------|-----------------|
|             | $S_s \leq 0,25$  | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,3$ | $S_s = 1$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA          | 0,8  | 0,8         | 0,8         | 0,8       | 0,8             |
| SB          | 1,0  | 1,0         | 1,0         | 1,0       | 1,0             |
| SC          | 1,7  | 1,6         | 1,5         | 1,0       | 1,3             |
| SD          | 2,4  | 2           | 1,8         | 1,1       | 1,5             |
| SE          | 3,5  | 3,2         | 2,8         | 0,9       | 2,4             |
| SF          | $SS^b$   |             |             |           |                 |

*Sumber: SNI Gempa 1726:2012*

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

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

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

### 2.7.6 Menentukan Spektrum Respons Desain

Untuk menentukan spektrum respons desain mengikuti prosedur di bawah ini:

- Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ , dan spektrum respons desain  $S_a$ , maka mengikuti persamaan;

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

- Untuk perioda yang lebih besar atau sama dengan dari  $T_0$  dan lebih kecil atau sama dengan dari  $T_s$ , spektrum respons desain percepatan  $S_a$  sama dengan  $S_{DS}$ .
- Untuk perioda yang lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan dari desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan berikut:

$$S_a = S_{DS} / T \quad (2.13)$$

dengan,

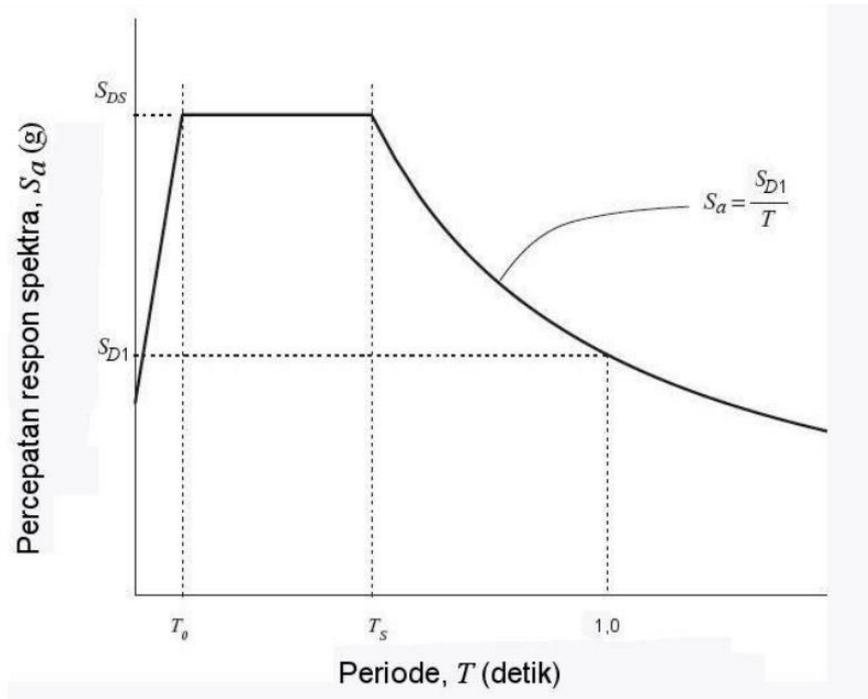
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik;

T = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.14)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (2.15)$$



**Gambar 2.3.** Spektrum Respons Desain  
(Sumber: SNI 1726-2012 hal. 6.4.3)

### 2.7.7 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.5. Setiap struktur harus diklasifikasikan desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektrum percepatan desainnya, SDS dan SD1. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.11 untuk periode pendek dan Tabel 2.12 untuk periode 1 detik:

**Tabel 2. 7.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

| Nilai SDS                  | Kategori Risiko    |    |
|----------------------------|--------------------|----|
|                            | I atau II atau III | IV |
| $S_{DS} < 0,167$           | A                  | A  |
| $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$ | B                  | C  |
| $0,33 \leq S_{DS} < 0,50$  | C                  | D  |
| $0,50 \leq S_{DS}$         | D                  | D  |

Sumber : SNI 1726-2012

**Tabel 2. 8.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

| Nilai $S_{DS}$              | Katagori Resiko    |    |
|-----------------------------|--------------------|----|
|                             | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,167$            | A                  | A  |
| $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ | B                  | C  |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$  | C                  | D  |
| $0,20 \leq S_{D1}$          | D                  | D  |

Sumber : SNI 1726-2012

### 2.7.8 Pemilihan Sistem Struktur

Setiap sistem penahan gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut. Sistem penahan gempa dan persyaratannya termuat dalam tabel berikut:

**Tabel 2. 9.** Faktor R, Cd, dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

| Sistem penahan-gaya seismik                      | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) |    |    |    |    |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|----|----|----|----|
|  |                                     |  |                                     | Katagori desain seismik  |    |    |    |    |
|  |                                     |  |                                     | B  | C  | D  | E  | F  |
| Sistem rangka pemikul momen                      |                                     |  |                                     |  |    |    |    |    |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus              | 8                                   | 3                                      | 5,5                                 | TB   | TB | TB | TB | TB |
| 2. Rangka baja pemikul momen menengah            | 4,5                                 | 3                                      | 4                                   | TB   | TB | TB | 10 | TI |
| 3. Rangka baja pemikul momen biasa               | 3,5                                 | 3                                      | 3                                   | TB   | TB | TI | TI | TI |
| 4. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus   | 8                                   | 3                                      | 5,5                                 | TB   | TB | TB | TB | TB |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah | 5                                   | 3                                      | 4,5                                 | TB   | TB | TI | TI | TI |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa    | 3                                   | 3                                      | 2,5                                 | TB   | TI | TI | TI | TI |

Sumber : SNI 1726-2012

### 2.7.9 Faktor Redundansi

Faktor redundansi,  $\rho$ , menurut SNI 1726-2012 harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonal untuk

semua struktur, sesuai dengan ketentuan berikut:

1. Kondisi di mana nilai  $\rho$  adalah 1,0

Nilai  $\rho$  diizinkan sama dengan 1,0 untuk hal-hal berikut ini:

- a. Struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C;
- b. Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta;
- c. Desain komponen non-struktural;
- d. Desain struktur non-gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung;
- e. Desain elemen kolektor, sambungan lewatan, dan sambungannya di mana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih;
- f. Desain elemen struktur atau sambungan di mana kombinasi beban dengan faktor kuat-lebih;
- g. Struktur dengan sistem peredaman;
- h. Desain dinding struktural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya.

2. Faktor redundansi ( $\rho$ ) untuk kategori desain seismik D sampai F

Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F,  $\rho$  harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana  $\rho$  diizinkan diambil sebesar 1,0:

- a. Masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar dalam arah yang ditinjau;
- b. Struktur dengan denah beraturan di semua tingkat dengan sistem penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35 persen geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang

dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat,  $h_{sx}$ , untuk konstruksi rangka ringan.

## **2.8. Daktilitas Bangunan**

Menurut SNI 03-1726-2002, daktilitas adalah kemampuan struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Suatu daktilitas memiliki tingkat-tingkatan tertentu :

- A. Daktil penuh adalah suatu tingkat daktilitas struktur gedung, di mana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca-elastik pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan yang paling besar, yaitu dengan mencapai nilai faktor daktilitas sebesar 5,3.
- B. Daktil parsial adalah seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas di antara untuk struktur gedung yang elastic penuh sebesar 1,0 dan untuk struktur gedung yang daktil penuh sebesar 5,3.

## **2.9. Pemisah Bangunan (Dilatasi)**

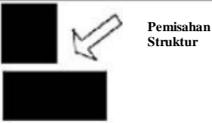
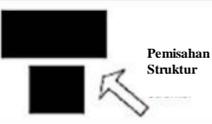
Dilatasi baik digunakan pada pertemuan antara bangunan yang rendah dengan yang tinggi, antara bangunan induk dengan bangunan bersayap, dan bagian bangunan lain yang mempunyai kelemahan geometris. Disamping itu, bangunan yang sangat panjang tidak dapat menahan deformasi akibat penurunan pondasi dan gempa, karena akumulasi gaya yang sangat besar pada dimensi bangunan yang panjang, dan menyebabkan timbulnya retakan atau keruntuhan structural. Oleh karenanya, suatu bangunan yang besar perlu dibagi menjadi beberapa bangunan yang lebih kecil, dimana setiap bangunan dapat bereaksi secara kompak dan kaku dalam menghadapi pergerakan bangunan yang terjadi (Juwana 2005:51).

Schodek (1998:530) mengungkapkan bahwa gaya lateral akibat beban gempa, tentu saja mempunyai sifat inersial, jadi berkaitan langsung dengan

setiap massa gedung tersebut. Lokasi massa yang tidak simetris dapat menyebabkan gaya-gaya pada massa tersebut menimbulkan momen torsi pada gedung yang pada akhirnya dapat meruntuhkan gedung. Struktur simetris tidak mengalami gaya torsi besar sehingga jenis struktur ini lebih dikehendaki dibandingkan struktur tidak simetris. Struktur yang tidak simetris, baik karena konfigurasinya atau karena penempatan secara tidak simetris elemen-elemen pemikul beban lateral, pada umumnya mengalami gaya torsi besar yang dapat sangat merusak. Penempatan massa secara tidak simetris juga dapat menyebabkan efek torsi. Konfigurasi tidak simetris seperti bentuk L dan H tidak mempunyai ketahanan yang cukup terhadap efek torsional.

Kerusakan umumnya terjadi pada pojok-pojok bangunan, pemisah massa gedung tersebut atas bagian-bagian yang lebih kecil akan memungkinkan masing-masing bagian bergetar sendiri-sendiri pada saat mengalami beban gempa. Gedung yang dibuat saling berdekatan harus mempunyai jarak pemisah yang cukup, sedemikian rupa sehingga dapat dengan bebas bergetar pada ragam alaminya, tanpa saling bertumbuhan. Apabila jarak ini tidak diperhatikan dengan baik, dapat terjadi kerusakan yang serius.

Menurut Pauley dan Priestley (1992:18), bentuk yang sederhana lebih dikendaki, bangunan dengan bentuk yang indah seperti T dan L harus dihindari atau dibagi menjadi bentuk yang lebih sederhana. Bentuk yang simetris harus diberikan jika memungkinkan. Bentuk yang tidak simetris dapat mengakibatkan munculnya torsi, banyak kerusakan besar akibat gempa telah diamati pada bangunan yang terletak di pojok jalan, dimana struktur yang simetris sulit untuk dicapai.

| KURANG BAIK   | SEBAIKNYA  |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Gambar 2.4.** Denah bangunan gedung yang baik dan kurang baik  
(*Sumber: Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, 2006*)

## 2.10. Jarak Dilatasi

Menurut Schodek (1998:534), gedung yang dibuat saling berdekatan harus mempunyai jarak pemisah yang cukup, sedemikian rupa sehingga masing-masing bangunan dapat dengan bebas bergetar pada ragam alaminya, tanpa saling bertumbukan.

Menurut anonim (2002:32), 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, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidak nyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan (*drift*) struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala.

## 2.11. Simpangan Antar Lantai

Dalam SNI 03-1726-2012 penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak

segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dan pusat massa di tingkat atasnya. Defleksi pusat massa di tingkat x di pusat massa harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan:

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

$I_e$  = faktor keutamaan

Sesuai SNI 03 1726 2012, nilai simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) memiliki syarat nilainya tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) seperti didapatkan dari tabel berikut:

**Tabel 2.10.** Simpangan antar lantai ijin

| Struktur   | Kategori Resiko |                |                |
|--|-----------------|----------------|----------------|
|  | I atau II       | III            | IV             |
| Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. | 0,025 $h_{sx}$  | 0,020 $h_{sx}$ | 0,015 $h_{sx}$ |
| Struktur dinding geser kantilever batu bata  | 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 : SNI 1276-2013

## 2.12. Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut SNI 03-2847-2002, sistem rangka pemikul momen adalah sistem rangka ruang dalam komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya – gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem rangka pemikul momen yang akan penulis gunakan adalah sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).

### 2.12.1. Persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Berikut adalah ketentuan-ketentuan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) berdasarkan SNI-03-2847-2012.

1. Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan *detailing* balok SRPMM bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi  $A_g f_c' / 10$ . Bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur melebihi  $A_g f_c' / 10$  maka ketentuan kolom SRPMM harus dipenuhi kecuali bila komponen struktur kolom diberi tulangan spiral minimum sesuai persamaan berikut:

$$\rho_s^* = 0,45 \left( \frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$\rho_s^*$  : Rasio volumetrik tulangan spiral atau sengkang cincin

$A_g$  : Luas bruto penampang kolom

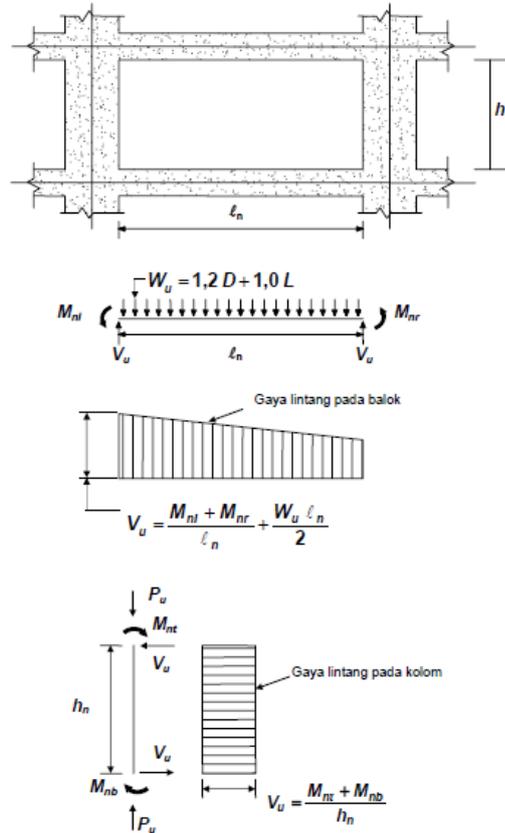
$A_c$  : luas penampang inti kolom dari sisi luar tulangan sengkang tertutup

$f_c'$  : Kuat tekan beton

$f_{yt}$  : Kuat leleh tulangan transversal (maksimum 700 Mpa)

2. Kuat geser rencana ( $\phi V_n$ ) balok yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari:
  - a. Jumlah geser yang terkait dengan pengembangan  $M_n$  balok pada setiap ujung bentang bersih yang terkekang akibat lentur kurvatur balik dan geser yang dihitung untuk beban gravitasi terfaktor (Lihat gambar 2.6),
  - b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan beban gempa,  $E$ , dimana nilai  $E$  diambil sebesar 2 kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.
3. Kuat geser rencana ( $\phi V_n$ ) kolom yang menahan pengaruh gempa,  $E$ , tidak boleh kurang dari:
  - a. Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak bertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur tertinggi (Lihat gambar 2.1),

- b. Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban desain yang melibatkan beban gempa,  $E$ , dengan  $E$  ditingkatkan oleh  $\Omega$ .



**Gambar 2. 5.** Gaya lintang rencana untuk SRPMM

Sumber : SNI 2847-2013

#### 4. Balok

- a. Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint.

$$\phi M_n^+{}_{ki} \geq \frac{1}{3} \phi M_n^-{}_{ki} \text{ (tumpuan kiri)} \quad (2.2)$$

$$\phi M_n^+{}_{ka} \geq \frac{1}{3} \phi M_n^-{}_{ka} \text{ (tumpuan kanan)} \quad (2.3)$$

- b. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang dari seperlima kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint.

$$(\phi M_n^+ \text{ atau } \phi M_n^-) \geq \frac{1}{5} (\phi M_n^- \text{ terbesar di setiap titik}) \quad (2.4)$$

- c. Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak 2 kali tinggi komponen struktur diukur dari muka pertelakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus

dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan.  
Spasi maksimum Sengkang tidak boleh melebihi:

- a)  $d/4$ ,
  - b) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
  - c) 24 kali diameter sengkang, dan
  - d) 300 mm.
- d. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi  $d/2$ .

#### 5. Kolom

- a. Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang  $l_0$  dari muka hubungan balok-kolom adalah  $s_0$ . Spasi  $s_0$  tersebut tidak boleh melebihi:
  - a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
  - b) 24 kali diameter sengkang ikat,
  - c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
  - d) 300 mm.

Panjang  $l_0$  tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- a)  $1/6$  tinggi bersih kolom,
  - b) Dimensi terbesar penampang kolom, dan
  - c) 500 mm.
- b. Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada  $0,5 s_0$  dari muka hubungan balok-kolom.
- c. Pada sambungan-sambungan elemen portal ke kolom harus disediakan tulangan lateral dengan luas tidak kurang daripada yang disyaratkan dengan persamaan:

$$A_v = \frac{75 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times s}{(1200) \times f_y} \quad (2.16)$$

Dengan  $A_v$  tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{3} \times \frac{b_w \times s}{f_y}$ , dengan  $b_w$  dan  $s$  dinyatakan dengan milimeter. Lalu tulangan lateral dipasang di dalam kolom sejauh tidak kurang daripada tinggi bagian sambungan paling tinggi dari elemen portal yang disambung, kecuali untuk sambungan yang bukan merupakan bagian dari sistem utama penahan beban

gempa, yang dikekang pada keempat sisinya oleh balok atau pelat yang mempunyai ketebalan yang kira-kira sama.

- d. Spasi sengkang ikat pada pada sebaran penampang kolom tidak boleh melebihi  $2 s_0$ .

6. Pelat Dua Arah Tanpa Balok

- a. Momen pelat terfaktor pada tumpuan akibat beban gempa harus ditentukan untuk kombinasi beban yang didefinisikan sebagai berikut:

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2.17)$$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati D, beban hidup L, dan juga beban atap atau beban hujan R.

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2.18)$$

Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D, L, dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar.

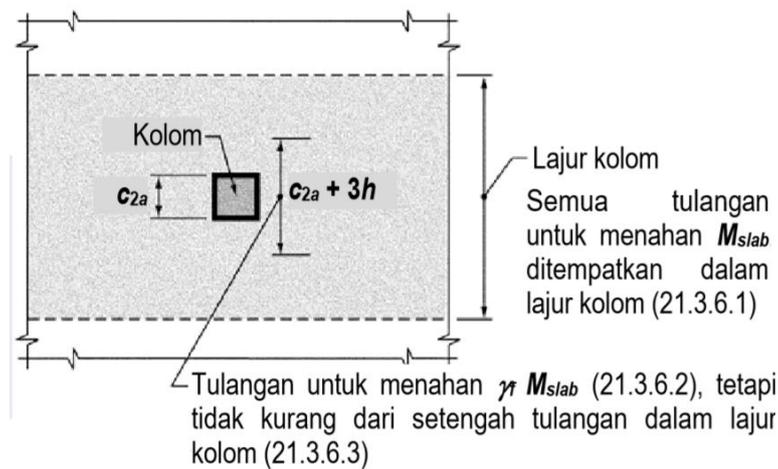
Semua tulangan yang disediakan untuk memikul  $M_s$ , yaitu bagian dari momen pelat yang diimbangi oleh momen tumpuan, harus dipasang di dalam lajur kolom. Lajur kolom adalah suatu lajur rencana dengan lebar pada masing-masing sisi sumbu kolom sebesar nilai yang terkecil dari  $0,25L_2$  atau  $0,25L_1$ ; lajur kolom tersebut mencakup balok, bila ada.

- b. Bagian dari momen  $M_s$  yang ditentukan oleh persamaan:

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right) \times \sqrt{b_1/b_2}} \quad (2.19)$$

Harus dipikul oleh tulangan yang dipasang pada daerah lebar efektif yang ditentukan dengan persamaan 2.4.

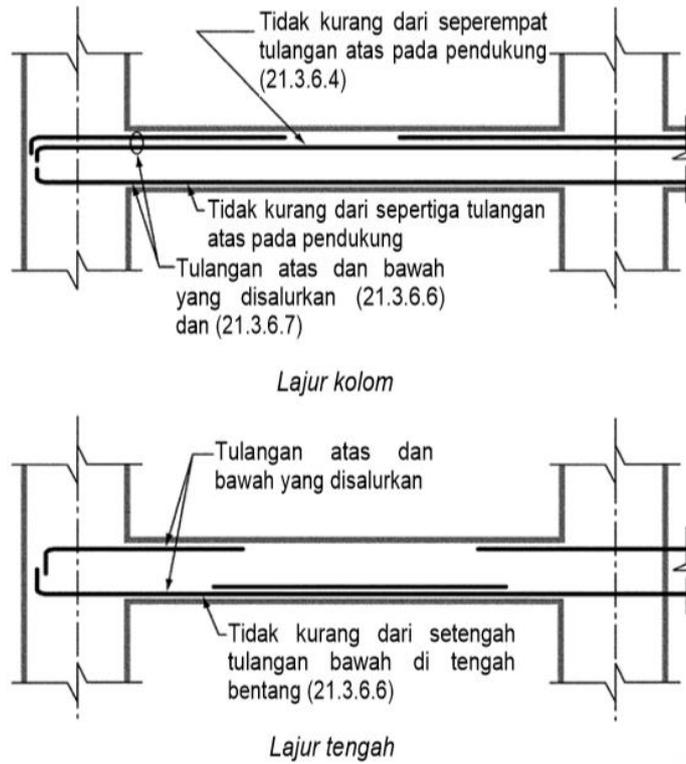
- c. Setidak-tidaknya setengah jumlah tulangan lajur kolom di tumpuan di letakkan di dalam daerah lebar efektif plat yang ditentukan di persamaan 2.4.



**Catatan:** Berlaku untuk kedua tulangan atas dan bawah

**Gambar 2.6.** Lokasi tulangan pada pelat  
(Sumber: SNI-03-2847-2012)

- d. Paling sedikit seperempat dari seluruh jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan harus dipasang menerus di keseluruhan Panjang bentang.
- e. Jumlah tulangan bawah yang menerus pada lajur kolom tidak boleh kurang daripada sepertiga jumlah tulangan atas lajur kolom di daerah tumpuan.
- f. Setidak-tidaknya setengah dari seluruh tulangan bawah di tengah bentang harus diteruskan dan diangkur hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai dengan tumpuan yang berbentuk lingkaran atau polygon yang harus diperlakukan sebagai tumpuan bujur sangkar dengan luas yang sama, seperti contoh gambar 2.4.
- g. Pada tepi pelat yang tidak menerus, semua tulangan atas dan bawah pada daerah tumpuan harus dipasang sedemikian hingga mampu mengembangkan kuat lelehnya pada muka tumpuan sesuai dengan tumpuan yang berbentuk lingkaran atau polygon yang harus diperlakukan sebagai tumpuan bujur sangkar dengan luas yang sama.



**Gambar 2.9.** Pengaturan tulangan pada pelat  
(Sumber: SNI-03-2847-2012)

