

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Penelitian Terdahulu**

**Tabel 2.1 Kajian Terdahulu**

| <b>No</b> | <b>Peneliti</b>                                | <b>Tahun</b> | <b>Judul</b>  | <b>Metode</b>   | <b>Hasil</b>  |
|-----------|--|--------------|---|---|---|
| 1.        | Rachman Agung<br>Siswanto & Rahmat<br>Budianto | 2012         | Perencanaan<br>Struktur dan<br>Rencana<br>Anggaran Biaya<br>Rumah Tinggal 2<br>lantai | Penelitian<br>ini<br>menggunakan<br>metode<br>kualitatif<br>bersifat<br>deskriptif-<br>induktif | Dari hasil<br>perencanaan dan<br>perhitungan<br>struktur bangunan<br>yang telah<br>dilakukan maka<br>dapat diambil<br>beberapa<br>kesimpulan sebagai<br>berikut :<br>Perencanaan<br>struktur bangunan<br>di Indonesia<br>mengacu pada<br>peraturan dan<br>pedoman<br>perencanaan yang<br>berlaku di<br>Indonesia.<br>Dalam<br>merencanakan<br>struktur bangunan,<br>kualitas dari bahan<br>yang digunakan<br>sangat<br>mempengaruhi<br>kualitas struktur<br>yang dihasilkan.<br>Perhitungan<br>pembebanan<br>digunakan batasan<br>– batasan dengan<br>analisa statis<br>equivalent. |

|    |                              |      |  |   |  |
|----|------------------------------|------|--|---|--|
| 2. | Asmawi                       | 2007 | Perencanaan dan perancangan pra pabrikasi rumah tinggal sederhana tumbuh (RST) | Penelitian ini menggunakan metode kualitatif bersifat deskriptif-induktif | <p>Hasil yang dapat disimpulkan dari kegiatan perencanaan dan perancangan ini yaitu sebagai berikut :</p> <p>Perancangan segmen sloof, kolom, balok, dinding dan kuda-kuda dapat dipergunakan untuk membangun RST dengan bentuk balok persegi panjang dan dimensi 15 cm x 15 cm, dengan variasi panjang untuk segmen sloof, dan balok 45 cm, 60 cm, dan 90 cm, kolom 35, 60 cm dan 90 cm, kuda-kuda menggunakan segmen balok yang ditambahkan dengan segmen spesial (dengan ukuran tertentu) pada kaki kuda-kuda sebagai penutup, dan dinding dengan tebal 12 cm, tinggi 30 cm, dan 45 cm dengan variasi panjang 15 cm, 30 cm, 45 cm, dan 60 cm.</p> |
| 3. | Nyoman Apristhi Putri Yaniar | 2017 | Perancangan Rumah Tinggal 2 Lantai di Baruk Surabaya                           | Penelitian ini menggunakan metode kualitatif bersifat deskriptif-         | <p>Hasil yang dapat disimpulkan dari kegiatan perencanaan dan perancangan ini yaitu sebagai berikut</p>  |

|  |  |  |  |          |   |
|--|--|--|--|----------|---|
|  |  |  |  | induktif | <p>: Bahwa bentuk sambungan (<i>joint</i>) dapat saling mengunci pada masing-masing segmen yaitu dengan menggunakan simpul untuk sambungan antar super struktur dan untuk struktur sejenis menggunakan prinsip jantan dan betina (<i>tounge and groove</i>).</p> <p>Bahwa sistem utilitas elektrikal dan mekanikal dirancang sesuai dengan kebutuhan untuk sebuah rumah tinggal, sedangkan bentuk kusen pintu dan jendela dirancang moduler mengikuti moduler segmen dinding.</p> <p>Bahwa bahan untuk pra pabrikasi segmen super struktur sloof, kolom, balok dengan menggunakan beton dengan kualitas <math>f_c' 25</math> atau setara dengan K 300, menggunakan bahan dari beton yang dicampur dengan bahan hibrida (beton ringan), untuk segmen dinding supaya dapat dipotong mengikuti kemiringan atap. Besi yang digunakan berdiameter 12 mm dan begel 6 mm dengan tegangan leleh</p> |
|--|--|--|--|----------|---|

## 2.2. Perencanaan

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2002) rencana adalah “konsep”, perencanaan adalah “proses, cara perbuatan merencanakan (merancang).

G.Wurstanto (1987) mengemukakan “perencanaan adalah seleksi dari berbagai alternatif untuk maksud tujuan, kebijakan, prosedur, program dan sebagainya. Maka masalah penting dalam perencanaan adalah pengambilan keputusan, yang merupakan titik tolak yang menentukan arah kegiatan ke masa depan.

Menurut G. Wurstanto ( 1987 ) dalam perencanaan terdapat unsur- unsur sebagai berikut :

- 1) Pemikiran rasional mengenai dugaan, perkiraan atau perhitungan untuk masa mendatang.
- 2) Pemikiran rasional itu tidak dibuat atas dasar khayalan belaka, tetapi berdasar pada fakta atau data yang obyektif.
- 3) Persiapan atau tindakan pendahuluan untuk kegiatan masa yang akan datang.
- 4) Tujuan.

Menurut G. Wurstanto (1987) “perencanaan menunjukkan proses aktivitas, sedangkan rencana menunjukkan hasil dari aktivitas merumuskan rencana”.

G. Wurstanto (1987) memberikan ciri-ciri suatu rencana yaitu :

- 1) Setiap rencana selalu menyangkut masalah untuk masa mendatang.

- 2) Setiap rencana selalu mengandung perumusan kegiatan yang akan dilakukan.
- 3) Setiap rencana selalu mengandung perumusan tujuan tentang tujuan yang akan dicapai.
- 4) Setiap rencana selalu dilandasi dengan suatu motif, alasan atau sebab.
- 5) Setiap rencana selalu merupakan hasil pemilihan dari berbagai alternatif, yang dibuat dengan mempergunakan berbagai macam pertimbangan dan pemikiran secara rasional.
- 6) Rencana selalu merupakan peramalan (*forecasting*), atau keadaan yang mungkin dihadapi.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2002) rancang adalah “konsep”, merancang adalah “mengatur segala sesuatu sebelum bertindak mengerjakan atau melakukan sesuatu, dan perancangan adalah “proses, cara perbuatan merancang”

### **2.3. Rumah**

Rumah merupakan bangunan yang terdiri dari ruang-ruang yang berhubungan sedemikian rupa sehingga aktivitas keluarga dapat berlangsung dengan baik dan lancar. Masing-masing rumah mempunyai luas lantai berbeda-beda, sesuai kebutuhan keluarga. Standar luas rumah yang dikeluarkan oleh Perum Perumnas adalah mulai dengan Tipe 18, Tipe 21, Tipe 36, Tipe 45 dan seterusnya. Tipe 18 artinya bahwa luas lantai rumah tersebut adalah 18 m<sup>2</sup>. (Perum Perumas, 1990 ).

“Rumah dapat pula berarti sebuah bangunan yang dapat menampung banyak keluarga, seperti Rumah Adat Minangkabau, Rumah Adat Suku Dayak dan sebagainya. Rumah Adat Minangkabau yang paling besar, dapat menampung banyak keluarga dari satu suku dengan luas  $(14.00 \text{ m} \times 59.50 \text{ m}) = 833.00 \text{ m}^2$ , sedang terkecil seluas  $(10.00 \text{ m} \times 12.50 \text{ m}) = 125.00 \text{ m}^2$ ” (Laporan Kuliah Kerja Lapangan Mahasiswa Arsitektur ITB, 1979).

Rumah dalam perencanaan ini yang dimaksudkan adalah sebuah bangunan rumah tinggal yang dihuni satu keluarga inti, yaitu terdiri sepasang suami-istri dengan 1 (satu) sampai 3 (tiga) anak.

#### **2.4. Kriteria Desain Struktur**

Dalam menganalisa atau mendesain suatu struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran untuk menentukan apakah suatu struktur tersebut dapat diterima sesuai fungsi yang diinginkan atau untuk maksud desain tertentu (*Schodek, 1992*). Untuk memenuhi kriteria-kriteria dalam mendesain suatu bangunan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a. **Arsitektural, Estetika, dan Fungsi Bangunan**

Aspek Arsitektural ini dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan dari jiwa manusia akan sesuatu hal yang terlihat indah. Bentuk-bentuk struktur yang direncanakan mengacu pada pemenuhan kebutuhan yang dimaksud dan sesuai dengan fungsinya.

b. **Kekuatan dan Kestabilan**

Struktur harus cukup kuat dan stabil dalam mendukung beban rencana yang bekerja dan penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan

kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya-gaya yang bekerja.

c. Kemampuan layanan

Komponen struktur harus memenuhi kemampuan layanan terhadap tingkat beban kerja dan kemampuan layanan bagi keamanan serta kenyamanan pengguna bangunan tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu lendutan, retak, korosi tulangan, rusaknya permukaan balok atau pelat beton bertulang.

Ekonomis dan mudah dilaksanakan,serta dampak terhadap lingkungan sekitar wilayah proyek, baik dampak dimasa pelaksanaan maupun dampak yang akan terjadi setelah masa pelaksanaan berakhir.

Agar bangunan dapat berfungsi sesuai dengan umur rencana maka harus diperhitungkan terhadap beban-beban yang bekerja baik beban luar maupun beban dari berat struktur itu sendiri.

Peraturan yang digunakan untuk mendesain struktur gedung adalah sebagai berikut:

- SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
- SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

## 2.5. Pembebanan dan Kombinasi

### 2.5.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727-2013).

### 2.5.2. Beban Hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau strukturlain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup terdistribusi merata minimum menurut SNI 1727:2013 tabel 4.1

**Tabel 2.2.** Beban hidup distribusi SNI 1727:2013

| Hunian atau Penggunaan                | Beban Merata (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| - <b>Apartemen / Rumah tinggal</b>    |                                   |
| Semua ruang kecuali tangga dan balkon | 1,92                              |
| Tangga Rumah tinggal                  | 1,92                              |
| - <b>Kantor</b>                       |                                   |
| Ruang kantor                          | 2,40                              |
| Ruang computer                        | 4,79                              |
| Lobi dan koridor lantai pertama       | 4,79                              |
| Koridor di atas lantai pertama        | 3,83                              |
| - <b>Ruang pertemuan</b>              |                                   |
| Lobi                                  | 4,79                              |
| Kursi dapat dipindahkan               | 4,79                              |
| Panggung pertemuan                    | 4,79                              |



|   |   |       |
|---|---|-------|
| - | <b>Balkon dan dek</b><br>1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. |       |
|   | Jalur untuk akses pemeliharaan  | 1,92  |
| - | <b>Koridor</b><br>Koridor Lantai pertama                                  | 4,79  |
|   | Koridor Lantai lain sama seperti pelayanan hunian                         |       |
| - | <b>Ruang makan dan restoran</b>   | 4,79  |
| - | <b>Rumah Sakit</b><br>Ruang operasi, laboratorium                         | 2,87  |
|   | Ruang pasien  | 1,92  |
|   | Koridor diatas lantai pertama   | 3,83  |
| - | <b>Perpustakaan</b><br>Ruang baca   | 2,87  |
|   | Ruang penyimpanan   | 7,18  |
|   | Koridor diatas lantai pertama   | 3,83  |
| - | <b>Pabrik</b><br>Ringan   | 6,00  |
|   | Berat   | 11,97 |
| - | <b>Sekolah</b><br>Ruang kelas   | 1,92  |
|   | Koridor lantai pertama  | 4,79  |
|   | Koridor di atas lantai pertama  | 3,83  |
|   | Tangga dan jalan keluar   | 4,79  |
| - | <b>Gudang penyimpan barang</b><br>Ringan                                  | 6,00  |
|   | Berat   | 11,97 |
| - | <b>Toko Eceran</b><br>Lantai pertama                                      | 4,79  |
|   | Lantai diatasnya  | 3,59  |
|   | Grosir, di semua lantai   | 6,00  |

### 2.5.3. Beban Angin

*Konstantinidis (2008)* menjelaskan bangunan gedung dibangun didaerah yang secara geografi memiliki intensitas angin yang tinggi, mendapatkan nilai tekanan angin sebesar  $1.50 \text{ kN/m}^2$  dan gaya resultan sekitar 400 kN. Kekuatan

angin sama dengan 0,03% dari beban vertikal bangunan dan mengaplikasikan pada daerah bangunan secara teoritis berada di tengah-tengah dari ketinggian struktur bangunan itu sendiri. Membandingkan tekanan angin dengan tekanan seismic pada struktur maka didapatkan hasil bahwa efek dari tekanan angin adalah 4 kali lebih kecil dari efek seismic.

Dalam mendimensi struktur tahanan gempa bukan hanya mempertimbangkan gaya seismic dan gaya angin tetapi tidak menambah stimulasi beban. Sebagai aturan, langkah seismic untuk menerapkan analogi beban dengan tekanan angin memiliki nilai lebih besar dari pembebanan angin itu sendiri, akibatnya dalam desain struktur seismic tidak didimensikan untuk tekanan angin. Pengaruh beban angin,  $W$ , harus ditentukan sesuai dengan kombinasi berikut ini:

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

$$0,9D + 1,0W$$

Dalam menentukan beban angin yang mengacu pada *SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung & Struktur* tahapan dalam perhitungan beban angin adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan kategori risiko bangunan gedung.
- b. Menentukan kecepatan angin dasar (*basic wind speed*)
- c. Menentukan parameter beban angin :
  - 1) Faktor arah angin,  $K_d$  (Pasal 26.6 dan 26.6-1)
  - 2) Kategori eksposur, (Pasal 26.7)
  - 3) Faktor topografi  $K_{zt}$ , (Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1)
  - 4) Faktor efek tiupan angin,  $G$ , (Pasal 26.9)
  - 5) Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
  - 6) Koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ ), (Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1)

- d. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas,  $K_z$  (Tabel 27.3-1)
- e. Menentukan tekanan velositas,  $q_z$ .  

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 (N/m^2)$$
- f. Faktor Efek Tiupan Angin (*Bangunan Kaku*)
- g. Menentukan koefisien tekanan eksternal,  $C_N$  (*Bangunan Terbuka*)
- h. Menghitung tekanan angin,  $p$ , (Pasal 27.4)  

$$p = qGC_N$$

#### 2.5.4. Beban Gempa

Pengaruh beban gempa ( $E$ ), harus ditentukan berdasarkan kombinasi menurut SNI 1726-2012 poin 4.2.2 yaitu sebagai berikut:

**kombinasi beban untuk metoda ultimit:**

$$1.2D+1.0E+L$$

**kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin:**

$$D+0.7E \text{ dan}$$

$D + 0.75(0.7E)+0.75L$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E = E_h + E_v.$$

**kombinasi beban untuk metoda ultimit:**

$$0.9D+ 1.0E$$

**kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin:**

$0.6D+ 0.7E$ ,  $E$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E = E_h - E_v.$$

$E$  = pengaruh beban gempa;

$E_h$  = pengaruh beban gempa horisontal

$E_v$  = pengaruh beban gempa vertikal

$E_h$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan,  $E_h = \rho \cdot QE$

$QE$  = pengaruh gaya gempa horisontal  $\rho$  = Faktor redundansi

Faktor redundansi,  $\rho$  harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa

dalam kedua arah ortogonal untuk semua struktur. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F,  $\rho$  harus sama dengan 1,3.

Pengaruh beban gempa vertikal,  $E_v$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_v = 0.2 S_{DS} \cdot D$$

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

$D$  = pengaruh beban mati.

**kombinasi beban untuk metoda ultimit menjadi:**

$$(1.2 + 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot Q_E + L(0.9 - 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot Q_E$$

**kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin menjadi:**

$$(1 + 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot Q_E \text{ dan}$$

$$(1 + 0.10 S_{DS}) D + 0.75(0.7 \rho \cdot Q_E) + 0.75L$$

$$(0.6 - 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot Q_E$$

## 2.6. Prosedur Pendesainan Elemen Struktur

Menurut Hanggoro et al (2015), prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan gaya vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yakni Analisis gaya lateral ekuivalen atau Analisis spektrum respons ragam, dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematic dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya.

Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana. Analisis deformasi dan analisis lain seperti penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*).

### **2.6.2. Struktur Tahan Gempa**

Menurut Indarto (2013), beban gempa sebenarnya yang bekerja pada struktur bangunan dapat melampaui beban gempa rencana yang tercantum di dalam peraturan. Di dalam peraturan, besarnya beban gempa rencana yang diperhitungkan bekerja Pada struktur bangunan adalah Gempa gaya-gaya dalam (momen lentur, elemen-elemen struktur seperti gaya-gaya dalam yang sudah diperhitungkan Jika hal ini Tidak Ditinjau Didalam perencanaan maka pada saat terjadi gempa kuat elemen elemen dari struktur akan mengalami kerusakan, bahkan secara keseluruhan struktur dapat mengalami keruntuhan. Agar struktur

bangunan mempunyai kemampuan yang cukup dan tidak terjadi keruntuhan pada saat terjadi Gempa Kuat, maka dapat dilakukan dua cara sbb:

- **Membuat struktur bangunan sedemikian kuat,**

Sehingga struktur bangunan tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat. Struktur bangunan yang dirancang tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat adalah tidak ekonomis. Meskipun pada saat terjadi Gempa Kuat struktur ini tidak mengalami kerusakan yang berarti, sehingga tidak memerlukan biaya perbaikan yang besar, namun pada saat pembuatannya, struktur bangunan ini memerlukan biaya yang sangat mahal. Struktur bangunan yang didesain tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat, disebut Struktur Tidak Daktail. Penggunaan sistem struktur portal tidak daktail masih dianggap ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengah dengan ketinggian tingkatantara 4 s/d 7 lantai, dan terletak pada wilayah dengan pengaruh kegempaan ringan sampai sedang.

- **Membuat struktur bangunan sedemikian rupa sehingga mempunyai batas kekuatan elastis yang hanya mampu menahan Gempa Sedang saja.**

Dengan demikian, struktur ini masih bersifat elastis pada saat terjadi Gempa Ringan atau Gempa Sedang. Pada saat terjadi Gempa Kuat, struktur bangunan harus dirancang agar mampu untuk berdeformasi secara plastis. Jika struktur mempunyai kemampuan untuk dapat berdeformasi plastis cukup besar, maka hal ini dapat mengurangi sebagian dari energi gempa yang masuk ke dalam struktur. Struktur bangunan yang didesain berperilaku plastis pada saat terjadi

Gempa Kuat, disebut Struktur Daktail. Penggunaan sistem struktur portal daktail cukup ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengah sampai tinggi, yang dibangun pada wilayah dengan pengaruh kegempaan kuat.

### **2.6.3. Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*)**

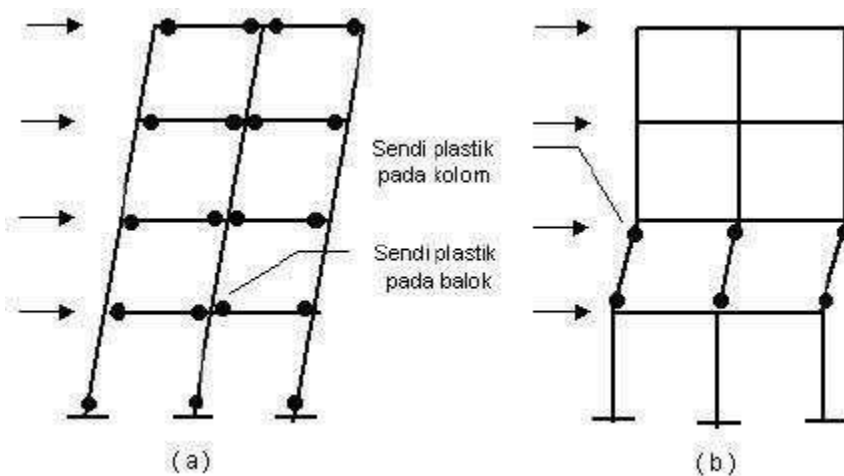
Dari penjelasan di atas, untuk mendapatkan struktur bangunan yang cukup ekonomis, tetapi tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi Gempa Kuat, maka sistem struktur harus direncanakan bersifat daktail. Untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara Perencanaan Kapasitas. Pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini, elemen-elemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya (*Hanggoro, 2015*).

Sedangkan elemen-elemen lainnya, direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari terjadinya kerusakan. Pada struktur beton bertulang, tempat-tempat terjadinya deformasi plastis yaitu tempat-tempat dimana penulangan mengalami pelepasan, disebut daerah sendi plastis. Karena sendi-sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal akibat dilampauinya beban gempa rencana dapat diatur tempatnya, maka mekanisme kerusakan yang terjadi tidak akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan. Karena pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini terlebih dahulu harus ditentukan tempat-tempat di mana sendi-sendi plastis akan terbentuk, maka dalam hal ini perlu diketahui mekanisme leleh yang dapat terjadi pada sistem struktur portal.

Dua jenis mekanisme leleh yang dapat terjadi pada struktur gedung akibat pembebanan gempa kuat, ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

Kedua jenis mekanisme leleh atau terbentuknya sendi-sendi plastis pada struktur gedung adalah :

- 1) Mekanisme Kelelahan Pada Balok (*Beam Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan dimana sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok dari struktur bangunan, akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat (*Strong Column-Weak Beam*).
- 2) Mekanisme Kelelahan Pada Kolom (*Column Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan di mana sendi-sendi plastis terbentuk pada kolom-kolom dari struktur bangunan pada suatu tingkat, akibat penggunaan balok-balok yang kaku dan kuat (*Strong Coloum With Beam*)



**Gambar 2.1** Mekanisme Leleh pada Struktur Gedung Akibat Beban Gempa

(a) Mekanisme Leleh pada Balok, (b) Mekanisme Leleh pada Kolom.



Pada perencanaan struktur daktail dengan metode Perencanaan Kapasitas, mekanisme keelehan yang dipilih adalah Beam Sidesway Mechanism, karena alasan-alasan sebagai berikut :

- 1) Pada *Column Sidesway Mechanism*, kegagalan dari kolom pada suatu tingkat akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.
- 2) Pada struktur dengan kolom-kolom yang lemah dan balok-balok yang kuat (*Strong Beam–Weak Column*), deformasi akan terpusat pada tingkat-tingkat tertentu, sehingga daktilitas yang diperlukan oleh kolom agar dapat dicapai daktilitas dari struktur yang disyaratkan, sulit dipenuhi.

Kerusakan yang terjadi pada kolom-kolom bangunan, akan lebih sulit diperbaiki dibandingkan jika kerusakan terjadi pada balok. Jadi mekanisme keelehan pada portal yang berupa Beam *Sidesway Mechanism*, merupakan keadaan keruntuhan struktur bangunan yang lebih terkontrol.

Pemilihan perencanaan struktur bangunan dengan menggunakan mekanisme ini membawa konsekuensi bahwa kolom-kolom pada struktur bangunan harus direncanakan lebih kuat dari pada balok-balok struktur, sehingga dengan demikian sendi-sendi plastis akan terbentuk lebih dahulu pada balok. Karena hal tersebut di atas, maka dalam perencanaan portal daktail pada struktur bangunan tahan gempa, sering juga disebut perencanaan struktur dengan kondisi desain Kolom Kuat – Balok Lemah (*Strong Column–Weak Beam*), (Indarto, 2013)

#### **2.6.4. Mendesain Balok**

*Schodek (1998)* menjelaskan variabel utama dalam mendesain balok meliputi: bentang, jarak balok, jenis dan besar beban, jenis material, ukuran, dan bentuk penampang, serta cara penggabungan atau fabrikasi. Semakin banyak batasan desain, maka semakin mudah desain dilakukan.

Setiap desain harus memenuhi kriteria kekuatan dan kekakuan untuk masalah keamanan dan kemampuan layan. Pendekatan desain untuk memenuhi kriteria ini sangat bergantung pada material yang dipilih, apakah menggunakan balok kayu, baja atau beton bertulang. Beberapa faktor yang merupakan prinsip-prinsip desain umum dalam perencanaan balok, yaitu:

- 1.) Kontrol kekuatan dan kekakuan
- 2.) Variasi besaran material
- 3.) Variasi bentuk balok pada seluruh panjangnya
- 4.) Variasi kondisi tumpuan dan kondisi batas

Prinsip desain praktis balok kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah sifat kayu yang mempunyai kemampuan untuk memikul tegangan besar dalam waktu singkat. Pada kondisi beban permanen, tegangan ijin perlu direduksi dengan faktor 0,90. Faktor beban angin adalah 1,33. Sedangkan beban normal mempunyai faktor 1,0.

Desain balok baja umumnya didesain berdasarkan beban kerja dan tegangan ijin. Balok yang digunakan bisa berupa penampang giras (wide flens/sayap lebar), kanal, atau tersusun atas elemen-elemen (plat dan siku). Untuk bentang atau beban yang sangat besar, penampang girder plat yang tersusun dari

elemen siku dan plat sering digunakan. Pada balok baja, apabila material balok mulai leleh pada saat dibebani, maka distribusi tegangan yang ada mulai berubah. Balok masih dapat menerima tambahan momen sampai semua bagian penampang telah meleleh.

Desain balok beton tidak dapat digunakan sendiri pada balok karena sangat kecilnya kekuatan tarik, dan karena sifatnya yang getas (brittle). Retak-retak yang timbul dapat berakibat gagalnya struktur, dimana hal ini dapat terjadi ketika balok beton mengalami lentur. Penambahan baja di dalam daerah tarik membentuk balok beton bertulang dapat meningkatkan kekuatan sekaligus daktilitasnya. Elemen struktur beton bertulang menggabungkan sifat yang dimiliki beton dan baja.

*Pasal 9.3 SNI 2847:2013* menjelaskan kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari *SNI 2847:2013*, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ).

**Tabel 2.3** Faktor reduksi kekuatan harus seperti yang diberikan dalam poin 1 sampai 7

|   |  | Faktor Reduksi Kekuatan ( $\phi$ ) |
|---|--|------------------------------------|
| 1 | Penampang terkendali tarik               | 0,90                               |
| 2 | Penampang terkendali tekan               |                                    |
|   | Komponen struktur dengan tulangan spiral | 0,75                               |
|   | Komponen struktur bertulang lainnya      | 0,65                               |

|   |  |             |
|---|--|-------------|
| 3 | Geser dan torsi  | 0,75        |
| 4 | Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengait)                         | 0,65        |
| 5 | Daerah angkur pasca tarik  | 0,85        |
| 6 | Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model tersebut | 0,75        |
| 7 | Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana panjang strand kurang dari panjang penyaluran           |             |
|   | Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer   | 0,75        |
|   | Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran $\phi$ boleh ditingkatkan secara linier dari             | 0,75<br>0,9 |

### 2.6.5. Mendesain Kolom

Menurut *Schodek (1998)* Tujuan desain kolom secara umum adalah untuk memikul beban rencana dengan menggunakan seminimum mungkin material: atau alternatif lain, mencari desain yang memberikan kapasitas pikul-beban sebesar mungkin untuk sejumlah material yang ditentukan. Apabila fenomena tekuk masuk ke dalam desain, maka telah kita ketahui bahwa tidak seluruh kekuatan material dimanfaatkan. Elemen struktur kolom yang mempunyai nilai perbandingan antara panjang dan dimensi penampang melintangnya relatif kecil disebut kolom pendek. Kapasitas pikul-beban kolom pendek tidak tergantung pada panjang kolom dan bila mengalami beban berlebihan, maka kolom pendek pada umumnya akan gagal karena hancurnya material.

Dengan demikian, kapasitas pikul-beban batas tergantung pada kekuatan material yang digunakan. Semakin panjang suatu elemen tekan, proporsi relatif

elemen akan berubah hingga mencapai keadaan yang disebut elemen langsing. Perilaku elemen langsing sangat berbeda dengan elemen tekan pendek. Perilaku elemen tekan panjang terhadap beban tekan adalah apabila bebannya kecil, elemen masih dapat mempertahankan bentuk.

Kekakuan elemen struktur sangat dipengaruhi oleh banyaknya material dan distribusinya. Pada elemen struktur persegi panjang, elemen struktur akan selalu menekuk. Namun bentuk berpenampang simetris (misalnya bujursangkar atau lingkaran) tidak mempunyai arah tekuk khusus seperti penampang segiempat. Ukuran distribusi material (bentuk dan ukuran penampang) dalam hal ini pada umumnya dapat dinyatakan dengan momen inersia ( $I$ ).

#### **2.6.6. Perencanaan Atap**

Menurut *Agus Setiawan (2002)*, Atap merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada dibawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin, atau untuk keperluan perlindungan. Bentuk atap berpengaruh terhadap keindahan suatu bangunan dan pemilihan tipe atap hendaknya disesuaikan dengan iklim setempat.

Konstruksi rangka atap yang digunakan adalah rangka atap kuda-kuda. Rangka atap kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendiri. Beban-beban yang harus dipertimbangkan antara lain beban hidup yang berasal dari berat pekerja, beban mati yang berasal dari berat kuda-kuda dan beban angin.

## 2.7. Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi

Menurut *Indarto (2013)*, pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur, dan properti dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria desain pondasi. Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen.

Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematik dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya. Pada gedung tanpa besmen, taraf penjepitan lateral struktur atas dapat dianggap terjadi pada lantai dasar/muka tanah. Apabila penjepitan tidak sempurna dari struktur atas gedung pada struktur bawah diperhitungkan, maka struktur atas gedung tersebut harus diperhitungkan terhadap pengaruh deformasi lateral maupun rotasional dari struktur bawahnya.

Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana berdasarkan kombinasi beban untuk metoda ultimit.

Analisis deformasi dan analisis lain seperti likuifaksi, rambatan gelombang, penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah

lateral, reduksi kuat geser, reduksi daya dukung akibat deformasi, reduksi daya dukung aksial dan lateral pondasi tiang, pengapungan (*flotation*) struktur bawah tanah, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*) yang besarnya minimum sesuai dengan kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Ada dua metode tegangan ijin, yaitu :

#### 1.) Struktur tipe tiang

Jika konstruksi menggunakan tiang sebagai kolom yang dibenamkan dalam tanah atau dibenamkan dalam pondasi telapak beton dalam tanah digunakan untuk menahan beban lateral, kedalaman pembedaman yang disyaratkan untuk tiang untuk menahan gaya gempa harus ditentukan melalui kriteria desain yang disusun dalam laporan investigasi pondasi.

#### 2.) Pengikat pondasi

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pier bor, atau kaisan harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen  $S_{DS}$  kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar kecuali jika ditunjukkan bahwa kekangan ekuivalen akan disediakan oleh balok beton bertulang dalam pelat di atas tanah atau pelat beton bertulang di atas tanah atau pengekangan oleh batu yang memenuhi syarat, tanah kohesif keras, tanah berbutir sangat padat, atau cara lainnya yang disetujui.

### **2.7.2. Syarat Pondasi pada Sebuah Bangunan**

Agar pondasi dalam suatu bangunan kuat, maka pondasi harus memenuhi

syarat sebagai berikut:

- 1.) Bentuk dan konstruksinya harus menunjukkan suatu konstruksi yang kokoh dan kuat untuk mendukung beban bangunan di atasnya
- 2.) Harus dibuat dari bahan yang tahan lama dan tidak mudah hancur, sehingga kerusakan pondasi tidak mendahului kerusakan bangunannya
- 3.) Tidak mudah terpengaruh oleh keadaan diluar pondasi, misalnya pengaruh air tanah dll.
- 4.) Harus terletak pada tanah dasar yang cukup kuat sehingga kedudukan pondasi stabil

### **2.7.3. Pemilihan Tipe atau Jenis Pondasi**

Ada beberapa cara pemilihan tipe atau jenis pondasi yaitu :

- 1.) Hasil penyelidikan tanah, survey lapangan dan interpretasinya (interpretasi merupakan proses penafsiran suatu hasil percobaan)
- 2.) Besarnya beban statis atau dinamis yang bekerja dan batasan deformasi (Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada suatu struktur, bersifat tetap sedangkan Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur, bersifat tidak tetap untuk batasan deformasi disini ialah batasan deformasi pada struktur bangunan yang memiliki arti bahwa struktur bangunan itu tidak akan berubah bentuknya atau dapat kembali ke bentuk semula bila beban yang ia dapatkan tidak melebihi batasan deformasinya). Deformasi adalah perubahan bentuk suatu benda yang tidak dapat kembali lagi ke bentuk semula Biaya konstruksi dan kemudahan pelaksanaan di lapangan (biaya konstruksi pada suatu daerah berbeda-beda



tergantung mudah atau tidaknya tersedianya bahan yang akan digunakan).

- 3.) Pertimbangan tingkat resiko kegagalan pondasi selama rencana umur bangunan. (pengalaman suatu kontraktor)

Dalam mendesain pondasi harus ada keterlibatan perencana struktur dan ahli geoteknik. Idealnya data yang dipersiapkan terdiri dari : peta lokasi sondir, boring, dan hasil uji laboratorium untuk setiap sampel boring. Prosedur desain pondasi secara garis besar dapat dijabarkan sebagai berikut (Handout Pondasi 2)

#### **2.7.4. Perhitungan Pile Cap**

Pelat penutup tiang (pile cap) berfungsi untuk menyebarkan beban dari kolom ke tiang-tiang. Jumlah minimum tiang dalam satu pelat penutup tiang umumnya 3 tiang. Bila tiang hanya berjumlah 2 tiang dalam 1 kolom, maka pelat harus dihubungkan dengan balok sloof yang dihubungkan dengan kolom lain. Balok sloof dibuat yang melewati pusat berat tiang-tiang ke arah tegak lurus deretan tiang (tegak lurus pelat penutup tiang). Demikian pula, bila pelat penutup tiang hanya melayani satu tiang, maka dibutuhkan balok sloof yang menghubungkan ke kolom-kolom yang lain. Bila kolom dilayani hanya 1 tiang yang besar, maka bias tidak digunakan pelat penutup tiang.

Tebal pelat penutup tiang dipengaruhi tegangan geser ijin beton. Tegangan geser harus dihitung pada potongan terkritik. Momen lentur pada pelat penutup tiang harus dihitung dengan menganggap momen tersebut pada pusat tiang ke permukaan kolom terdekat. Bila kondisi memungkinkan, guna menanggulangi

tegangan pada pelat penutup tiang yang terlalu besar, tiang tiang sebaliknya dipasang dengan bentuk geometri yang baik. Bila beban sentris, tiang tiang di dalam kelompoknya akan mendukung beban aksial yang sama. Dalam hitungan, tanah dibawah pelat penutup tiang dianggap tidak mendukung beban sama sekali.

Perancangan pelat penutup tiang dilakukan dengan anggapan sebagai berikut (*Teng, 1962*) :

1. Pelat penutup tiang sangat kaku
2. Ujung atas tiang menggantung pada pelat penutup tiang (pile cap). Karena itu tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh pelat penutup ke tiang.
3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu deformasi dan distribusi tegangan memebentuk bidang rata.

#### **Untuk Tanah Non-Kohesif**

- |                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| 1. End Bearing Piles            | Eg Diasumsikan 1,0 |
| 2. Floating Atau Friction Piles | Eg Diasumsikan 1,0 |

#### **Untuk Tanah Kohesif**

#### **Untuk Kondisi Jarak Antar Pile (Pusat Ke Pusat) $\geq 3.D$ :**

- |                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| 1. End Bearing Piles            | Eg Diasumsikan 1,0     |
| 2. Floating Atau Friction Piles | $0,7 \leq Eg \leq 1,0$ |

Nilai Eg Bertambah Linear Dari 0,7 Untuk  $S=3d$  Hingga 1,0 Untuk  $S=8d$ .

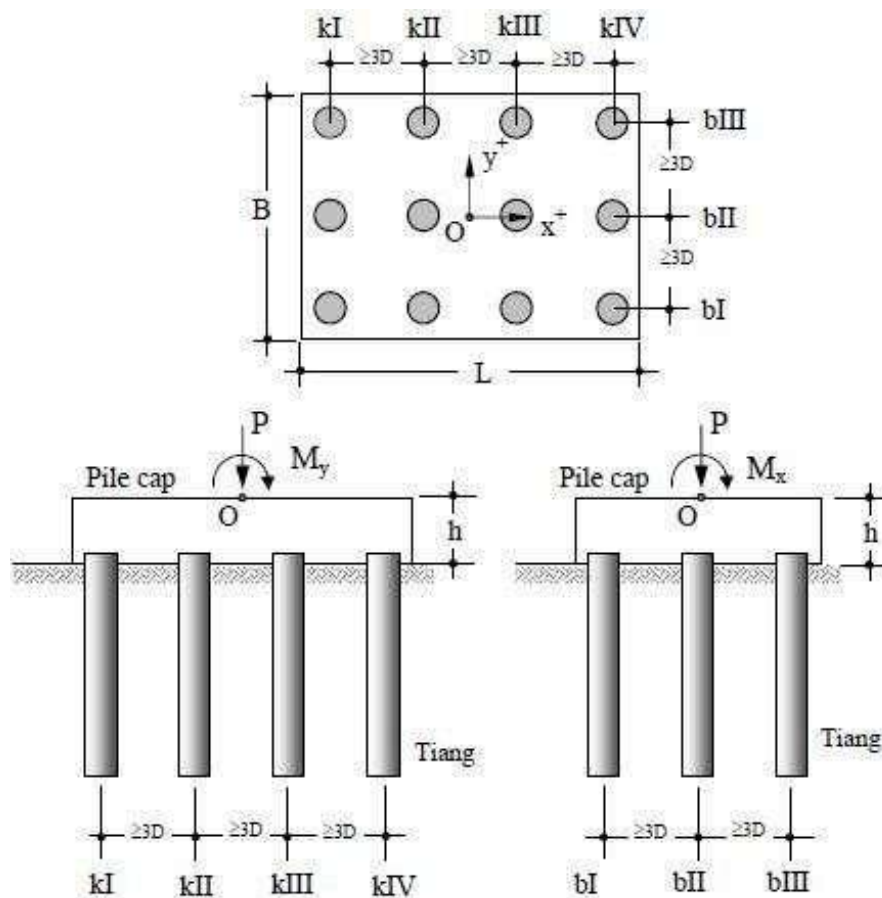
**Untuk Kondisi Jarak Antar Pile (Pusat Ke Pusat)  $< 3.D$  :**

Kapasitas Pijin Dihitung Dengan Keruntuhan Blok  $S_f=3$ .

### **Distribusi Beban Struktur Atas Ke Kelompok Tiang**

Beban Yang Didukung Oleh Tiang Ke-I ( $Q_i$ ) Akibat Beban  $P$ ,  $M_x$  Dan  $M_y$

Dalam Sebuah Pile Cap Adalah :



**Gambar 2.2** Distribusi Beban Struktur Atas ke Tiang

Jika momen yang bekerja dua arah yaitu arah sumbu x dan y, maka persamaan untuk menghitung tekanan aksial pada masing masing tiang adalah

sebagai berikut :

$$Q_i = \frac{p_i}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

n = jumlah tiang dalam satu pile cap.

$\Sigma (x^2)$  = jumlah kuadrat jarak x terhadap titik pusat berat kelompok tiang

$\Sigma (y^2)$  = jumlah kuadrat jarak y terhadap titik pusat berat kelompok tiang

X<sub>i</sub> = jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu x.

Y<sub>i</sub> = jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu y.

## **2.8. Perhitungan Struktur Bawah**

### **2.8.1. Pengikat fondasi**

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pier bor, atau kaison harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen SDS kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar.

### **2.8.2. Persyaratan pengangkuran tiang**

Desain pengangkuran tiang ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memperhitungkan pengaruh gaya aksial terkombinasi akibat gaya ke atas dan momen lentur akibat penjepitan pada pur (*pile-cap*) tiang. Untuk tiang yang disyaratkan untuk menahan gaya ke atas atau menyediakan kekangan rotasi, pengangkuran ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memenuhi hal berikut ini:

Dalam kasus gaya ke atas, pengangkuran harus mampu mengembangkan kekuatan sebesar yang terkecil di antara kuat tarik nominal tulangan longitudinal

dalam tiang beton, atau kuat tarik nominal tiang baja, atau 1,3 kali tahanan cabut tiang, atau gaya tarik aksial yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih Tahanan cabut tiang harus diambil sebagai gaya friksi atau lekatan ultimat yang dapat disalurkan antara tanah dan tiang ditambah dengan berat tiang dan pile-cap.

Dalam kasus kekangan rotasi, pengankuran harus didesain untuk menahan gaya aksial dan geser dan momen yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuatlebi atau harus mampu mengembangkan kuat nominal aksial, lentur, dan geser penuh dari tiang. Tulangan untuk tiang beton tanpa pembungkus (kategori desain seismik D sampai F)

Tulangan harus disediakan bila disyaratkan oleh analisis. Untuk tiang beton bor cor setempat tanpa pembungkus, minimum empat batang tulangan longitudinal dengan rasio tulangan longitudinal minimum 0,005 dan tulangan pengekanan transversal sesuai dengan tata cara yang berlaku harus disediakan sepanjang panjang tiang bertulangan minimum seperti didefinisikan di bawah mulai dari ujung atas tiang Tulangan longitudinal harus menerus melewati panjang tiang bertulangan minimum dengan panjang penyaluran tarik.

Panjang tiang bertulangan minimum harus diambil yang lebih besar dari :

- 1.) Setengah panjang tiang.
- 2.) Sejarak 3 m.
- 3.) Tiga kali diameter tiang.
- 4.) Panjang lentur tiang, di mana harus diambil sebagai panjang dari sisibawah penutup tiang.

Sampai suatu titik di mana momen retak penampang beton dikalikan

dengan faktor tahanan 0,4 melebihi momen terfaktor perlu di titik tersebut. Sebagai tambahan, untuk tiang yang berlokasi dalam kelas situs *SE* atau *SF*, tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti dijelaskan di atas, harus menerus sepanjang tiang.

Bila tulangan transversal disyaratkan, pengikat tulangan transversal harus minimum batang tulangan ulir D10 untuk tiang sampai dengan diameter 500 mm dan batang tulangan ulir D13 untuk tiang dengan diameter lebih besar. Tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti didefinisikan diatas, juga harus menerus dengan minimum tujuh kali diameter tiang diatas dan dibawah permukaan kontak lapisan lempung teguh, lunak sampai setengah teguh atau lapisan yang dapat mencair (*liquefiable*) kecuali tulangan transversal tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum harus diijinkan untuk menggunakan rasio tulangan spiral transversal dengan tidak kurang dari setengah yang disyaratkan dalam tata cara yang berlaku. Spasi penulangan transversal yang tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum diijinkan untuk ditingkatkan, seperti yang dijelaskan oleh *Ardiyanto (2015)* tetapi harus tidak melebihi dari yang terkecil dari berikut ini:

- 12 diameter batang tulangan longitudinal.
- Setengah diameter tiang.
- 300 mm.