

ARTIKEL PENELITIAN

**KEANDALAN STRUKTUR BANGUNAN
TERHADAP GEMPA BUMI PADA BANGUNAN RUMAH
TINGGAL PADAT PENDUDUK DI PERKOTAAN**

Oleh :

- | | |
|---------------------------------|---------|
| 1. Erna Krisnanto, ST. MT. | Ketua |
| 2. Drs. Dian Hardijana, ST. MT. | Anggota |
| 3. Noryanto, SPd. MT. | Anggota |

Dibiayai Oleh
(Usaha dan Tabungan) Tahun Anggaran 2009
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Hibah Kompetitif
Dengan SK Rektor UPI Nomor : 3099/H.40/PL/2009
Tanggal 19 Mei 2009



**JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ARSITEKTUR
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ARSITEKTUR PERUMAHAN
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2009**

ABSTRAK
**Keandalan Struktur Bangunan Terhadap Gempa Bumi Pada Bangunan Rumah
Tinggal Padat Penduduk di Perkotaan**
Erna Krisnanto, Dian Hardijana, Noryanto.

Berkembangnya permukiman padat penduduk diperkotaan yang dibangun tanpa memperhatikan kualitas struktur menjadikan bangunan rumah tinggal sebagai tempat berhuninya masyarakat padat penduduk menjadi rentan terhadap beban lateral dinamik gempa bumi. Ancaman gempa bumi dapat terjadi kapan saja karena tidak ada satu wilayah di Indonesia yang tidak berpotensi terhadap terjadinya gelombang seismik gempa bumi.

Munculnya kondisi struktur bangunan rumah tinggal pada permukiman padat penduduk lebih disebabkan oleh lemahnya kondisi ekonomi masyarakat dan ketidak tahuan mereka tentang pentingnya kualitas struktur bangunan sebagai penopang beban bangunan dan gaya eksternal gempa bumi. Kondisi rumah tinggal pemukiman seperti ini, bila terjadi bencana gempa bumi besar dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa yang disebabkan bukan oleh peristiwa gelombang seismik namun lebih disebabkan oleh tertimpanya material bangunan akibat runtuhnya struktur bangunan yang tidak mampu menahan pengaruh gaya lateral/gempa bumi.

Beberapa gambaran runtuhnya bangunan dan jatuhnya korban jiwa akibat bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah Indonesia yaitu, akhir Desember 2004 gempa bumi di Nangro Aceh Darusalam dengan kekuatan 9 Magnitudo Skala Richter disertai gelombang sunami yang menyebabkan banyak bangunan runtuh dan kurang lebih 180 ribu jiwa meninggal. 27 Mei 2006, Yogyakarta terjadi gempa bumi dengan kekuatan 5.8 Magnitudo Skala Richter yang mengakibatkan jatuhnya ribuan korban jiwa. Kerusakan dan korban jiwa saat gempa bumi tidak saja hanya disebabkan oleh gelombang seismik, namun kerusakan dan korban jiwa lebih banyak disebabkan oleh kurang andalnya struktur bangunan dalam menahan beban lateral dinamik gempa. Sehubungan latar belakang di atas, peneliti memandang perlu mengungkapkan kondisi ketahanan struktur bangunan rumah tinggal terhadap pengaruh gempa bumi pada penduduk padat di perkotaan di Kota Bandung.

Rumusan masalah penelitian ini adalah bagaimanakah gambaran umum kondisi struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan bila ditinjau dari keandalannya terhadap gempa bumi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi atau keadaan keandalan struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan terhadap pengaruh gaya lateral/gempa bumi. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, melalui pendekatan ini akan diperoleh tentang : (1) Deskripsi sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat diperkotaan bila dikaitkan dengan keandalannya terhadap gaya lateral/gempa bumi. (2) Deskripsi gambaran tingkat keandalan sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat terhadap pengaruh gaya lateral bila terjadi gempa bumi. (3) Deskripsi bagaimana masyarakat penduduk padat diperkotaan menentukan model struktur bangunan rumah tinggalnya dan faktor apa sajakah yang mempengaruhi masyarakat penduduk padat dalam menentukan kualitas struktur bangunan rumah tinggalnya. Lokasi penelitian berada di pemukiman padat penduduk Kelurahan Tamansari Kota Bandung, sementara yang menjadi objek penelitiannya adalah struktur bangunan rumah tinggal. Mengingat padatnya bangunan rumah tinggal yang hampir tidak menyisakan ruang maka pengambilan atau perekaman objek dilakukan melalui jalur-jalur bukaan gang. Objek dipilih secara purposif berdasarkan pertimbangan teoritik dan pragmatik. Analisa data dilakukan secara kualitatif, seluruh data lapangan diseleksi dan didiskusikan secara internal maupun eksternal, hal ini untuk memperoleh penafsiran yang sama sesuai kriteria yang telah ditentukan berdasarkan teori dan ahli.

Hasil dari penelitian ini menyebutkan; (1) Pemukiman penduduk di Kelurahan Tamansari merupakan salah satu pemukiman padat di kota Bandung dengan kondisi fisik struktur bangunan sangat rentan terhadap pengaruh gempa bumi. (2) Kondisi fisik super struktur bangunan rumah tinggal padat penduduk di Tamansari cukup memenuhi syarat keamanan terhadap pengaruh gempa bumi. (3) Super Struktur bangunan rumah tinggal penduduk padat di Tamansari kebanyakan hanya diperhitungkan terhadap beban statik-gravitasi saja, tanpa secara khusus diperhitungkan stabilitas, kekuatan dan daktilitasnya terhadap beban lateral dinamik gempa. Walaupun demikian tingkat keandalan bangunan ini masih dapat menahan beban lateral dinamik pada skala gempa ringan.

Keandalan Struktur Bangunan Terhadap Gempa Bumi Pada Bangunan Rumah Tinggal Padat Penduduk di Perkotaan

A. Pendahuluan

A.1. Latar Belakang

Berkembangnya permukiman padat penduduk diperkotaan yang dibangun tanpa memperhatikan kualitas struktur mejadikan bangunan rumah tinggal sebagai tempat berhuninya msyarakat padat penduduk menjadi rapuh terhadap bahaya gempa bumi. Ancaman gempa bumi dapat terjadi kapan saja karena tidak ada satu wilayah di indonesia yang tidak berpotensi terhadap terjadinya gelombang seismik gempa bumi.

Munculnya kondisi struktur bangunan rumah tinggal pada permukiman padat penduduk lebih disebabkan oleh lemahnya kondisi ekonomi masyarakat dan ketidak tahuan mereka tentang pentingnya kualitas struktur bangunan sebagai penopang beban bangunan dan gaya dari pengaruh luar bangunan seperti gempa bumi. Kondisi rumah tinggal pada permukiman seperti ini, bila terjadi bencana gempa bumi dapat menyebabkan jatuhnya korban jiwa yang disebabkan bukan oleh peristiwa gelombang seismik namun lebih disebabkan oleh tertimpanya material bangunan akibat runtuhnya bangunan yang tidak mampu menahan pengaruh gaya lateral/gempa bumi.

Beberapa gambaran peristiwa runtuhnya bangunan akibat bencana gempa bumi yang terjadi di wilayah Indonesia dan masih segar pada ingatan kita. Akhir Desember 2004 gempa bumi di Nangro Aceh Darusalam dengan kekuatan 9 Magnitudo Skala Richter disertai gelombang sunami yang menyebabkan banyak bangunan runtuh dan kurang lebih 180 ribu jiwa meninggal. Berikutnya, 27 Mei 2006 di Yogyakarta terjadi gempa bumi dengan kekuatan 5.8 Magnitudo Skala Richter yang mengakibatkan jatuhnya ribuan korban jiwa. Kerusakan dan korban jiwa saat gempa bumi tidak saja hanya disebabkan oleh gelombang seismik, namun kerusakan dan korban jiwa lebih banyak disebabkan oleh runtuhnya bangunan yang dikarenakan struktur bangunan tidak mampu menahan gaya lateral. Hal ini terjadi karena pada saat proses membangun kurang memperhatikan model struktur yang andal terhadap gempa bumi.

Oleh karena itu pada membangun bangunan rumah tinggal perlu memperhatikan model struktur bangunan yang andal terhadap gempa bumi, sehingga mampu menahan gerakan gelombang seismik agar bangunan tidak mudah runtuh yang dapat menyebabkan kerusakan dan jatuhnya korban jiwa. Menurut pedoman bangunan tahan gempa bahwa tujuan membangun bangunan tahan gempa itu adalah; (1). Pada gempa dengan intensitas kecil (di bawah MMI 8.0) yang terjadi beberapa kali dalam masa daya tahan sebuah gedung, tidak boleh terjadi retak dan kerusakan struktural, (2). Pada gempa dengan intensitas kuat (di atas MMI 8.0) tidak boleh terjadi kerusakan pada gedung yang membahayakan nyawa penghuni. Tujuan tersebut dapat dicapai apa bila pada saat membangun didahului dengan menentukan model struktur bangunan yang memperhatikan kekakuan, stabilitas, dan elastisitas pada struktur gedung.

Sehubungan latar belakang di atas, peneliti memandang perlu mengungkapkan kondisi ketahanan struktur bangunan rumah tinggal terhadap pengaruh gempa bumi pada penduduk padat di perkotaan di Kota Bandung. tinggi dengan pola bracing terhadap pengaruh gaya lateral, dalam rangka mempetakan keandalan model struktur bangunan tinggi, agar diketahui masyarakat secara luas dan menjadi bagian dari pengembangan dan rekayasa teknologi.

A.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang seperti diungkapkan di atas, maka dapat ditarik rumusan masalahnya sebagai berikut : Bagaimanakah gambaran umum kondisi ketahanan struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan ?. Secara rinci pertanyaan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat diperkotaan bila dikaitkan dengan keandalannya terhadap gaya lateral/gempa bumi?
2. Bagaimanakah gambaran tingkat keandalan sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat terhadap pengaruh gaya lateral bila terjadi gempa bumi?
3. Bagaimana masyarakat penduduk padat diperkotaan menentukan model struktur bangunan rumah tinggalnya dan faktor apa sajakah yang mempengaruhi masyarakat penduduk padat dalam menentukan kualitas struktur bangunan rumah tinggalnya ?

A.3 Keterkaitan Dengan Payung Penelitian

Keterkaitan dengan payung penelitian adalah sebagai program dari pengembangan ilmu bidang studi struktur bangunan, pada topik kajian struktur bangunan tahan gempa, yang diharapkan dapat menjadi media pemahaman dan pengetahuan dalam pembelajaran model ketahanan struktur bangunan rumah tinggal padat penduduk di perkotaan terhadap pengaruh gempa bumi.

A.4 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi atau keadaan keandalan struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan terhadap pengaruh gaya lateral/gempa bumi . Secara khusus tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat diperkotaan bila dikaitkan dengan keandalannya terhadap gaya lateral/gempa bumi .
2. Untuk mengetahui faktor apa sajakah yang mempengaruhi masyarakat penduduk padat dalam menentukan kualitas struktur bangunan rumah tinggalnya.
3. Untuk mengetahui karakteristik model dan kualitas struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan.

A.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat memberikan kontribusi dan rekomendasi bagi pengambil keputusan dalam pengembangan model struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat di perkotaan yang tahan terhadap gempa bumi.
2. Dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teori dan disain struktur bangunan rumah tinggal terhadap ancaman bahaya gempa bumi.
3. Dapat memberikan pemahaman tentang kondisi keandalan struktur bangunan rumah tinggal pada penduduk padat diperkotaan terhadap gempa bumi.
4. Sebagai usaha untuk membuka jalan penelitian lanjut dibidang ilmu yang relevan mengenai struktur bangunan, khususnya bidang arsitektur terutama dalam studi struktur konstruksi bangunan, serta untuk melengkapi hasil-hasil penelitian sebelumnya.

B. Tinjauan Teori

B.1 Pengertian Struktur Bangunan Dalam Mendukung Konsep Arsitektur (*Architecture Concept*).

Struktur Bangunan (*Building Structure*) bisa diartikan suatu sarana yang menyalurkan beban ke dalam tanah dalam rangka mendukung konsep arsitektur (*Architecture Concept*). Suatu struktur dianggap kokoh apabila mempunyai kekokohan diberbagai arah, sedangkan yang dimaksud dengan kekokohan adalah mampu mengantisipasi beban sehingga terjadi deformasi (perubahan bentuk) yang seminimal mungkin. Sedangkan fungsi dan struktur itu sendiri pada umumnya adalah melindungi kebutuhan ruang kegiatan dan mendukung atau menahan dan menyalurkan beban. Beban bangunan itu sendiri dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

- o Beban mati : beban struktur (balok, kolom), beban utilitas (lift, panel, pompa)
- o Beban hidup : beban fungsi (lemari, manusia)
- o Beban luar gedung:
 - Meteorologis : hujan, salju, suhu, Angin, Air tanah
 - Seismologist: gempa, pergerakan tanah (pelapukan, penyusutan)
- o Beban konstruksi (bahan bangunan) dan beban saat konstruksi (peralatan dan pekerja)
- o Beban akibat pelaksanaan tidak sempurna atau beban sekunder.

Untuk itu agar fungsi dan struktur dapat terpenuhi dengan baik maka persyaratan yang harus dipenuhi adalah : *Equilibrium* (seimbang), Stabil, Mekanika dapat diperhitungkan, Dapat dihitung secara matematis, Estetis, Ekonomis. Pada saat ini terdapat beberapa macam sistem struktur yaitu:

1). *Frame Structure System* (Sistem struktur rangka)

- a). *Space frame structure system*
- b). *Skeleton frame structure system*
- c). *Surface frame structure system*
- d). *Panel frame structure system*

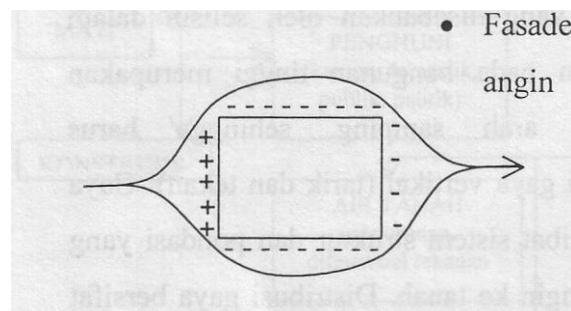
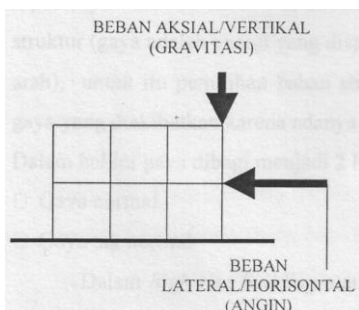
2). *Advance Structure System*

- a). *Structure cangkang (Shell Structure)*
- b). *Structure lamela*
- c). *Surface structure*
- d). *Hanging structure*

Dari sekian banyak sistem struktur yang kita kenal ada sistem struktur yang paling sering kita dengar dan kita gunakan yaitu *Skeleton Frame Structure System* atau disebut juga *Truss System* / sistem rangka batang.

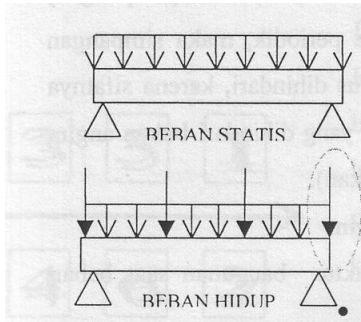
B.2 Beban Yang Bekerja Pada Bangunan (*Load*)

Beban (*Load*) yang bekerja pada suatu struktur ditimbulkan langsung oleh gaya-gaya yang dilakukan oleh manusia. Dengan kata lain terdapat dua sumber baban bangunan, yaitu geofisik dan buatan manusia.



Sedangkan pengertian beban (load) itu sendiri adalah sesuatu yang diterima oleh media sehingga media tersebut menerimanya dalam bentuk gaya. Karakteristik beban itu sendiri adalah : batang menerima beban aksial, mengalami deformasi yaitu memanjang dan memendek, sehingga batang mengalami gaya tarik (gaya yang berlawanan arah dan besarnya sama, menjauhi satu titik dan bekerja pada arah dan besarnya sama, mendekati satu titik dan bekerja pada satu garis yang sama). Beban bangunan itu sendiri dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

a. Beban mati (beban statis), yaitu berat dan semua bagian suatu gedung yang bersifat contoh : beban struktur (balok, kolom), beban utilitas (lift, panel, pompa)



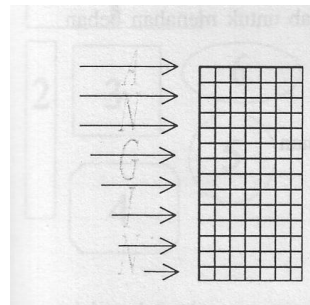
b. Beban hidup (beban dinamis), yaitu semua beban yang terjadi akibat adanya penggunaan suatu gedung contohnya : beban fungsi (lemari, manusia)

c. Beban luar gedung:

- Meteorologis : hujan, salju, suhu dan

Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau disebabkan oleh selisih dalam bangunan tinggi merupakan beban sehingga harus diterjemahkan dan tekan). Gaya tersebut

bagian gedung yang tekanan, beban angin pada lateral dan arah samping, sebagai gaya vertikal (tarik

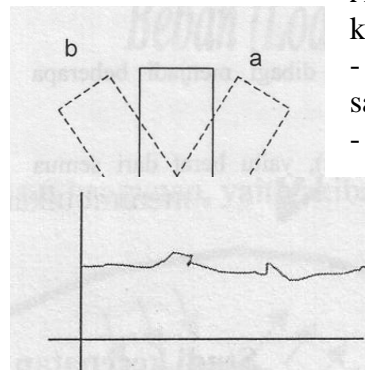


dihasilkan akibat sistem struktur dan pondasi yang menyalurkan beban angin ke tanah. Distribusi gaya bersifat parabolik, semakin keatas beban semakin besar.

Ada 2 sifat kecepatan angin yang kita kenal yaitu:

- Kecepatan angin rata-rata / relatif sama

- Kecepatan angin hentakan (*gust velocity*) periodik, mempunyai grafik yang tidak rata. Mempunyai sifat periodik (pada periode tertentu menghentak). Dalam hal ini *gust velocity* menyebabkan



ayunan yang cukup besar.

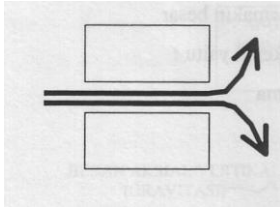
Akibat yang ditimbulkan oleh kecepatan angin pada bangunan adalah:

- kecepatan angin rata-rata tidak menimbulkan ayunan (simpangan) yang besar, namun bersifat kontinue dan bebannya merata fasial.
- Kecepatan angin hentakan membawa ayunan (simpangan) yang besar. Bila berjalan secara periodik, maka simpangan akan semakin besar. Hal ini harus dihindari, karena sifatnya merusak sistem struktur. Namun yang dihindari bukan angin, tetapi bahaya respon balik (hentakan).
- simpangan akibat hentakan angin.
- Simpangan akibat respon struktur bangunan saat beban angin hilang.

Beban angin pada bangunan tinggi

- Fasade bangunan bertanggung jawab untuk menahan beban

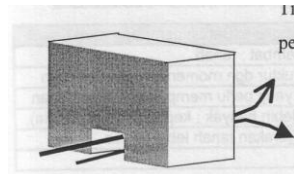
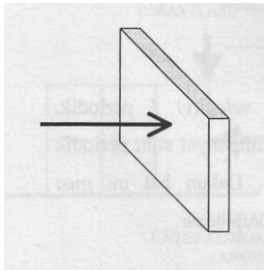
- (-) hisap keluar bangunan
- (+) tekanan kedalam bangunan



- konfigurasi dua massa bangunan yang membentuk celah sempit akan menyebabkan kecepatan angin tinggi dan menimbulkan vibrasi pada bangunan.

Studi kecepatan angin pada facade bangunan

Kontur yang terkena gaya angin pada permukaan facade bangunan, dipertimbangkan untuk memilih ketebalan kaca pada facade.



Jika tidak dapat kuat, solusinya dengan melubangi massa untuk mengurangi beban angin yang terjadi.

Tidak semua facade pada bangunan harus memiliki bahan penutup facade dengan kekuatan yang sama.

menggunakan bahan penutup facade yang adalah mengurangi luas permukaan facade

Beban Gempa/Seismologist

© Beban gempa, apabila ditinjau dari desain gempa, maka harus diperhatikan mengenai strategi bagaimanakah yang terbaik untuk desain gedung pada daerah yang mempunyai potensi gempa. Ada beberapa jenis gempa bumi, antara lain keruntuhan permukaan, guncangan tanah, keruntuhan tanah dan tsunami (gelombang laut yang diakibatkan oleh gempa bumi). Pergerakan tanah (pelapukan, penyusutan), gelombang gempa ada 2 (dua) macam yaitu : gelombang gempa *T wave* (terurai secara vertikal) dan *S wave* (terurai secara horisontal), hal ini ditentukan oleh:

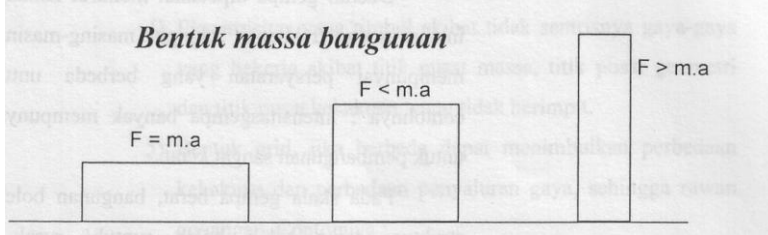
- 1) Struktur tanah
- 2) Pusat gempa
- 3) Jenis bangunan
- 4) Massa bangunan (dimensi, ketinggian, bentuk)
- 5) Struktur dan kekakuan bangunan (*ductility*)
- 6) Sambungan dan tumpuan bangunan
- 7) Intensitas / kekuatan

Gempa bumi dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

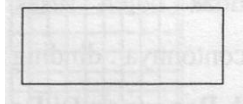
1. Gempa bumi *Vulcanic*, gempa yang diakibatkan adanya getaran permukaan.
2. Gempa bumi *Tectonic*, gempa yang diakibatkan karena gerakan lempengan bumi. disebabkan oleh patahan/retakan pada kerak bumi yang menimbulkan getaran yang kuat dibawah permukaan dan meneruskan gelombang getaran sesuai dengan media tanah.

Rambatan gelombang gempa pada tanah keras lebih cepat daripada rambatan pada tanah lunak, ini dikarenakan tanah lunak mempunyai sifat sebagai *Shockbreaker*. Gedung bertingkat tinggi mempunyai perilaku seperti elemen struktur kantilever akibat aksi beban lateral. Beban lateral cenderung menghasilkan momen guling, yang harus diimbangi oleh momen tahanan internal yang dihasilkan oleh struktur. Untuk menghindari pengaruh gempa

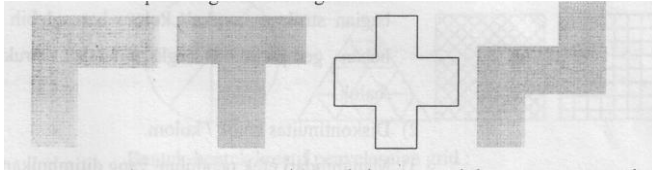
yang dapat merusak bangunan, penentuan bentuk massa bangunan sangat berpengaruh dalam mengantisipasi kekuatan gempa, berikut penentuan bentuk massa bangunan yang dapat diikuti dan dihindari.



1. Bentuk ini lemah dalam menahan deformasi bentang terpendek, namun kuat menahan deformasi bentang terpanjang.



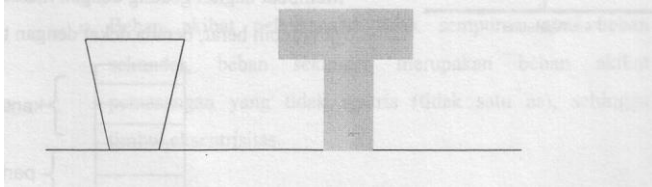
2. Bentuk diatas bila digabungkan akan saling merusak, terutama pada bagian sambungan massa.



3. Pengurangan /penambahan tonjolan massa akan membahayakan bangunan saat gempa.

4. Perbedaan kekakuan bangunan tambahan dengan bangunan mama akan saling merusak.

5. Massa bangunan dengan bentuk diatas lebih besar, memberi beban gempa yang lebih besar.

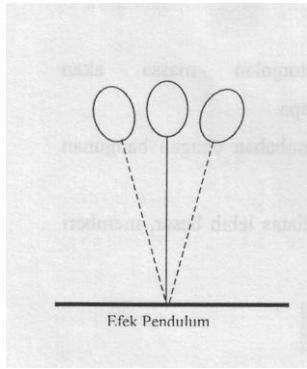


6. Bentuk *side back* pada tower menimbulkan perbedaan kekakuan karena titik pusat berat massa bangunan yang berbeda.

Pada skala gempa berat, bangunan boleh rusak tetapi struktur utama tidak boleh runtuh/ rusak dan sampai menimbulkan korban jiwa. Pada skala gempa kecil bangunan tidak boleh rusak berat dan struktur tidak boleh rusak, contohnya : dinding retak, plafon rusak.

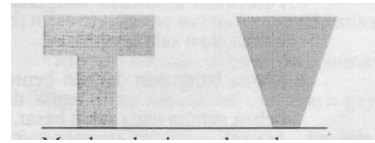
Level Kaidah Bangunan Di Daerah Gempa

1. SC (Strong Coloum) - WB (Weak Beam) dan SV- WH, bagian struktur vertikal/ kolom harus lebih kuat menahan beban gempa dibandingkan bagian struktur horisontal /balok.
2. Diskontinuitas balok / kolom.
3. Menghindari efek pendulum yang ditimbulkan karena:
 - Bangunan memiliki massa yang lebih besar diatas, sehingga menimbulkan ayunan yang besar saat gempa.

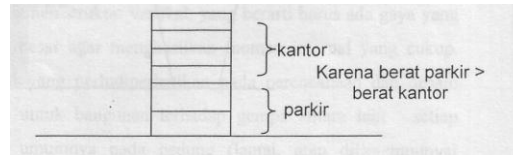


gaya yang bekerja akibat titik pusat geometri dan titik yang tidak berimpit.

- Membuat bagian gedung dengan massa/ beban mati/ hidup yang lebih berat, berada dekat dengan tanah.
- Bangunan dengan kekakuan yang berbeda.



4)

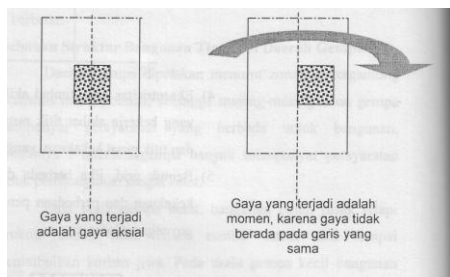


Eksentrisitas yang timbul akibat tidak sentrisnya gaya-titik pusat massa, pusat kekakuan

5) Bentuk grid, jika berbeda dapat menimbulkan perbedaan kekakuan dan perbedaan penyaluran gaya, sehingga rawan goyangan.

Contohnya :

- o Beban konstruksi (bahan bangunan) dan beban saat konstruksi (peralatan dan pekerja)
 - o Beban akibat pelaksanaan tidak sempurna atau beban sekunder, beban sekunder merupakan beban akibat pemasangan yang tidak sentris (tidak satu as), sehingga timbul eksentrisitas.
- Dibawah ini salah satu contoh dan pemasangan balok dan kolom yang tidak sentris:



B.3 Gaya yang Bekerja Pada Bangunan (*Forces*)

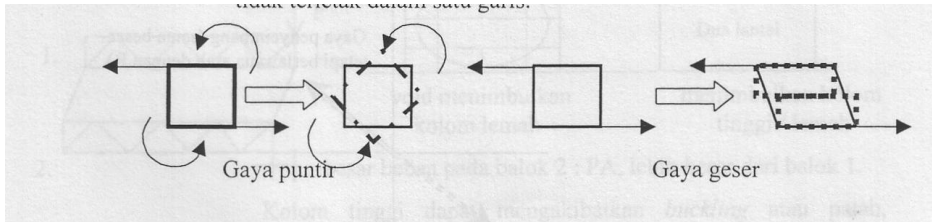
Gaya (*Forces*) adalah energi yang disalurkan melalui suatu media dan mempunyai besaran dan arah), untuk itu pemilihan bahan struktur rangka sangat menentukan dalam mengantisipasi gaya yang diakibatkan karena adanya beban yang disalurkan. Karakteristik yang dimiliki oleh gaya adalah:

- o Gaya bisa mengalami keseimbangan
- o Gaya merupakan energi yang disalurkan melalui struktur tersebut dan mempunyai besaran dan arah.

Dan menurut macamnya gaya dibagi menjadi 2 macam, yaitu

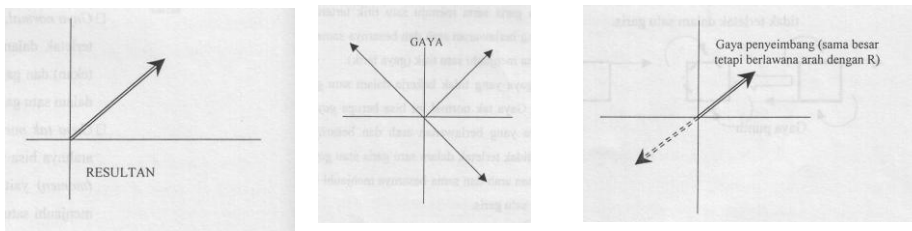
1. **Gaya normal**, yaitu gaya yang berlawanan arah dan besarnya sama terletak dalam satu garis serta menuju satu titik tertentu (gaya tekan) dan gaya yang berlawanan arah dan besarnya sama terletak dalam satu garis serta menjauhi satu titik (gaya tarik).

2. **Gaya tak normal**, gaya yang tidak bekerja dalam satu garis dan arahnya bisa sama. Gaya tak normal mi bisa berupa gaya puntir (momen) yaitu gaya yang berlawanan arah dan besarnya sama menjauhi satu titik tidak terletak dalam satu garis atau gaya geser yaitu gaya berlawanan arah dan sama besarnya menjauhi satu titik tidak terletak dalam satu garis.



B.4 Kestimbangan (*equilibrium*)

Kestimbangan (*equilibrium*) yaitu benda berada dalam kestimbangan, apabila sistem gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak menyebabkan translasi maupun rotasi pada benda tersebut. Keseimbangan akan ada dan sistem gaya kongkren yang bekerja pada titik atau pertikel apabila resultan sistem gaya kongkren tersebut sarna dengan nol. Suatu sistem gaya kongkren yang mempunyai gaya resultan dapat dijadikan seimbang dengan membenikan suatu gaya (penyeimbang) yang sama besar dan benlawanan arah dengan resultan tersebut.



B.5 Filosofi Perancangan Struktur Bangunan

Hal ini terkait dengan keamanan struktur terhadap beban-beban yang ditahannya. Pada bangunan bertingkat banyak, jika kolom bangunan pada bagian bawah hancur (struktur vertikal bawah) maka seluruh bangunan akan rubuh. Karena kolom merupakan penyangga beban yang paling utama. Oleh karena itu kolom harus kuat menahan gaya, sementara balok boleh hancur terlebih dahulu.

- Kolom kuat — balok Iemah (SC — WB)
- Vertikal kuat — horisontal lemah (SV — WH)

B.6 Sistem Struktur Bangunan

Secara terpisah pengertian System Structure bisa diartikan, System adalah tata susunan antar berbagai elemen yang membentuk satu kesatuan yang utuh, sedangkan Structure adalah bagaimana suatu beban disalurkan kedalam tanah dalam rangka mendukung konsep arsitektur (*Architecture Concept*). Suatu struktur dianggap kokoh apabila mempunyai kekokohan diberbagai arah, sedangkan yang dimaksud dengan kekokohan adalah mampu mengantisipasi beban sehingga terjadi deformasi (perubahan bentuk) yang seminimal mungkin. Sedangkan fungsi dan struktur itu sendiri pada umumnya adalah melindungi kebutuhan ruang kegiatan dan mendukung atau menahan dan menyalurkan beban. Berdasarkan bahannya struktur bangunan dibedakan menjadi dua macam yaitu:

- Struktur yang menggunakan bahan beton (bertulang).
- Struktur yang menggunakan bahan baja.

Sedangkan bila dilihat berdasarkan sistemnya, struktur bangunan dibedakan menjadi :

- Sistem pemusatan gaya
- Sistem pemerataan gaya
- Sistem koordinasi gaya

a. Sistem Struktur Rangka Pada *Upper Structure*

Berdasarkan kaidah teori struktur, sistem struktur utama terbagi atas dua macam yaitu:

1) Sistem pemusatan gaya-gaya, dibagi menjadi dua macam yaitu:

a) Struktur rangka kaku (*frame*)

- Portal jepit (sambungan dan tumpuan)

- Bentuk umumnya segi empat

- Yang bekerja adalah gaya-gaya permukaan yang merupakan gaya momen, contohnya adalah kolom balok.

b) Struktur rangka batang bergoyang dan batang tidak bergoyang

- Sambungan dan tumpuan sendi

- Bentuk umumnya segitiga

- Yang bekerja adalah gaya aksial (gaya normal), contohnya adalah rangka atap (*plane truss*).

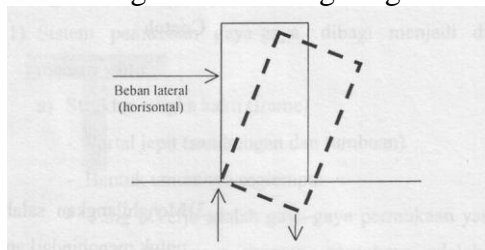
2) Sistem pemerataan gaya-gaya, yaitu : struktur bidang.

Pada waktu pembentukan sistem struktur bangunan bertingkat ada 3 bagian penting dalam sistem struktur, yaitu : bagian permukaan bangunan, bagian dalam dan bagian penghubung atau dirumuskan sebagai:

1. struktur perimeter / luar.
2. struktur internal / dalam.
3. struktur horisontal yang menghubungkan luar dan dalam.

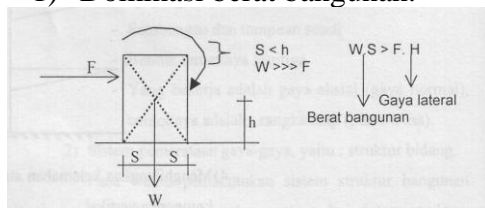
b. Ketahanan Struktur Bangunan Tinggi Terhadap Momen Guling

Ketahanan Struktur Bangunan Tinggi Terhadap Momen Guling Struktur bangunan mengubah beban horisontal/ lateral menjadi beban vertikal. Bila tidak dapat mengubahnya maka bangunan akan terguling.

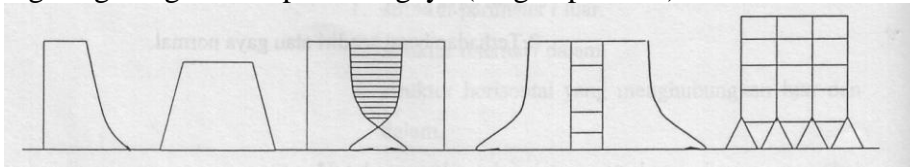


Cara dari struktur bangunan mengubah gaya horisontal menjadi vertikal adalah

1) Dominasi berat bangunan.



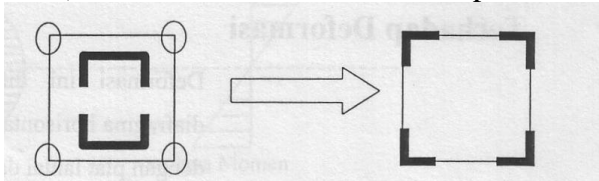
2) Bentuk bangunan yang melebar ditumpuan, meningkatkan ketahanan terhadap momen guling dengan memperlebar gaya (lengan pondasi).



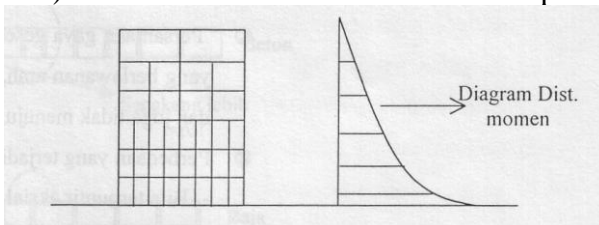
3) Meningkatkan kekakuan

4) Distribusi kekakuan.

a) Letak kekakuan horisontal dipindah keluar.



b) Letak distribusi kekakuan vertikal dipindah kebawah.



b) Mendistribusikan massa yang berat dibawab seperti parkir dan tangki, agar tidak memperbesar nilai h - nya

c. Ketahanan Struktur Terhadap Momen Torsi

Puntir aksial pada bangunan tinggi akibat beban lateral dapat dikurangi dengan meningkatkan kekakuan komponen vertikal luar / perimeter. Contohnya:

- 1) Dengan memakai dracing / silang angin.
- 2) Membuat struktur perimeter yang lebih kuat.
- 3) Struktur diluar kaku didalam sendi.

Bangunan tinggi akan menimbulkan gaya-gaya yang lebih besar di bagian bawah, karena bagian bawah bangunan menahan gaya-gaya. Jadi menahan momen torsi lebih besar. Bagian atas bangunan memiliki simpangan yang lebih besar. Sedangkan kekakuan struktur perimeter semakin kebawah semakin besar menahan torsi.

d. Ketahanan Struktur Terhadap Deformasi

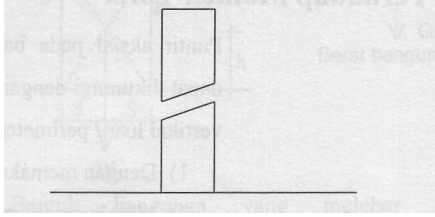
Deformasi ini ditahan oleh sistem horisontal atau diafragma horisontal (lantai diafragma). Hal ini dilakukan dengan plat lantai dan sistem pembalokannya.

e. Ketahanan Struktur Terhadap Gaya Geser

Persamaan gaya geser dan gaya momen adalah gaya yang berlawanan arah, tidak bekerja pada satu sumbu dan juga tidak menuju satu titik (gaya tidak normal). Perbedaan yang terjadi akibatnya adalah

- Bila terpuntir aksial = momen puntir/torsi
- Bila terguling = momen guling
- Bila tergeser = gaya geser

Terjadinya dua buah gaya berlawanan arah, tidak pada satu sumbu mengakibatkan gaya geser vertikal dan horisontal disebut juga *fenomena retak geser*.



f. Ketahanan Struktur Terhadap Gaya Normal

Beban horizontal (angin dan gempa) diubah oleh sistem struktur menjadi gaya tarik dan tekan pada setiap elemen bangunan. Dan setiap elemen perlu mempunyai ketahanan terhadap gaya normal tersebut. Jika tidak mampu, maka elemen bisa pecah, retak. Ketahanan terhadap gaya normal ada pada bahan penyusunnya. Misalkan baja kuat tarik dan beton bertulang kuat terhadap tekan,, kayu kuat tarik dan tekan dan bambu kuat tarik saja. Sedangkan sambungan kayu banyak menahan tekan dan sambungan baja banyak menahan tarik. Meskipun demikian kedua bahan ini kuat menahan tarik dan tekan.

B.7 Gempa Bumi dan Pengaruhnya Pada Struktur Bangunan

Gempa bumi merupakan gerakan atau pergeseran lempeng bumi dan menyebabkan terjadinya gempa dislokasi (sesar). Gempa pada permukaan bumi dapat dibagi atas :

- Getaran tanah oleh gelombang seismik
- Pergeseran bumi (sesar) oleh retakan, longsor, penurunan permukaan tanah dan sebagainya
- Mencairnya bagian bumi tertentu sehingga menghilangkan kestabilannya.

Jika di permukaan bumi terdapat bangunan, maka bangunan dapat mengalami kerusakan oleh getaran bumi. Akibatnya gedung dapat runtuh, bendungan roboh, pipa air dan gas patah (yang mengakibatkan kerusakan sekunder, yaitu banjir dan kebakaran). Getaran tanah oleh gempa bumi dapat digolongkan menjadi :

- Getaran tanah yang merupakan guncangan tunggal yang terjadi pada keadaan tanah yang keras, dimana jarak episentral dan kedalaman pusat gempa agak kecil. Getaran tanah berarah seragam, dengan frekuensi di bawah 0.2 detik dan amplitudo (simpangan getar) agak kecil beberapa sentimeter saja)
- Getaran tanah sedang dengan lama 20-30 detik dan arah tidak teratur. Getaran tanah berfrekuensi sangat tidak merata diantara 0.05-6 detik dengan amplitudo lumayan besar (kurang lebih hingga 20 cm) getaran ini merupakan jenis yang paling umum.
- Getaran tanah lambat dengan lama sampai 5 menit dan arah agak seragam, terjadi pada keadaan tanah yang agak lunak. Amplitudo getaran tanah ini agak besar (hingga 30 cm).

Bagi gedung kecepatan gerak bumilah yang menentukan, karena nilai maksimal dapat mencapai daya tarik ($g = 981 \text{ cm/s}^2$). Gedung umumnya dikonstruksikan untuk gaya-gaya vertikal saja, sementara percepatan horisontal oleh gempa bumi sangat membahayakan kestabilan gedung. Berkaitan dengan resonansi antara getaran gedung dan getaran tanah, maka frekuensi di antara 0.1 – 6 detik paling membahayakan. Frekuensi kecil umumnya mempengaruhi gedung yang kaku, sedangkan frekuensi besar mempengaruhi gedung yang agak fleksibel dan sifat mengubah bentuk (*duktility*) pada bahan bangunan sangat mempengaruhi kestabilan gedung.

Tujuan membangun gedung tahan gempa adalah :

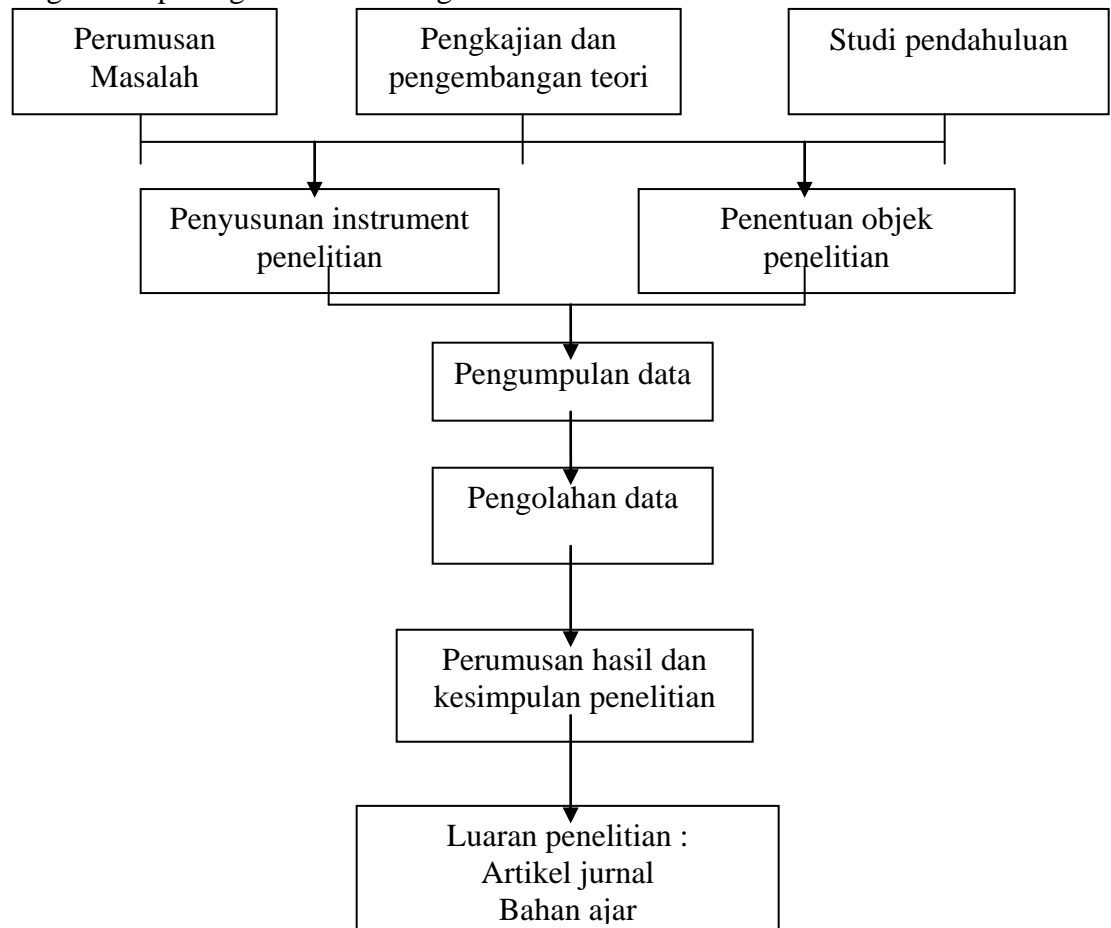
- Pada gempa dengan intensitas kecil di bawah MMI 8.0 yang terjadi beberapa kali dalam masa daya tahan gedung, tidak boleh terjadi retak dan kerusakan struktural.
- Pada gempa dengan intensitas kuat (lebih besar dari MMI 8.0) tidak boleh terjadi kerusakan pada gedung yang membahayakan nyawa penghuni.

Tujuan tersebut dapat dicapai dengan memperhatikan kekakuan, stabilitas, elastisitas pada struktur gedung. Untuk menghindari sifat yang kurang menguntungkan, maka harus diperhatikan lendutan (kemungkinan melengkung ke bawah) pada balok yang dapat membebani bagian bangunan yang tidak menerima beban, atau yang menerima guncangan oleh struktur bangunan tetangga yang bergoyang. Terjadinya retakan pada dinding dan guncangan, walaupun mempengaruhi kestabilan struktural, dapat membuat panik penghuni. Bangunan tahan gempa dapat dicapai terutama dengan memilih bentuk dan struktur yang menguntungkan, serta konstruksi yang sederhana.

C. Metodologi

C.1 Alur Penelitian

Dalam rangka mencapai tujuan penelitian yang diharapkan dan sebagai pedoman langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan, maka perlu disusun prosedur penelitian, yang secara grafis dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alur prosedur penelitian

C.2 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, melalui pendekatan ini akan diperoleh tentang : (1) Deskripsi sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat diperkotaan bila dikaitkan dengan keandalannya terhadap gaya lateral/gempa bumi. (2) Deskripsi gambaran tingkat keandalan sistem struktur rumah tinggal pada penduduk padat terhadap pengaruh gaya lateral bila terjadi gempa bumi. (3) Deskripsi Bagaimana masyarakat penduduk padat diperkotaan menentukan model struktur bangunan rumah tinggalnya dan faktor apa sajakah yang mempengaruhi masyarakat penduduk padat dalam menentukan kualitas struktur bangunan rumah tinggalnya.

C.3 Lokasi dan Objek Penelitian

Lokasi penelitian berada di pemukiman padat penduduk Kelurahan Tamansari Kota Bandung, sementara yang menjadi objek penelitiannya adalah struktur bangunan rumah tinggal. Mengingat padatnya bangunan rumah tinggal yang hampir tidak menyisakan ruang maka pengambilan atau perekaman objek dilakukan melalui jalur-jalur bukaan gang. Objek dipilih secara purposif berdasarkan pertimbangan teoritik dan pragmatik

C.4 Pegumpulan Data

1. Wawancara : sebagai alat pengumpul data secara langsung dan natural dari responden. Wawancara dilakukan secara terstruktur yang telah disiapkan berdasarkan aspek-aspek yang akan diungkap dan sesuai tujuan penelitian. Tujuan wawancara adalah untuk mengetahui gambaran, kronologi tentang cara/teknis masyarakat padat penduduk dalam membangun tempat huniannya.
2. Dokumentasi : teknik dokumentasi dimaksudkan untuk memperoleh data dari sumber informasi yang berkaitan dengan masalah penelitian. Dokumentasi yang dikumpulkan berupa foto, gambar perencanaan, gambar rekonstruksi desain struktur dari objek penelitian yaitu rumah-rumah penduduk padat di Tamansari.

C.5 Pengolahan Data

Seluruh pengolahan data dilakukan melalui analisis secara kualitatif berdasarkan konfirmasi pada teori dan ahli.

C.6 Analisa Data

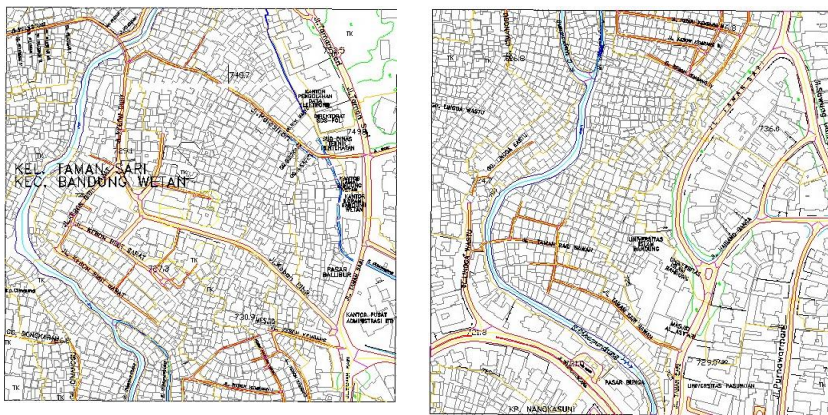
- data lapangan yang telah diperoleh dianalisis secara kualitatif. Seluruh data lapangan diseleksi dan didiskusikan secara internal maupun eksternal, hal ini untuk memperoleh penafsiran yang sama sesuai kriteria yang telah ditentukan berdasarkan teori dan ahli.
- Tahap selanjutnya mencoba menginterpretasikan dan memkomparasikan hasil analisis data lapangan dengan merujuk kepada teori dan kerangka teoritis yang telah ditetapkan, yang mencakup kaidah-kaidah perilaku gaya pada bangunan, pembebanan bangunan, prinsip kekakuan struktur bangunan, prinsip keandalan bangunan tahan gempa yang ditinjau dari hasil analisis data lapangan. Interpretasi dilakukan dengan cara memkomparasikan hasil analisa lapangan berdasarkan karakteristik sistem struktur bangunan tahan gempa.

D. Deskripsi Hasil Penelitian

D.1 Deskripsi Lokasi dan Objek Penelitian

Pemukiman penduduk di kelurahan Tamansari merupakan salah satu pemukiman padat penduduk di Kota Bandung. Pemukiman ini terletak disepanjang lembah bantaran Sungai Cikapundung dengan setiap hektarnya dihuni oleh 125 jiwa, hal ini sudah tidak sesuai standar dari badan kesehatan internasional WHO yang mensyaratkan 96 jiwa per hektar. Warga memiliki profesi yang bervariasi dengan tingkat pendidikan dan kondisi ekonomi yang berbeda-beda. Kepadatan hunian yang dibarengi dengan rendahnya kualitas bangunan tempat tinggalnya dengan struktur ruang dalam dan ruang luarnya yang tidak lagi manusiawi akan menimbulkan kerawanan terhadap bencana seperti gempa bumi. Tingkat hunian yang padat di Tamansari dengan minimnya ruang terbuka dan jalur-jalur gang jalan yang sangat sempit dapat menyebabkan warga kesulitan dalam melakukan penyelamatan diri ketika terjadi bencana.

Sementara gambaran tentang bangunan hunian pemukiman penduduk di bantaran Sungai Cikapundung Kelurahan Tamansari, bangunan rumah tinggal warga dibangun dengan menggunakan pilihan bahan utama yaitu; batu, bata, beton dan kayu. Sistem membangun yang dilakukan oleh penduduk sebagian besar dilakukan sendiri dengan bantuan jasa tukang batu yang tidak memiliki background keahlian dibidang ilmu rancang bangun, namun sebagiannya lagi dalam membangunnya menggunakan bantuan ahli rancang bangun seperti jasa arsitek ataupun ahli struktur atau sipil bangunan. Karena sebagian besar rumah tinggalnya dibangun tanpa menggunakan jasa ahli rancang bangun dan yang terjadi hanya mengedepankan fungsionalnya saja tanpa memperhatikan persyaratan teknis yang diperlukan agar bangunan dapat berdiri kokoh dan aman untuk dihuni.



Kepadatan penduduk di Tamansari disebelah utara dan disebelah selatan Flyover Pasupati
Gambar 4.1:
Wilayah/Peta Lokasi Penelitian



Gambar 4.2 : *Kepadatan penduduk di Tamansari*

D.2 Struktur Penopang Bangunan (Pondasi)

Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa seluruh bangunan rumah tinggal yang terdapat di pemukiman padat balubur menggunakan pondasi. Terdapat dua macam pondasi pada bangunan tidak bertingkat masyarakat menggunakan pondasi menerus batu belah, untuk

bangunan bertingkat satu dan dua lantai masyarakat menggunakan pondasi setempat beton bertulang, namun tidak semua bangunan rumah tinggal bertingkat menggunakan pondasi setempat beton bertulang, hal ini disebabkan tidak semua pemilik rumah mengetahui prinsip-prinsip struktur bangunan, bila untuk bangunan bertingkat sistem penyaluran gaya tidak bersifat disebar secara merata, namun gaya disalurkan terpusat pada elemen-elemen struktur bangunan. Walaupun seluruh bangunan menggunakan sistem penopang pondasi namun tidak semua bangunan rumah tinggal bertingkat menggunakan sistem pondasi tapak sebagai karakteristik dari penyaluran gaya yang bersifat memusat hal ini dapat menyebabkan sistem struktur bangunan tidak andal terhadap gempa bumi.

D.3 Balok Pengkaku (Sloof)

Balok pengkaku pada bagian super struktur bangunan merupakan komponen yang sangat penting dalam bangunan, sebab balok pengkaku ini merupakan sistem pengkaku agar susunan sistem super struktur menjadi kaku (*rigid frame*). Kekakuan struktur bangunan menjadi syarat bangunan menjadi adaptif terhadap pengaruh gelombang seismik gempa bumi. Berdasarkan data yang diperoleh pada lokasi penelitian menyebutkan bahwa bangunan rumah tinggal padat penduduk yang terdapat di kawasan penelitian yaitu balubur tidak semua sistem super struktur bangunannya menggunakan sistem balok pengkaku (sloof). Terdapat dua macam sistem konstruksi yang digunakan dalam membangun bangunan rumah tinggalnya, pertama; penduduk menggunakan sistem pasangan rolag bata, pasangan ini tidak berfungsi sebagai pengikat antar kompoen struktur bangunan namun konstruksi rolag bata berfungsi sebagai pembagi/penyebar gaya dan konstruksi semacam ini tidak dimaksudkan sebagai penahan gaya-gaya horizontal seperti gempa bumi, kedua; sebagian penduduk membangun dengan sistem rangka beton, sloof sebagai salah satu komponen struktur rangka beton memiliki peranan yang sangat penting dalam menentukan kekakuan super struktur bangunan. Walaupun sebagian penduduk telah menggunakan sloof sebagai sistem pengkaku namun karena teknis pengerjaan dan pembuatan sistem konstruksinya yang tidak berdasarkan pengetahuan teknis yang benar yang hanya didasarkan oleh kebiasaan tukang batu saja dan bukan ahli maka balok sloof yang dimaksudkan sebagai pengkaku pada bagian super struktur biarpun sementara tahan terhadap geseran namun pada joint sloof dan kolom menjadi tidak kaku dan lemah terhadap gerakan gelombang seismik gempa bumi.

D.4 Kolom (Komponen Struktur Vertikal Bangunan)

Kolom merupakan komponen struktur bangunan yang berfungsi sebagai penahan beban bangunan dan penyalur gaya vertikal untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi dan disebarkan ke permukaan tanah keras. Dengan demikian kolom menjadi komponen yang sangat penting dalam mendukung beban bangunan dan merupakan sistem pembentuk rangka yang kaku dalam sistem portal struktur bangunan.

Berdasarkan data lapangan struktur bangunan rumah tinggal penduduk di bantaran Sungai Cikapundung kelurahan Tamansari sebagian besar dibangun dengan bentuk bangunan satu lantai atau tidak bertingkat dengan menggunakan konstruksi dinding batu bata dan batako dengan sistem perkuatan pengkaku bidang dinding menggunakan kolom praktis beton bertulang. Sementara untuk bangunan bertingkat menggunakan konstruksi yang sama yaitu bata dan batako dengan sistem pengkaku dinding kolom beton bertulang sebagai penopang



lantai bangunan di atasnya yang sekaligus sebagai pengkaku konstruksi bidang dinding. Kolom sebagai komponen struktur utama bangunan secara struktural konstruksi kolom memiliki persyaratan spesifik berkaitan dengan lebar penampang kolom, dimensi dan jumlah besi tulangan. Kecukupan lebar penampang kolom bertujuan untuk menghasilkan tingkat kekakuan struktur kolom. Sementara dimensi dan jumlah besi tulangan lebih bertujuan untuk menahan gaya tarik. Data lapangan menunjukkan bahwa tidak semua masyarakat penduduk padat di Tamansari, pada saat rancang bangunannya memperhatikan persyaratan struktur kolom tersebut, karena pada saat rancang bangun teknis konstruksinya hanya dibuat berdasarkan kemampuan tukang yang hanya mengutamakan kebiasaan yang sering dilakukan tanpa pengetahuan yang memadai.



D.5 Balok dan Plat Lantai

Balok lantai berfungsi sebagai penopang plat lantai, elemen ini sebagai penyalur gaya menuju kolom. Dengan demikian keberadaan balok lantai menjadi hal yang penting dalam sistem bangunan bertingkat. Konstruksi plat lantai dan balok lantai untuk rumah bertingkat yang digunakan pada pemukiman penduduk padat di Tamansari sangat bervariasi, ada yang menggunakan beton bertulang, papan dan balok kayu, kombinasi plat lantai beton dengan balok kayu, dan papan lantai kayu dengan balok beton. Namun kebanyakan masyarakat menggunakan konstruksi plat lantai dan balok lantai dari bahan beton bertulang. Konstruksi dengan beton bertulang memiliki beban yang sangat berat, bila secara teknis pengerjaan konstruksinya tidak didasarkan pada pengetahuan yang baik dan benar maka sistem struktur yang dihasilkan akan menjadi tidak daktil dan rawan terhadap goyangan dan geseran pengaruh gempa bumi.



D.6 Pengkaku Dinding dan Ring Balok

Dinding dalam bangunan memiliki fungsi sebagai komponen pengisi atau hanya sebagai pembatas ruang. Agar komponen dinding dapat berdiri kokoh dan aman, terdapat persyaratan yang sebaiknya dipenuhi. Persyaratan tersebut adalah, bahwa setiap konstruksi dinding dengan luas 12 m² harus dilengkapi dengan elemen-elemen pengkaku seperti balok dan kolom praktis dengan dimensi yang sama dengan tebal dinding dan terbuat dari campuran beton dengan besi bertulang. Agar konstruksi dinding dengan elemen pengkaku dapat menyatu, perlu setiap pasangan dinding dan elemen pengkaku dilengkapi dengan jangkar atau besi angkur pada setiap jarak 1-1,5 meter. Agar hubungan kolom dan balok pengkaku memiliki kemampuan menahan gaya geser, pedoman bangunan tahan gempa mensyaratkan bahwa setiap joint balok dan kolom pengkaku harus dilengkapi dengan adanya tulangan pengikat sebagai



peredam gaya geser bila terjadi gempa bumi.

Berdasarkan data lapangan konstruksi dinding untuk rumah tinggal warga di pemukiman padat di Tamansari, terbuat dari bata dan batako. Material ini sangat berat dan berpengaruh terhadap dimensi dan kekuatan struktur bangunan. Secara teknis dinding bangunan rumah tinggal warga ada telah dibuat berdasarkan persyaratan teknis konstruksi dengan kolom-balok pengkaku, namun terdapat juga dinding-dinding bangunan rumah

warga yang tidak memperhatikan dan mengabaikan persyaratan teknis tersebut, dinding bangunan tanpa diberikan elemen pengkaku kolom dan balok beton. Walaupun terdapat warga yang telah membuat dinding rumah tinggalnya dilengkapi dengan elemen pengkaku balok-kolom, namun pemberian balok-kolom pengkaku tidak dipasang berdasarkan persyaratan konstruksi yang benar, meliputi lebar bidang dinding, dimensi penampang balok-kolom, dimensi besi tulangan dan jumlahnya. Konstruksi dinding yang mengabaikan persyaratan teknis tersebut akan sangat rentan terhadap gerakan lateral dinamik gempa.



D.7 Rangka dan Penutup Atap

Struktur atau rangka atap merupakan komponen penopang dan pembentuk bidang-bidang miring atap. Sementara penutup atap merupakan pelindung ruang dan badan bangunan dari pengaruh cuaca, hujan, panas, angin, dan debu. Struktur atap bangunan secara teknis konstruksinya dapat terbuat dari bahan bambu, kayu, baja ringan, balok baja, dan beton bertulang. Sedangkan bahan penutup atap dapat berupa genteng keramik, genteng beton, asbes gelombang, seng gelombang dan zinkalum.

Data lapangan menunjukkan bahwa rumah tinggal pada penduduk padat di Tamansari lebih didominasi dengan pilihan rangka atap menggunakan konstruksi kayu dengan alasan kayu mudah didapat, mudah dikerjakan dengan bantuan tukang kayu. Walaupun harga kayu dengan kualitas rendah yang cukup mahal, hal ini tidak menjadi alasan mereka untuk tidak menggunakan bahan kayu sebagai bahan konstruksinya. Sementara penutup atap rumah tinggalnya lebih didominasi dengan pilihan bahan menggunakan genteng keramik konvensional dengan alasan harga genteng tersebut relatif cukup murah dan terjangkau.

Secara teknis susunan antar komponen atap memiliki persyaratan konstruksi yang penting untuk diperhatikan pada saat melakukan rancang bangun agar atap dapat berdiri kokoh dari pengaruh gempa bumi, angin dan hujan. Data lapangan menyebutkan bahwa susunan komponen struktur atapnya lebih cenderung telah memenuhi syarat yang terdiri dari kuda-kuda, gording, blok tembok, balok bubungan dan balok pengikat antar komponen. Namun susunan konstruksi sambungannya kurang memperhatikan persyaratan teknis seperti pemilihan model konstruksi sambungan kayu yang tidak sesuai dengan gaya yang diderita oleh batang-batang kayu, sehingga



menyebabkan sambungan-sambungan pada bentuk atap menjadi kurang kokoh dan riskan terhadap goyangan dari pengaruh gempa bumi dan angin.

D.8 Pembahasan Hasil Penelitian

Pada prinsipnya agar bangunan dapat berdiri kokoh diatas permukaan tanah, bangunan harus memiliki sistem super struktur yaitu pondasi sebagai penopang beban bangunan yang selanjutnya diteruskan ke dalam permukaan tanah keras. Pemilihan jenis dan macam pondasi lebih didasarkan pada kondisi kedalaman tanah keras dan beban bangunan. Berdasarkan hasil penelitian, walaupun seluruh bangunan rumah tinggal padat penduduk di Tamansari telah menggunakan sistem penopang pondasi, namun dalam penentuan macam pondasi yang digunakan ada yang belum memperhatikan prinsip dasar dari perilaku gaya-gaya yang bekerja pada bangunan. Hal ini terlihat tidak semua bangunan rumah tinggal bertingkat menggunakan sistem pondasi tapak sebagai karakteristik dari penyaluran gaya yang bersifat memusat, ini dapat menyebabkan sistem struktur bangunan tidak andal terhadap gempa bumi.

Kolom sebagai salah satu komponen struktur vertikal yang berfungsi sebagai penahan beban dan penyalur gaya ke pondasi. Sementara sloof sebagai pengikat bagian bawah antar kolom. Joint kolom dan sloof agar kedua komponen tersebut dapat andal terhadap gaya gempa harus dilengkapi dengan tulangan pengikat gaya geser. Walaupun sebagian penduduk telah menggunakan sloof sebagai sistem pengkaku namun karena teknis pengerjaan dan pembuatan sistem konstruksinya yang tidak berdasarkan pengetahuan teknis yang benar yang hanya didasarkan oleh kebiasaan tukang batu saja dan bukan ahli maka balok sloof yang dimaksudkan sebagai pengkaku pada bagian super struktur, walau sementara saat tidak terjadi gempa tahan terhadap geseran namun pada joint sloof dan kolom menjadi tidak kaku dan lemah terhadap gerakan gelombang seismik ketika terjadi gempa bumi.

Menurut Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971) mensyaratkan tebal plat lantai minimal 12 cm, tebal plat atap minimal 7 cm. sementara berdasarkan teori analisis praktis dimensi balok lantai dapat ditentukan berdasarkan $1/12 - 1/14$ bentang. Untuk melihat apakah bangunan tahan gempa, menurut pedoman bangunan tahan gempa, struktur harus memiliki ciri berikut; strukturnya mempunyai sistem penahan gaya lateral dinamik-gempa. Berdasarkan temuan penelitian kebanyakan masyarakat membangun menggunakan konstruksi plat lantai dan balok lantai dari bahan beton bertulang, persyaratan konstruksi belum sepenuhnya diperhatikan sistem struktur hanya diperhitungkan, direncanakan dan dilaksanakan hanya terhadap beban static-gravitasi saja, tanpa secara khusus diperhitungkan stabilitas, kekuatan dan daktilitasnya terhadap beban lateral dinamik gempa. Konstruksi dengan beton bertulang memiliki beban yang sangat berat, bila secara teknis pengerjaan konstruksinya tidak didasarkan pada pengetahuan yang baik dan benar maka sistem struktur yang dihasilkan akan menjadi tidak daktil dan rawan terhadap goyangan dan geseran pengaruh gempa bumi.

Berdasarkan hasil penelitian konstruksi dinding rumah tinggal warga Tamansari, sebagian warga telah membangun dinding rumah tinggalnya dengan konstruksi yang dilengkapi dengan elemen pengkaku balok-kolom, namun pemberian balok-kolom pengkaku tidak dipasang berdasarkan persyaratan konstruksi yang benar, sementara ada juga rumah tinggal warga yang konstruksi dinding rumah tinggalnya mengabaikan sistem pengkaku dinding. Persyaratan yang diabaikan pada konstruksi dinding tersebut meliputi kekakuan

lebar bidang dinding, dimensi penampang balok-kolom, dimensi besi tulangan dan jumlahnya. Konstruksi dinding yang mengabaikan persyaratan teknis tersebut akan sangat rentan terhadap gerakan lateral dinamik gempa.

Berdasarkan hasil penelitian, struktur rangka atap yang banyak digunakan warga adalah dengan pilihan konstruksi kayu. Sementara penutup atapnya lebih banyak menggunakan pilihan bahan genteng keramik yang dibuat secara konvensional. Pada rangka atap kebanyakan susunan konstruksi sambungannya kurang memperhatikan persyaratan teknis seperti pemilihan model konstruksi sambungan kayu yang tidak sesuai dengan gaya yang diderita oleh batang-batang kayu, sehingga menyebabkan sambungan-sambungan pada bentuk atap menjadi kurang kokoh dan rentan terhadap goyangan dari pengaruh gempa bumi dan angin.

E. Kesimpulan & Saran

E.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan hasil penelitian tentang “ Keandalan Struktur Bangunan Terhadap Gempa Bumi Pada Bangunan Rumah Tinggal Padat Penduduk di Perkotaan” yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemukiman penduduk di Kelurahan Tamansari merupakan salah satu pemukiman padat di kota Bandung dengan kondisi fisik struktur bangunan rumah tinggal yang kebanyakan dibangun tanpa pemahaman dan pengetahuan ilmu rancang bangun struktur bangunan yang benar sehingga struktur bangunan yang dihasilkan sangat rentan dan tidak aman terhadap pengaruh gempa bumi.
2. Walaupun masyarakat penduduk padat di Tamansari pada saat rancang bangun umumnya tidak menggunakan jasa tenaga ahli rancang bangun seperti asitek, ahli struktur, namun pada umumnya kondisi fisik super struktur bangunan rumah tinggal padat penduduk di Tamansari cukup memenuhi syarat keamanan terhadap pengaruh gempa bumi.
3. Super Struktur bangunan rumah tinggal penduduk padat di Tamansari kebanyakan hanya diperhitungkan terhadap beban statik-gravitasi saja, tanpa secara khusus diperhitungkan stabilitas, kekuatan dan daktilitasnya terhadap beban lateral dinamik gempa. Walaupun demikian tingkat keandalan bangunan ini masih dapat menahan beban lateral dinamik pada skala gempa ringan dan sedang.
4. Mengingat kondisi lingkungan pemukiman yang sangat padat dan hampir tidak menyisakan ruang-ruang terbuka dengan jalur-jalur bukaan gang yang sangat sempit dan tidak manusiawi dengan sisi kanan dan kirinya adalah dinding-dinding bangunan rumah tinggal yang tidak memenuhi syarat kekokohan dan mudah runtuh, maka ketika terjadi bencana gempa bumi, bukaan gang-gang jalan akan mudah tertutup oleh runtuhnya dinding-dinding bangunan yang menyebabkan sulitnya warga melakukan penyelamatan diri dan mudah terjebak oleh reruntuhan bangunan.

E.2 Saran :

Rekomendasi ini ditujukan khususnya untuk kegiatan pembelajaran yang berkaitan dengan disain struktur konstruksi bangunan rendah, warga penduduk padat di Tamansari dan pemerintah kota sebagai pembuat kebijakan dalam perancangan bangunan pemukiman.

Rekomendasi ini merupakan hasil akhir dari kegiatan penelitian dan berdasarkan hasil kesimpulan penelitian tersebut maka peneliti merekomendasikan :

1. Bagi warga penduduk padat di Tamansari sebaiknya pada saat melakukan rancang bangun penting memperhatikan persyaratan-persyaratan teknis, hal ini penting dilakukan agar bangunan tidak mudah runtuh bila terjadi gerakan-gerakan lateral yang disebabkan oleh gempa bumi maupun pengaruh kondisi alam lainnya.
2. Mengingat kondisi fisik pemukiman penduduk padat di Tamansari yang pada umumnya tidak memenuhi syarat struktur yang aman terhadap gerakan seismik gempa bumi, agar warga lebih mengenali lingkungan disekitarnya sebagai tempat yang aman untuk menyelamatkan diri ketika terjadi gempa bumi agar tidak mudah terjebak pada reruntuhan bangunan rumah tinggalnya dan bangunan-bangunan di sekitarnya.
3. Bagi pemerintah kota penentu kebijakan tentang pemukiman khususnya pemukiman penduduk padat penting dilakukan sosialisasi cara membangun sistem struktur yang anda tehadap pengaruh gempa bumi, sehingga warga masyarakat mengetahui dan memahami dan dapat mengaplikasikan cara membangun sistem struktur yang benar dan andal terhadap gempa bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cowan, Henry J & Wilson, Forrest, 1981 : *Structure System*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Dirjen Cipta Karya. Bab III Keandalan Bangunan Bagian A. Ketentuan Umum. Petunjuk Teknis Peraturan Daerah di Bidang Penataan Bangunan.
- Frick, Heinz & Hesti M, Tri, 2006 : *Pedoman Bangunan Tahan Gempa*. Kanisius. Yogyakarta
- Frick, Heinz & Purwanto, LMF, 2002 : *Sistem Bentuk Struktur Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta
- Frick, Heinz, 2002 : *Sistem Struktur dan Utilitas Bangunan*. Kanisius. Yogyakarta
- Levy, Mathys & Salvadori, Mario, 1992 : *Why Buildings Fall Down*. W.w. Norton & Company, New York. London.
- Robert E, Fischer, 1980 : *Engineering For Architecture*. McGraw-Hill, USA.
- Snyder, James C, 1984 : *Architecture Research*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- W, Suryamanto, 2002 : *Struktur dan Konstruksi Bangunan Bertingkat Rendah*. ITB.