

TUGAS AKHIR

ANALISIS KERUNTUHAN BERTAHAP (*PROGRESSIVE COLLAPSE*) PADA GEDUNG AKADEMIK 7 LANTAI DI YOGYAKARTA

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Alwan Wisnu Pamungkas

20150110141

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alwan Wisnu Pamungkas
NIM : 20150110141
Judul : Analisis Keruntuhan Bertahap (*Progressive Collapse*)
pada Gedung Akademik 7 Lantai di Yogyakarta

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 22 Februari 2019

Yang membuat pernyataan



Alwan Wisnu Pamungkas

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih kepada kedua orang tuaku yang selalu memberikan do'a, dukungan moral maupun material dan kasih sayang kalian kepada kami. Terima kasih kedua kakakku yang sering menjadi tempat bercerita setiap keluh kesah di bangku belajarku, yang selalu memotivasi dan memberikan saran-sarannya untuk kebaikan masa depan di hidupku.

Terima kasih kepada bapak Taufiq Ilham Maulana selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing dan memberikan masukan beserta sarannya selama pengerjaan Tugas Akhir saya.

Terima kasih untuk keluarga besar Teknik Sipil kelas C angkatan 2015 yang telah memberikan warna-warni dan memori selama di bangku perkuliahan.

Terima kasih untuk mas Purdiyanto yang selalu membantu dan memberi saran masukannya agar saya dapat menjadi orang yang bermanfaat bagi keluarga maupun orang-orang disekitar saya.

Terima kasih untuk teman saya Setyo Esto Permono yang telah mengajarkan *software* SAP2000 serta menjadi partner dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

Terima kasih untuk bapak Irwan dan ibu Irwan selaku orang tua kedua di kota Istimewa ini dan juga teman kosan saya Kukuh, Yudi, Habib, Fauzan, Anwar, Agus dan Agung yang selalu membuat suasana kosan menjadi lebih ramai serta tidak membosankan.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah SWT Yang Menguasai segala sesuatu, Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui rasio antara kebutuhan dan kapasitas atau umum disebut sebagai *Demand Capacity Ratio* (DCR) pada suatu elemen dan tipe keruntuhan struktur bangunan berdasarkan acuan *General Services Administrations* (GSA) 2013 dengan penempatan dinding geser yang bervariasi.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak yakni kepada:

1. Bapak Puji Harsanto , S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Taufiq Ilham Maulana, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan laporan ini.
3. Kedua Orang Tua, kedua kakak saya yang telah memberikan bantuan moral dan materi.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan.

Wallahu a'lam bi Showab.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 22 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | v |
| PRAKATA..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| DAFTAR SINGKATAN | xv |
| DAFTAR ISTILAH | xvii |
| INTISARI..... | xix |
| <i>ABSTRACT</i> | xx |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka..... | 4 |
| 2.1.1. Perilaku Struktur Menggunakan Konfigurasi Dinding Geser | 5 |
| 2.1.2. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung | 6 |
| 2.1.3. Penelitian Terdahulu Tentang <i>Progressive Collapse</i> | 7 |
| 2.2. Dasar Teori | 9 |
| 2.2.1. Beban Gravitasi | 9 |
| 2.2.2. Analisis Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012 | 13 |
| 2.2.3. Analisis <i>Progressive Collapse</i> | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 30 |
| 3.1 Tahapan Penelitian..... | 30 |
| 3.2 Data Teknis Bangunan..... | 32 |
| 3.2.1. Lokasi Penelitian | 32 |
| 3.2.2. Tampak Bangunan | 32 |
| 3.2.3. Fungsi Bangunan..... | 32 |

| | |
|---|----|
| 3.2.4. Data Gedung..... | 32 |
| 3.3 Pembebanan..... | 33 |
| 3.3.1. Beban Mati..... | 34 |
| 3.3.2. Beban Hidup..... | 37 |
| 3.3.3. Beban Angin..... | 38 |
| 3.3.4. Beban Gempa..... | 39 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 45 |
| 4.1 Analisis <i>Progressive Collapse</i> | 45 |
| 4.2 Kapasitas Rasio (<i>Demand Capacity Ratio</i>)..... | 45 |
| 4.3 Tipe Keruntuhan Struktur Bangunan..... | 77 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 79 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 79 |
| 5.2 Saran..... | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 80 |
| LAMPIRAN..... | 82 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Gedung..... | 10 |
| Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung..... | 10 |
| Tabel 2.3 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa (SNI 03-1726-2012)..... | 13 |
| Tabel 2.4 Hubungan Kategori Risiko (SNI 03-1726-2012)..... | 16 |
| Tabel 2.5 Klasifikasi Situs (SNI 03-1726-2012)..... | 16 |
| Tabel 2.6 Koefisien Situs, F_a (SNI 03-1726-2012) | 17 |
| Tabel 2.7 Koefisien Situs, F_v (SNI 03-1726-2012)..... | 18 |
| Tabel 2.8 Hubungan Nilai S_{DS} dengan Kategori Risiko pada Perioda Pendek 0,2 detik (SNI 03-1726-2012) | 21 |
| Tabel 2.9 Hubungan Nilai S_{D1} dengan Kategori Risiko pada Perioda | 21 |
| Tabel 2.10 Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 03-1726-2012) | 22 |
| Tabel 2.11 Hubungan Percepatan Respons Spektral dengan Nilai C_U (SNI 03-1726-2012) | 24 |
| Tabel 2.12 Hubungan Tipe Struktur dengan Nilai C_t dan \times (SNI 03-1726-2012) | 24 |
| Tabel 2.13 Simpangan Antar Lantai Ijin (SNI 03-1726-2012)..... | 25 |
| Tabel 3.1 Hubungan Fungsi Ruang dan Beban Hidup..... | 37 |
| Tabel 3.2 Nilai Parameter Gempa..... | 40 |
| Tabel 3.3 Faktor Skala Respons Spektrum Gempa Rencana..... | 43 |
| Tabel 4.1 DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 1 | 49 |
| Tabel 4.2 DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 2 | 50 |
| Tabel 4.3 DCR pada Balok Struktur Bangunan A Kasus 3 | 51 |
| Tabel 4.4 DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 1..... | 52 |
| Tabel 4.5 DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 2..... | 53 |
| Tabel 4.6 DCR pada Balok Struktur Bangunan B Kasus 3..... | 54 |
| Tabel 4.7 DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 1..... | 55 |
| Tabel 4.8 DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 2..... | 56 |
| Tabel 4.9 DCR pada Balok Struktur Bangunan C Kasus 3..... | 57 |
| Tabel 4.10 DCR pada Kolom Bangunan A..... | 73 |
| Tabel 4.11 DCR pada Kolom Bangunan B..... | 73 |
| Tabel 4.12 DCR pada Kolom Bangunan C..... | 74 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Respons spektral percepatan perioda pendek (F_a) 0,2 detik (Pusgen, 2017)..... | 18 |
| Gambar 2.2 Respons spektral percepatan getaran perioda (F_v) 1 detik (Pusgen, 2017)..... | 19 |
| Gambar 2.3 Spektrum respons desain | 20 |
| Gambar 2.4 Lokasi penghapusan kolom (GSA, 2013) | 27 |
| Gambar 2.5 Tipe keruntuhan <i>pancake</i> | 28 |
| Gambar 2.6 Tipe keruntuhan domino | 28 |
| Gambar 2.7 Tipe keruntuhan campuran <i>pancake</i> -domino | 29 |
| Gambar 2.8 Tipe keruntuhan <i>zipper</i> | 29 |
| Gambar 2.9 Tipe keruntuhan <i>instability</i> | 29 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> pelaksanaan penelitian secara umum..... | 31 |
| Gambar 3.2 Tampak depan bangunan..... | 31 |
| Gambar 3.3 Peta zonasi gempa Indonesia untuk nilai S_s | 31 |
| Gambar 3.4 Peta zonasi gempa Indonesia untuk nilai S_s | 40 |
| Gambar 3.5 Grafik respons spektrum (SNI 03-1726-2012) | 42 |
| Gambar 4.1 Kasus 1 A | 46 |
| Gambar 4.2 Kasus 1 B | 46 |
| Gambar 4.3 Kasus 1 C | 46 |
| Gambar 4.4 Kasus 2 A | 47 |
| Gambar 4.5 Kasus 2 B | 47 |
| Gambar 4.6 Kasus 2 C | 47 |
| Gambar 4.7 Kasus 3 A | 48 |
| Gambar 4.8 Kasus 3 B | 48 |
| Gambar 4.9 Kasus 3 C | 48 |
| Gambar 4.10 Kolom K1 kasus 1 | 58 |
| Gambar 4.11 Kolom K1 original | 58 |
| Gambar 4.12 Kolom K2 kasus 1 | 58 |
| Gambar 4.13 Kolom K2 original | 58 |
| Gambar 4.14 Kolom K3 kasus 1 | 59 |
| Gambar 4.15 Kolom K3 original | 59 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Gambar 4.16 Kolom K4 kasus 1 | 59 |
| Gambar 4.17 Kolom K4 original | 59 |
| Gambar 4.18 Kolom KS kasus 1 | 59 |
| Gambar 4.19 Kolom KS original | 59 |
| Gambar 4.20 Kolom K1 kasus 2 | 60 |
| Gambar 4.21 Kolom K1 original | 60 |
| Gambar 4.22 Kolom K2 kasus 2 | 60 |
| Gambar 4.23 Kolom K2 original | 60 |
| Gambar 4.24 Kolom K3 kasus 2 | 60 |
| Gambar 4.25 Kolom K3 original | 60 |
| Gambar 4.26 Kolom K4 kasus 2 | 61 |
| Gambar 4.27 Kolom K4 original | 61 |
| Gambar 4.28 Kolom KS kasus 2 | 61 |
| Gambar 4.29 Kolom KS original | 61 |
| Gambar 4.30 Kolom K1 kasus 3 | 61 |
| Gambar 4.31 Kolom K1 original | 61 |
| Gambar 4.32 Kolom K2 kasus 3 | 62 |
| Gambar 4.33 Kolom K2 original | 62 |
| Gambar 4.34 Kolom K3 kasus 3 | 62 |
| Gambar 4.35 Kolom K3 original | 62 |
| Gambar 4.36 Kolom K4 kasus 3 | 62 |
| Gambar 4.37 Kolom K4 original | 62 |
| Gambar 4.38 Kolom KS kasus 3 | 63 |
| Gambar 4.39 Kolom KS original | 63 |
| Gambar 4.40 Kolom K1 kasus 1 | 63 |
| Gambar 4.41 Kolom K1 original | 63 |
| Gambar 4.42 Kolom K2 kasus 1 | 63 |
| Gambar 4.43 Kolom K2 original | 63 |
| Gambar 4.44 Kolom K3 kasus 1 | 64 |
| Gambar 4.45 Kolom K3 original | 64 |
| Gambar 4.46 Kolom K4 kasus 1 | 64 |
| Gambar 4.47 Kolom K4 original | 64 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Gambar 4.48 Kolom KS kasus 1 | 64 |
| Gambar 4.49 Kolom KS original | 64 |
| Gambar 4.50 Kolom K1 kasus 2 | 65 |
| Gambar 4.51 Kolom K1 original | 65 |
| Gambar 4.52 Kolom K2 kasus 2 | 65 |
| Gambar 4.53 Kolom K2 original | 65 |
| Gambar 4.54 Kolom K3 kasus 2 | 65 |
| Gambar 4.55 Kolom K3 original | 65 |
| Gambar 4.56 Kolom K4 kasus 2 | 66 |
| Gambar 4.57 Kolom K4 original | 66 |
| Gambar 4.58 Kolom KS kasus 2 | 66 |
| Gambar 4.59 Kolom KS original | 66 |
| Gambar 4.60 Kolom K1 kasus 3 | 66 |
| Gambar 4.61 Kolom K1 original | 66 |
| Gambar 4.62 Kolom K2 kasus 3 | 67 |
| Gambar 4.63 Kolom K2 original | 67 |
| Gambar 4.64 Kolom K3 kasus 3 | 67 |
| Gambar 4.65 Kolom K3 original | 67 |
| Gambar 4.66 Kolom K4 kasus 3 | 67 |
| Gambar 4.67 Kolom K4 original | 67 |
| Gambar 4.68 Kolom KS kasus 3 | 68 |
| Gambar 4.69 Kolom KS original | 68 |
| Gambar 4.70 Kolom K1 kasus 1 | 68 |
| Gambar 4.71 Kolom K1 original | 68 |
| Gambar 4.72 Kolom K2 kasus 1 | 68 |
| Gambar 4.73 Kolom K2 original | 68 |
| Gambar 4.74 Kolom K3 kasus 1 | 69 |
| Gambar 4.75 Kolom K3 original | 69 |
| Gambar 4.76 Kolom K4 kasus 1 | 69 |
| Gambar 4.77 Kolom K4 original | 69 |
| Gambar 4.78 Kolom KS kasus 1 | 69 |
| Gambar 4.79 Kolom KS original | 69 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.80 Kolom K1 kasus 2 | 70 |
| Gambar 4.81 Kolom K1 original | 70 |
| Gambar 4.82 Kolom K2 kasus 2 | 70 |
| Gambar 4.83 Kolom K2 original | 70 |
| Gambar 4.84 Kolom K3 kasus 2 | 70 |
| Gambar 4.85 Kolom K3 original | 70 |
| Gambar 4.86 Kolom K4 kasus 2 | 71 |
| Gambar 4.87 Kolom K4 original | 71 |
| Gambar 4.88 Kolom KS kasus 2 | 71 |
| Gambar 4.89 Kolom KS original | 71 |
| Gambar 4.90 Kolom K1 kasus 3 | 71 |
| Gambar 4.91 Kolom K1 original | 71 |
| Gambar 4.92 Kolom K2 kasus 3 | 72 |
| Gambar 4.93 Kolom K2 original | 72 |
| Gambar 4.94 Kolom K3 kasus 3 | 72 |
| Gambar 4.95 Kolom K3 original | 72 |
| Gambar 4.96 Kolom K4 kasus 3 | 72 |
| Gambar 4.97 Kolom K4 original | 72 |
| Gambar 4.98 Kolom KS kasus 3 | 73 |
| Gambar 4.99 Kolom KS original | 73 |
| Gambar 4.100 DCR kolom kasus 1 | 74 |
| Gambar 4.101 DCR kolom kasus 2 | 74 |
| Gambar 4.102 DCR pada kolom kasus 3 | 74 |
| Gambar 4.103 DCR kolom kasus 1 | 75 |
| Gambar 4.104 DCR kolom kasus 2 | 75 |
| Gambar 4.105 DCR pada kolom kasus 3 | 75 |
| Gambar 4.106 DCR kolom kasus 1 | 76 |
| Gambar 4.107 DCR kolom kasus 2 | 76 |
| Gambar 4.108 DCR pada kolom kasus 3 | 76 |
| Gambar 4.109 Banguan A penghapusan bagian kolom sudut | 77 |
| Gambar 4.110 Banguan B penghapusan kolom bagian tengah sisi pendek | 78 |
| Gambar 4.111 Banguan C penghapusan kolom bagian tengah sisi panjang | 78 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1. Gambar rencana kerja (<i>Shop Drawing</i>) | 82 |
| Lampiran 2. SAP2000 versi 21 <i>Report</i> | 82 |
| Lampiran 3. Laporan Penyelidikan Tanah | 82 |

DAFTAR SINGKATAN

| Simbol | Keterangan |
|------------|--|
| A | = Luas bidang struktur |
| A_i | = Luas bidang dinding geser |
| C | = Faktor respons gempa dinyatakan dalam gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur |
| C_d | = Faktor amplifikasi defleksi |
| C_s | = Koefisien respons gempa |
| C_{vx} | = Faktor distribusi vertikal beban gempa statik ekivalen |
| DCR | = Kapasitas rasio |
| D_i | = Panjang dinding geser |
| DL | = Beban mati pada struktur bangunan |
| E_h | = Pengaruh beban gempa horisontal |
| E_v | = Pengaruh beban gempa vertikal |
| F_a | = Koefisien situs untuk perioda 0,2 detik |
| F_c' | = Kuat rencana mutu beton |
| F_v | = Koefisien situs untuk perioda 1,0 detik |
| g | = Percepatan gravitasi |
| GSA | = <i>General Services Administrations</i> |
| h_i, h_x | = Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x |
| h_n | = Tinggi bangunan dari dasar sampai tingkat tertinggi |
| I_e | = Faktor keutamaan gempa |
| K | = Faktor eksponen yang berhubungan pada struktur |
| LL | = Beban hidup pada struktur bangunan |
| p | = Faktor redundansi gempa |
| PI | = Indeks plastisitas |
| qd | = Berat dinding pasangan batu bata ringan |
| Q_e | = Pengaruh gaya yang ditimbulkan gempa horisontal dan vertikal |
| R | = Faktor reduksi gempa |
| R^a | = Faktor modifikasi respons spektrum sistem penahan gaya gempa |

| | | |
|------------|---|---|
| S_a | = | Akselerasi respon spektrum yang berhubungan dengan waktu getar alami efektif yang ditinjau |
| S_I | = | Parameter respons spektrum percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik, koefisien situs F_a dan F_v |
| S_d | = | Spektral perpindahan |
| S_{DI} | = | Parameter respons spektrum percepatan gempa yang terpetakan untuk perioda (1,0 detik) |
| S_{DS} | = | Parameter percepatan spektrum respons desain rentang perioda pendek (0,2 detik) |
| S_{MI} | = | Parameter respons spektral percepatan gempa perioda 1,0 detik |
| S_{MS} | = | Parameter respons spektral percepatan gempa perioda 0,2 detik |
| S_S | = | Parameter respons spektrum percepatan gempa yang terpetakan untuk perioda pendek (0,2 detik) |
| T | = | Periode getar fundamental struktur bangunan |
| t' | = | Tinggi efektif dinding dari satu lantai ke lantai yang ada di atas |
| T_a | = | Parameter percepatan respons spektral |
| TB | = | Tidak dibatasi |
| TI | = | Tidak diizinkan |
| | | Waktu geser karakteristik yang didapat dari kurva respon spektrum |
| T_S | = | pada titik dimana terdapat transisi bagian akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan |
| V | = | Geser dasar seismik |
| V | = | Gaya geser dasar struktur |
| W | = | Berat bangunan, berat sendiri dan beban hidup |
| w_i, w_x | = | Berat seismik efektif total struktur yang dikenakan pada tingkat i, x |
| Ω_0 | = | Faktor kuat lebih sistem penahan gaya gempa |
| r_b | = | Koefisien berat pasangan batu bata ringan |
| Δ | = | Simpangan antar lantai |
| Δ_a | = | Simpangan antar ijin lantai |

DAFTAR ISTILAH

1. DCR (*Demand Capacity Ratio*)
Perbandingan antara gaya dalam maksimum suatu elemen pada struktur bangunan terhadap kapasitas nominal suatu elemen itu sendiri.
2. Deformasi
Perubahan bentuk struktur akibat adanya pemberian beban atau gaya.
3. Efek P-Delta
Efek yang bekerja pada elemen struktur bangunan, akibat penambahan beban vertikal sebagai akibat dari perpindahan horisontal struktur.
4. Gaya Geser Dasar
Gaya lateral total yang terjadi pada lantai dasar.
5. Gempa Desain
Pengaruh gempa yang besarnya dua per tiga dari pengaruh MCE_R .
6. Kelas Situs
Klasifikasi situs yang dilakukan berdasarkan kondisi tanah pada suatu proyek.
7. Keruntuhan Progresif (*Progressive Collapse*)
tingkat kerusakan atau kehancuran yang tidak proporsional dengan besarnya suatu kejadian setelah dilakukan penghapusan beberapa kolom berdasarkan acuan GSA 2013.
8. Partisi
Dinding interior non struktural yang membentang horisontal dan vertikal dari tumpuan ke tumpuan yang lain.
9. Rasio Simpangan Antar Lantai
Simpangan antar lantai dibagi dengan tinggi lantai.
10. Dinding Geser (*Shear wall*)
Elemen vertikal dari sistem penahan gaya seismik yang dirancang untuk menahan gaya lateral dan beban seismik.
11. Simpangan Antar Lantai
Perpindahan horisontal dibagian tingkat relatif terhadap bawahnya.
12. Sistem Ganda
Sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa, dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser.

13. Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).