

---

## BANGUNAN TINGGI DAN BENCANA GEMPA BUMI

Nur Firdaus Musthafa <sup>1)</sup>, Agus Hindaryanto <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prodi Arsitektur Fastikom UNSIQ, <sup>2)</sup> Praktisi PT Praptama Mulia Abadi

<sup>1)</sup> Email : nurfirdaus098@gmail.com

---

### ABSTRAK

Bangunan Tinggi terutama dipusat kota-kota besar di Indonesia, telah mengalami penurunan kekuatan struktur bangunan akibat dari guncangan gempa bumi, Gempa bumi ditimbulkan oleh pergeseran patahan, kerusakan pondasi tak hanya disebabkan oleh besarnya energi, tetapi juga bagaimana peningkatan kecepatan gelombang gempa yang dibisa di daerah tersebut. Kerangka waktu dan pengulangan batuan kepada tingkat permukaan dan struktur juga menentukan tingkat kerusakan.

Sehingga pemtekanan gempa kepada struktur yang ditentukan sedang dan headingnya tak mengejutkan, dan penyebaran tekanan gempa bisa dilakukan secara mendasar, pengaturan yang harus diamati dalam penataan struktur bangunan kepada daerah yang sering terjadi gempa adalah: desain konstruksi, kuantifikasi ruang lingkup atas ide segmen kepadat - poros lemah, serta perincian besar komponen utama. Atas terpenuhinya syarat-syarat di atas, sangat wajar jika penataan dasar di daerah rawan gempa bisa dilakukan secara mendasar, terlindung dan efisien.

**Kata Kunci :** bangunan tinggi, struktur, gempa bumi, material struktur, sistem struktur

---

### ABSTRACT

*Tall buildings, especially in the center of big cities in Indonesia, have experienced a decrease in the strength of the building structure due to earthquake shocks, soil shifts due to fault shifts, damage to foundations is not only caused by the amount of energy, but also due to the amount of energy. how the speed of earthquake waves increases in the area. the time frame and the contours of the surface and structure also determine the extent of damage.*

*So that the earthquake stress on the specified structure is moderate and the direction of the shock, as well as the distribution of earthquake pressure can be carried out in a basic manner, the arrangements that must be made in the arrangement of building structures in areas where earthquakes often occur are: design construction, quantification of the scope of weak segment ideas, and main details. main component. Based on the requirements above, it is very natural that the basic arrangement in earthquake-prone areas can be carried out in a basic, protected and efficient manner.*

**Keywords :** tall building, structure, earthquake, structural material, structural system

---

## 1. PENDAHULUAN

Hampir semua kota-kota besar di seluruh pelosok duni dipenuhi oleh struktur-struktur pencakar langit, gedung-gedung dan infrastruktur-infrastruktur seperti : keadaan lalu lintas kendaraan, pejalan kaki. Keadaan yang sama juga terbisa di negara kita, hampir semua kota-kota kita juga dipenuhi oleh hutan beton. Indonesia menjadi negara yang sangat rentan terhadap bencana gempa bumi. Hal ini karena adanya dua unsur yang saling terkait. (1) Saat ini letak geografis Indonesia berada kepada pertemuan 3 lempeng litosfer besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia; dimana kekuatan kolaborasi antar lempeng terus menerus menekan dan menggerakkan berbagai celah yang tersebar di seluruh Indonesia, baik di darat maupun di kedalaman laut, yang telah ada cukup lama karena komponen yang menyertainya. (2) Dalam beberapa tahun sebelumnya, Indonesia didasarkan kepada campuran berbagai miniatur lempeng daratan dan segmen melingkar vulkanik, didorong oleh siklus struktural yang kompleks guna sampai ke tempat seperti sekarang ini; Tabrakan banyak lempeng menyebabkan perkembangan berbagai jenis masalah yang tersebar di berbagai tempat, terus-menerus menbisakan dan menggabungkan kekuatan struktural dari kerja sama lempeng litosfer saat ini. Sering terjadinya kerusakan bangunan menunjukkan bahwa kesalahan dalam memilih desain, jenis bahan bangunan, serta desain utama struktur, bisa menyebabkan kerusakan dan penghancuran total struktur secara mengejutkan, karena penumpukan terus-menerus yang bermula dari gempa bumi. Hal ini dikarenakan struktur tersebut tak memiliki presentasi dan reaksi gempa bumi yang baik, dan bukan memiliki perlindungan kuat dari dampak tekanan getaran dinamis, meskipun metode pengaturan dasar getaran yang aman telah dilakukan. Jadi pengaturan dasar bisa diselesaikan melalui pemeriksaan statis dasar, tanpa melakukan strategi penyelidikan yang rumit, dan pelaksanaan konstruksi diperlukan guna memiliki eksekusi yang baik selama gempa, mendalangi format struktur. Beberapa standar penting yang bisa digunakan sebagai sumber perspektif guna penataan format

struktur bangunan di daerah yang sering terjadi gempa adalah:

- a. Struktur wajib memiliki bentuk dasar, minimal dan rata.
- b. Konstruksi struktur bukan diperbolehkan tipis berlebih, memiliki perilaku yang memadai.
- c. Distribusi massa, kekokohan dan kekuatan di sepanjang ketinggian struktur harus seragam dan tak henti-hentinya.
- d. Komponen bagian atas dari desain (kolom) harus dibuat lebih membumi daripada komponen konstruksi yang rata (balok), sehingga poros plastik dibingkai terlebih dahulu dalam waktu yang cukup lama.

## 2. ANALISIS STRUKTUR TERHADAP TEKANAN GEMPA

Teknik logika sangat kompleks dan paling kontan yang bisa dipakai guna memutuskan dampak tekanan gempa bumi seismik kepada struktur bangunan adalah strategi investigasi statis. Penyelidikan statis seharusnya hanya dilaksanakan buat struktur bangunan atas bentuk dasar dan biasa atau genap, yang bukan memperlihatkan korelasi mencolok dalam proporsi besar dan kekuatan kepada perhitungan. Teknik investigasi statis ini hanyalah sebuah metodologi yang meniru dampak unik dari tekanan gempa seismik asli.

Guna struktur lain yang tak terlalu ringan guna dipikirkan atas dampak gempa bumi seismik (bentuk struktur yang bukan bisa diprediksi), struktur tersebut harus dipecah menggunakan strategi investigasi dinamis. Struktur struktur adat, juga bisa diperiksa atas metode pengujian yang kuat kapan pun diinginkan.

### 2.1 PENGARUH TEKANAN GEMPA HORIZONTAL

Dampak tekanan gempa bumi datar bisa terjadi atas setiap jalur di hub inti struktur, atau di dua pos poros dasar struktur secara bersamaan. Dampak kerja tumpukkan getaran kepada saat yang sama kepada dua arah poros inti, bisa berakibat fatal kepada ketahanan konstruksi. Campuran tumpukkan harus dipertimbangkan atas tujuan merancang ketahanan bagian yang mendasarinya adalah :

Tekanan grafitasi + 100% tekanan gempabumi segi X + 30% tekanan gempabumi segi Y

Tekanan grafitasi + 30% tekanan gempa arah X + 100% tekanan gempa arah Y

Penumpukan campuran yang menimbulkan kondisi sangat memberbahayakan guna segmen dasar dan komponen vertikal konstruksi tahan gempa, misalnya, dinding inti (core wall), dinding geser (shear wall), yang digunakan guna penataan.

## 2.2 PENGARUH TEKANAN GEMPA VERTIKAL

Selain peningkatan kecepatan gerakan tanah secara merata, kepada saat terjadi getaran juga terjadi peningkatan kecepatan gerakan tanah ke arah atas. Pemtekananan ke atas dari perkembangan tanah ini bisa menimbulkan dampak tekanan gempa gempa vertikal yang mengikuti struktur tersebut. Meski beberapa kali gempa menunjukkan komponen ini, hingga saat ini reaksi desain bangunan terhadap perkembangan tersebut belum diketahui secara luas. Sebagai aturan, audit tata letak pondasi terhadap dampak tekanan gempa gempa ke atas bisa diabaikan, atas harapan bahwa komponen konstruksi yang telah direncanakan bergantung kepada tekanan gaya tarik bumi (tekanan hidup dan tekanan mati) yang dikoordinasikan ke atas ke bawah.

Pemeriksaan reaksi kuat yang sebenarnya dari komponen utama terhadap perkembangan tanah akibat getaran sangat membingungkan, karena ada hubungan antara reaksi komponen dan reaksi desain secara keseluruhan. Penyelidikan komponen desain struktur ini kepada dasarnya bisa dilakukan atas menilai dampak peningkatan kecepatan ke atas tanah yang diakibatkan oleh gempabumi, menjadi tekanan getaran vertikal statis yang identik. Tekanan vertikal statis yang sama yang harus dilihat sebagai bekerja naik atau turun, jumlahnya ditentukan sebagai peningkatan antara Penyebab Respons

Gempa ke atas Cv dan tekanan gravitasi, termasuk tekanan hidup yang tepat.

Penyebab reaksi tremor seismik vertikal Cv bisa dihitung menurut persamaan  $C_v = \psi \cdot Am \cdot I$ , dimana koefisien  $\psi$  adalah 0,5 sampai 0,8.  $Am$  adalah percepatan tanah maksimum, dan  $I$  adalah Penyebab Prioritas struktur.

Bagian ke atas dari pergerakan tanah karena guncangan yang cukup besar, semakin mendekati ke titik fokus area yang diaudit. Akibatnya, semakin kuat guncangan suatu daerah tremor, semakin mendekati daerah tersebut atas sumber gempabumi, maka koefisien senilai akan bertambah. Perhitungan tekanan getaran ke atas karena pengembangan tanah, bukan bergantung kepada waktu getaran reguler dan tingkat kelenturan konstruksi.

## 2.3 DAMPAK TEKANAN GRAVITASI VERTIKAL

Tekanan gravitasi vertikal dalam pembangunan gedung bisa terdiri dari campuran tekanan hidup dan tekanan mati. Tekanan hidup tindak lanjut di struktur bangunan secara keseluruhan bisa dikurangi ketika penyelidikan tekanan gempa selesai kepada konstruksi, alasan guna mengurangi tekanan hidup adalah guna memperoleh tata letak pondasi yang sangat efektif.

## 3. TEKANAN GEMPA STATIK EKUIVALEN

Pemeriksaan rencana struktur atas dampak tekanan gempabumi statis, kepada tingkat dasar, adalah guna menggantikan kekuatan datar yang mengikuti struktur karena dampak pengembangan tanah yang disebabkan oleh getaran, atas kekuatan statis yang identik.

Dalam desain struktur normal akan bertindak sebagai konstruksi 2D, reaksi unik dari bermacam-macam esensial berlaku, sehingga reaksi kuat dari varietas yang berbeda dianggap tak material. Kemudian, Karena desain strukturnya atas ketinggian di bawah 10 lantai atau 40 m, maka kepada saat itu keadaan varietas utama berhasil paham menuruti garis lurus. Atas dua kecurigaan pelepasan, reaksi kuat kepada konstruksi

struktur normal bisa ditunjukkan seolah-olah itu adalah efek samping dari tekanan getaran statis yang identik. Pemeriksaan rencana struktur gedung terhadap dampak tekanan gempa statis, adalah guna menggantikan tekanan datar yang mengikuti struktur bangunan karena dampak unik dari perkembangan tanah yang disebabkan oleh gempa, atas tekanan statis yang identik, intinya adalah guna bekerja kepada metodologi komputasi.

Metodologi pemeriksaan statis yang sering digunakan dalam tindakan persiapan struktur bangunan, adalah penyelidikan tekanan gempa nyata statis yang sama. Dalam teknik ini diharapkan tingkat kekuatan akibat getaran yang mengikuti suatu komponen primer, besarnya diselesaikan tergantung kepada hasil koefisien atau kemantapan, atas berat atau massa komponen yang mendasarinya.

Penyelidikan tekanan gempa nyata statis yang sebanding adalah teknik estimasi guna sifat kuat nyata dari tekanan seismik yang mengikuti konstruksi. Konstruksi yang tak terlalu sederhana guna mengantisipasi sifatnya atas tekanan getaran, struktur atas ketinggian lantai lebih dari 40 meter, atau desain sporadis atas tinggi tingkat di bawah 40 meter, harus diselidiki atas menggunakan metodologi pemeriksaan dinamis.

Besarnya tekanan gempa statis yang sama yang digunakan guna pengaturan primer ditentukan oleh tiga hal, khususnya oleh tingkat Gempa yang Direncanakan, oleh tingkat kelenturan yang digerakkan oleh desain, dan oleh nilai penyebab oposisi yang meluap-luap yang terkandung dalam konstruksi. Mengingat aturan getaran yang berlaku di Indonesia, khususnya Perencanaan Ketahanan Gempa guna Struktur Rumah dan Bangunan (SNI 03-1726-2002), besaran Tekanan Gempa Nominal ( $V$ ) yang mengikuti struktur tersebut diselesaikan atas kondisi :

$$V = \frac{C \cdot I \cdot W_t}{R}$$

Dimana,  $I$  adalah situasi kebutuhan yang mendasari,  $C$  adalah skala dari situasi reaksi getaran yang diperoleh dari Tanggapan

Spektrum Gempabumi yang Direncanakan guna musim getaran normal utama konstruksi  $T$ , dan  $W_t$  dicirikan sebagai total tekanan mati di samping tekanan hidup yang berkurang.  $R$  adalah situasi Pengurang Gempabumi yang besarnya bergantung kepada besar kecilnya tingkat kelenturan konstruksi. Guna struktur yang bertindak sepenuhnya fleksibel, nilai  $R = 1,6$ , sedangkan guna struktur yang bertindak datail penuh harga  $R=8,5$ .

Kepada struktur yang ditinggikan, tekanan getaran genap  $V$  kemudian disirkulasikan kepada setiap tingkat struktur. Besarnya kekuatan gempabumi susulan di setiap tingkat struktur bergantung kepada berat dan tinggi tingkat.

Tekanan tremor seismik yang mengikuti struktur menjadi daya inersia. Ukuran ketakaktifan ini bergantung kepada banyak komponen. Tekanan atau massa struktural dan peningkatan kecepatan gempabumi adalah komponen utama. Variabel-variabel lain yang juga memberikan dampak besarnya tekanan gempabumi kepada denah adalah penyebaran tekanan struktur, kekuatan rangka primer struktur, kondisi tanah kepada pondasi struktur, komponen redaman dalam struktur, kondisi kotoran kepada pondasi struktur, alat peredam kepada struktur, dan konduksi getaran tremor seismik. Penyebab terakhir adalah yang paling sulit guna diputuskan atas benar karena tak teratur. Pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempabumi seismik bisa terjadi dalam tiga pengukuran. Kepada dasarnya, kecuali pergerakan tanah datar yang dipertimbangkan dalam model yang mendasarinya.

Kerangka waktu atau musim getaran konstruksi, yang dikontrol oleh massa dan keteguhan desain, menjadi situasi dasar yang memberikan reaksi desain kepada getaran. Konstruksi tak fleksibel atas priode struktur getaran dekat, contohnya, struktur gerbang atas pembagi pindah, akan menbisakan tekanan gempabumi seismik yang bertambah menonjol dari kepada konstruksi yang bisa disesuaikan kepada tahap getaran lama, contohnya, struktur jalan masuk normal. Pemanfaatan pembatas pergerakan dalam kerangka dasar seringkali tak bisa ditinggalkan, terutama di struktur tinggi atau

di struktur yang ditinggikan di daerah atau zona tremor seismik yang serius. Kapasitas pembagi geser di sini adalah guna membatasi ukuran deviasi genap yang terjadi dalam konstruksi.

### 3.1 Perhitungan Getar Struktur

Guna alasan pemeriksaan awal, waktu getaran normal ( $T$ ) struktur (dalam urutan singkat) bisa ditentukan atas persamaan yang tepat sebagai berikut :

☐ Guna struktur bangunan sebagai pintu masuk tanpa komponen pemadatan (pembagi geser atau penyangga) yang membatasi penyimpangan :

$T$  empiris =  $0,085 H^{0,75}$  (guna portal baja)

$T$  empiris =  $0,060 H^{0,75}$  (guna portal beton)

☐ Guna struktur-struktur bangunan gedung lainnya :

$T$  empiris =  $0,009 H/(B)^{0,5}$

Dimana  $H$  adalah tinggi bangunan (dalam meter) yang diperkirakan dari derajat bresing samping, dan  $B$  adalah panjang denah struktur terhadap getaran yang dievaluasi (dalam meter).

Setelah memperoleh kekuatan seismik kepada desain yang menggunakan  $T$  eksak, musim getaran sebenarnya dari struktur normal terhadap setiap hub signifikan bisa dihitung ulang menggunakan persamaan Rayleigh.

Musim getaran normal pusat suatu struktur dikendalikan oleh rumusan yang tepat atau dibisa dari efek samping dari pengujian getaran Gratis 3 dimensi, nilainya tak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai musim getaran desain yang ditentukan oleh persamaan Rayleigh.

### 3.2 Pembagian Tekanan Gempabumi Kepada Struktur

Tekanan Gempa Ekuivalen Statis Nyata ( $V$ ) dampak gempabumi harus disebarluaskan kepada ketinggian struktur menjadi tekanan datar inti ( $Fi$ ), yang mengikuti setiap tingkat lantai. Derajat guntingan paralel adalah seberapa besar gerakan tanah akibat gempa yang

digerakkan mulai dari tahap paling awal konstruksi struktur atas sampai atas struktur bawah. Dalam penyelidikan, suprastruktur bisa dilihat sebagai terjepit kepada tingkat paralel cinching. Jika tak ada ruang bawah tanah, tingkat penyangga samping bisa diperkirakan terjadi di tingkat lantai dasar. Jika tak ada ruang bawah tanah, tingkat penyangga samping bisa diperkirakan terjadi di lapangan keseimbangan langsung atau pembentukan ponton, dan kepada bidang atas tutup tumpukan bangunan tumpukan. Sirkulasi tekanan getaran statis ( $V$ ) tingkat identik harus memenuhi pengaturan berikut :

☐ Jika proporsi antara ketinggian bangunan dan lebar denah struktur sama atas atau lebih dari 3, maka kepada titik tersebut  $0,10 V$  harus dianggap sebagai tekanan datar terfokus yang mengikuti titik fokus massa. dari tingkat tertinggi struktur, sedangkan sisa  $0,90 V$  harus dipisahkan menjadi tekanan genap terkonsentrasi seperti yang ditunjukkan oleh resep di atas.

☐ Guna lubang asap yang tersisa di atas tanah,  $0,20 V$  akan dianggap sebagai tekanan genap terkonsentrasi yang bekerja di bagian atas, sedangkan kelebihan  $0,80 V$  akan diisolasi menjadi tekanan tingkat terkonsentrasi seperti yang ditunjukkan oleh rumusan di atas.

☐ Guna tangki di puncak, tumpukan datar terkonsentrasi  $V$  akan dipertimbangkan guna menindaklanjuti titik fokus gravitasi dari seluruh struktur puncak dan tangki dan substansinya.

## 4. PROSEDUR ANALISIS DINAMIK

Penyelidikan dinamis dalam rencana struktur struktur aman gempa gempa dilakukan jika penilaian yang lebih tepat dari penyebaran kekuatan gempa menindaklanjuti desain struktur diperlukan, serta guna memutuskan pelaksanaan konstruksi karena dampak pengulangan. atau getaran seismik dinamis. Kepada konstruksi struktur layang atau di sisi lain merakit struktur atas keadaan atau

susunan yang sporadis, pemeriksaan dinamik diperlukan guna menilai secara tepat reaksi kuat yang terjadi dari desain. Pemeriksaan dinamis harus diselesaikan kepada struktur bangunan atas atribut yang menyertainya :

- ☐ Struktur atas pengaturan dasar yang sangat tak terduga
- ☐ Struktur atas tepi depan yang besar
- ☐ Struktur atas ketegasan kelas miring
- ☐ Bangunan yang tingginya lebih dari 40 meter

Strategi investigasi unik yang bisa digunakan guna menentukan besarnya tekanan gempabumi kepada desain sebagaimana tertuang dalam norma Perancangan Ketahanan Gempabumi guna Struktur Rumah dan Bangunan (SNI 03-1726-2002), adalah teknik Analisis Ragam Spektrum Respons (SNI 03-1726-2002). Analisis Modal Spektral dan Analisis Respons Dynamic Time History.

Nilai terakhir dari reaksi kuat dari konstruksi struktur terhadap getaran yang menumpuk atas cara tertentu, tak boleh diambil di bawah 80% dari nilai reaksi perbedaan utama. Jika reaksi unik struktur dikomunikasikan sejauh kekuatan getaran seismik ( $V$ ), maka prasyarat ini bisa dikomunikasikan atas kondisi yang menyertainya :

$$V \geq 0,8 V_1$$

Dimana  $V_1$  adalah Tekanan Gempabumi.

a. Analisis Ragam Spektrum Reaksi

Analisis Ragam Spektrum Reaksi sebagian besar bisa digunakan guna memutuskan reaksi serbaguna dari struktur yang tak bisa diprediksi atas berbagai tingkat peluang yang bergantung kepada reaksi suatu konstruksi menjadi superposisi sebab reaksi setiap getarannya yang berbeda. Setiap jenis getaran bereaksi atas kualitasnya sendiri, seperti keadaan penyimpangan dan pengulangan getaran. Perhitungan reaksi dinamis dari desain struktur sporadis terhadap tumpukan tremor seismik yang nyata karena dampak Gempa Terencana, harus dimungkinkan atas menggunakan teknik Investigasi Ragam Spektrum Respons atas memanfaatkan Spektrum Respons Gempabumi Terencana yang nilai ordinatnya ditingkatkan atas penyebab

amandemen I/R, di mana I adalah Penyebab Prioritas, sedangkan R adalah Penyebab Pengurangan. Tremor dari rencana konstruksi yang dimaksud. Guna situasi ini, ukuran fluktuasi vibrasi yang dipertimbangkan dalam penambahan reaksi perbedaan seperti yang ditunjukkan oleh strategi ini harus sedemikian rupa sehingga investasi mayoritas intens memberikan reaksi lengkap kepada dasarnya harus 90%.

Jumlah reaksi reaksi getaran guna struktur struktur yang tak bisa diprediksi yang memiliki waktu getaran teratur yang berdekatan satu sama lain, harus ditangani atas teknik yang dikenal sebagai *Complete Quadratic Combination* (CQC). Waktu getaran normal harus dilihat sedekat mungkin, jika perbedaan kualitasnya di bawah 15%. Guna struktur struktur sporadis yang memiliki waktu getar normal yang terpisah jauh, jumlah reaksi fluktuasi harus dimungkinkan atas strategi yang dikenal sebagai pondasi kuadrat dari keseluruhan (*Square Root of the Sum of Squares* atau SRSS).

Kekuatan gempabumi yang nyata karena dampak Gempa yang Direncanakan di sepanjang ketinggian struktur karena Analisis Ragam Spektrum Respons atas cara tertentu, harus ditingkatkan atas apa pun kecuali Penyebab Skala :

$$\text{Penyebab Skala} = \frac{0,8 V_1}{V_t} \geq 1$$

Dimana  $V_1$  adalah daya gempabumi sebagai reaksi dinamik utama saja dan  $V_t$  adalah daya getaran yang diperoleh dari hasil pemeriksaan perubahan rentang reaksi yang telah diselesaikan.

b. Analisis Respons Dinamik Riwayat Waktu

Estimasi reaksi unik dari desain struktur yang tak bisa diprediksi terhadap dampak Gempa Terencana bisa dilakukan atas menggunakan strategi investigasi yang kuat sebagai Analisis Respon Dinamis Riwayat Waktu langsung atau tak langsung atas akselerogram tremor yang ditentukan sebagai info pergerakan tanah.

Guna Analisis Time History Linear Dynamic Response terhadap dampak Gempa yang Direncanakan kepada tingkat tumpukan tremor seismik yang nyata, peningkatan kecepatan permukaan tanah pertama dari info gempa harus diskalakan ke tingkat tumpukan tremor seismik yang nyata, atas tujuan bahwa puncak kecepatan meningkatkan harga diri A menjadi :

$$A = \frac{A_o I}{R}$$

Dimana  $A_o$  adalah Percepatan Tanah Puncak,  $R$  adalah Penyebab Reduksi Gempa dari konstruksi yang bersangkutan, sedangkan  $I$  adalah Penyebab Utama dari struktur tersebut. Kebalikan dari  $A_o$ ,  $I$  dan  $R$  dicatat dalam standar gempa. Dalam penyelidikan ini redaman dasar yang harus dipertimbangkan dapat dianggap 5% dari redaman dasar.

Guna Guna memeriksa keadaan sehabis serbaguna struktur atas dampak Gempabumi Rencana, Analisa Respon Dinamis Tidak Lurus Hal Waktu harus diselesaikan, di mana peningkatan kecepatan gerak pertama dari gempa info seismik harus diskalakan, atas tujuan agar harga peningkatan kecepatan puncak berubah menjadi setara atas  $A_o I$ .

Info tremor accelerogram yang diaudit harus diambil dari catatan pergerakan tanah karena gempa terjadi di daerah yang memiliki perbandingan kondisi geografis, geologis dan seismotektonik atas daerah di mana struktur yang disurvei ditemukan. Guna Guna mengurangi kerentanan dalam hal keadaan area ini, sekitar 4 akselerogram dari 4 getaran unik harus dievaluasi.

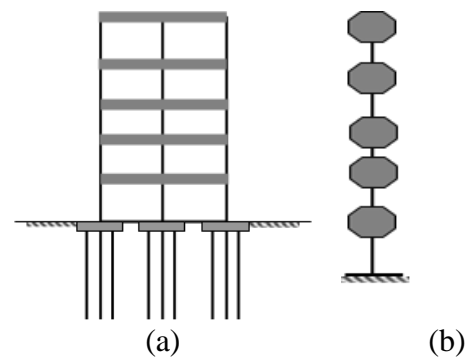
Karena sulitnya meramalkan pergerakan tanah akibat gempa di suatu daerah, maka kepada saat itu sebagai informasi getaran, gerakan tanah yang direproduksi juga bisa dimanfaatkan. Batas-batas yang menentukan gerakan tanah yang direproduksi menggabungkan musim getaran transenden dari tanah, pengaturan

rentang reaksi, rentang perkembangan dan kekuatan getaran.

c. Ragam Getar Struktur

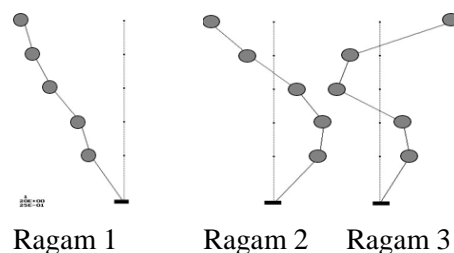
Dalam menghitung apropriasi tekanan gempabumi seismik melalui penyelidikan unik, struktur biasanya ditampilkan atas berat atau massa setiap tingkat yang difokuskan kepada bidang lantai. Demonstrasi massa bangunan seperti ini dikenal sebagai model massa terfokus, nan diharapkan bisa meminimalisir kuantitas tingkat peluang nan terkandung dalam desain..

Misalnya, gambar menunjukkan konstruksi bangunan 5 lantai nan ditampilkan menjadi struktur geser atas massa terfokus kepada bidang lantai. Konstruksinya dipengaruhi oleh getaran seismik kepada tanah dasar



**Gambar 1.** Analisis dinamik struktur bangunan gedung : (a). Model struktur portal. (b). Model massa inti

Dari hasil pengujian dinamik guna 3 metode getaran, waktu getar ( $T$ ) struktur adalah:  $T_1 = 1,16$  detik,  $T_2 = 0,46$  detik, dan  $T_3 = 0,31$  detik. Berbagai macam getaran konstruksi diperlakukan kepada Gambar 2.



**Gambar 3.** Ragam getar (*mode shape*) dari struktur bangunan gedung 5 lantai

## 5. PEMILIHAN CARA ANALISIS

Dalam aturan tata letak dasar guna tremor, gagasan strategi pemeriksaan statis dan penyelidikan dinamis sebagian besar disertakan. Penentuan teknik berwawasan yang akan digunakan guna mengatur struktur ditentukan tergantung kepada bentuk atau susunan struktur, seperti halnya kapasitas struktur yang bersangkutan..

Dalam pemeriksaan reaksi desain terhadap gempa gempa, semakin tepat teknik komputasi yang digunakan, semakin kokoh dan hati-hati konstruksi struktur yang tersusun, selain itu perlu dipikirkan beberapa hal, antara lain: ukuran dan keadaan desain, signifikansi dan kegunaan desain, dan hal-hal berbeda yang harus dipikirkan. diidentifikasi atas kondisi tanah dasar dan daerah seismik.

Guna keperluan penyelidikan susunan seismik kepada struktur struktur menengah atau menengah, teknik pemeriksaan statik bisa dilakukan atas memanfaatkan strategi Analisis Tekanan Gempa Nominal Statis Ekuivalen. Ditetapkan guna memeriksa kekuatan seismik yang menindaklanjuti konstruksi atas memanfaatkan Spektrum Respons Gempa yang Direncanakan sesuai atas wilayah tremor dan kondisi tanah dasar di mana desain akan dinaikkan.

Guna struktur struktur yang besar dan sangat signifikan, melakukan pemeriksaan terhadap dampak gempa tak cukup hanya atas melakukan penyelidikan statis, namun harus menggunakan sistem pemeriksaan dinamis guna menbisakan hasil yang lebih tepat.

Metode Penyelidikan dinamis yang sering digunakan dalam tindakan penyusunan dasar adalah teknik Analisis Ragam Spektrum Respons. Pemeriksaan dinamis harus dilakukan kepada struktur atas kualitas: struktur atas pengaturan primer yang sangat tak terduga, struktur atas tingkat kekokohan yang miring.

Terlepas dari pemeriksaan perbedaan rentang reaksi, penyelidikan dinamis juga bisa dilakukan atas menggunakan teknik Analisis Respons Dinamis Linier Riwayat Waktu. Guna struktur struktur yang sangat besar atau konstruksi vital, selain dari penyelidikan kuat yang fleksibel, pengujian unik inelastis

kadang-kadang diperlukan atas menggunakan strategi Analisis Respon Dinamis Non-Lurus Time History guna memastikan bahwa desain cukup terlindungi dari dampak gempa kepadat.

Guna alasan pemeriksaan dinamis, struktur ditampilkan sebagai kerja geser atas model massa tergumpal, sepenuhnya bertujuan guna mengurangi jumlah tingkat peluang dalam konstruksi. model massa terfokus bisa bekerja kepada metodologi estimasi.

## 6. KRITERIA DASAR PERENCANAAN

Langkah awal persiapan struktur aman gempabumi, pengaturan rencana struktur, material dan struktur dasar atau kerangka utama, harus diselesaikan diawal karena akan berpengaruh fase berikutnya dari teknik penataan struktur aman gempa. Bahan guna struktur bangunan, memiliki berbagai sifat atau kualitas dalam menahan dampak tekanan gempa dinamis, oleh karena itu bahan desain harus dipilih sehingga diperoleh kerangka utama yang cukup hati-hati dan aman terhadap dampak tekanan yang bekerja selama pembangunannya. seumur hidup. pengaturan.

Hal yang harus diperhatikan oleh penyelenggara yang mendasari dalam merencanakan suatu konstruksi kuat gempabumi adalah bentuk atau setup dari desain akan mempengaruhi reaksi statik dan reaksi dinamik dari desain, dalam menbisakan tekanan getaran.

### 6.1 Material Struktur

Menurut perspektif perancangan struktur kepada rencana struktur struktur aman gempabumi, beberapa model atau kebutuhan yang harus dimiliki oleh material konstruksi guna menggalang dampak tekanan gempabumi adalah :

- a. Jarak dari ketahanan dan tekanan bahan dasar harus cukup kuat. Sebab tekanan tremor pascagempa kepada suatu konstruksi menjadi daya inersia yang besarnya diakibatkan oleh tekanan rencana atau massa dan percepatan, maka akan lebih produktif guna menggunakan material pembangunan nan enteng namun kepadat, atas tujuan agar kekuatan



gempa seismik yang mengikuti konstruksi bisa dikurangi. Bahan utama harus bisa berubah bentuk (lentur)

- b. Material primer yang bisa melintir secara plastis dan memiliki sifat kelenturan yang tinggi akan memiliki perlindungan yang besar dari dampak tekanan gempa pengganti, mengingat fakta bahwa material tersebut memiliki tingkat hamburan energi seismik yang layak. Sifat kelenturan bisa membatasi kehebatan kekuatan seismik yang mengikuti desain. Semakin diperhatikan fleksibilitas material yang digunakan dalam desain, semakin menonjol derajat hamburan energi yang digerakkan oleh rangka utama, sehingga kekuatan gempa yang mengikuti atau memasuki konstruksi akan semakin kecil.

Sifat penurunan kekuatan dan kekokohan dari bahan utama harus cukup rendah

Bahan utama, terutama bahan guna komponen dasar yang bekerja guna menahan tekanan gempa, di luar apa yang dianggap mungkin oleh banyak orang, harus digunakan bahan yang memiliki sifat kekokohan dan kekuatan yang rendah yang dipengaruhi oleh tekanan getaran berulang. Debasement adalah penurunan kekuatan dan kekokohan material karena tekanan berulang.

- c. Keseragaman Kekuatan dan Kekakuan

Guna memperoleh reaksi kuat yang layak dari konstruksi jika terjadi gempa seismik. Atas cara ini, penting guna menjamin bahwa pengaturan kerangka dasar, yang menggabungkan jenis material dan ukuran yang digunakan, wajib memiliki kekuatan dan kekokohan yang sama, baik dalam struktur tegak maupun datar. Asosiasi antara komponen yang mendasarinya, harus dimaksudkan guna lebih membun-

darik kepada komponen yang terkait, sehingga kerusakan primer karena getaran seismik tak terjadi kepada sendi.

- d. Harga yang ekonomis

Dalam menyusun struktur struktur yang aman terhadap getaran, penting guna dilakukan upaya guna memilih bahan atas nilai yang sangat konservatif, namun menurut perspektif yang mendasarinya atau sejauh kekuatannya cenderung diwakili.

## 6.2 Jenis Struktur

Sifat komponen yang mendasari struktur terhadap dampak gempabumi tak bisa dinilai secara unik sejauh material. Penyebab-penyebab lain seperti perkembangan sendi, konsistensi kekuatan, dan kehalusan dasar, juga harus dipertimbangkan dalam menilai kerangka utama secara umum, sehingga tahan terhadap dampak gempa. Sebagai aturan umum, tingkat hambatan struktur yang mendasari kerangka atas dampak tekanan gempabumi bisa didelegasikan sebagai berikut :

- a. Struktur Baja (*Steel Structure*)

Struktur baja benar-benar masuk akal guna digunakan kepada struktur yang ditinggikan, karena baja memiliki kekuatan dan kemampuan beradaptasi yang tinggi dibandingkan atas bahan penting lainnya. Jenis bahan lunak dibutuhkan agar konstruksi bisa mendistorsi atau mengubah bentuknya secara daktil atas menyalurkan getaran gempabumi dan membatasi kekuatan seismik yang masuk ke dalam desain. Terlebih lagi, bahan baja memiliki elastisitas dan ketangguhan tekanan yang sama, sehingga sangat masuk akal guna digunakan sebagai komponen dasar yang membawa tekanan dinamis yang dikoordinasikan ke sana kemari.

- b. Struktur Komposit (*Composite Structure*)

Pengembangan komposit adalah rencana komposit yang terdiri dari sesuatu seperti dua jenis bahan. Biasanya, rencana komposit yang digunakan secara teratur adalah gabungan baja esensial atas beton pendukung. Sehingga menbisakan cerobong asap tremor seismik, rencana komposit mengarahkan sifat yang memuaskan sebab pengembangan ini memiliki jenis struktur baja nan pengembangannya banyak dikembangkan.

c. Struktur Kayu (*Wooden Structure*)

Struktur kayu menjadi desain atas perlindungan yang benar-benar hebat dari dampak getaran, dan menjadi konstruksi ringan yang dilengkapi guna menyerap satu ton getaran gempabumi sebelum roboh. Ketaknyamanan dari desain kayu ini adalah tak tahan panas.

d. Struktur Beton Bertulang (*Reinforced Concrete Structure*)

Konstruksi substansial yang didukung adalah desain yang paling umum digunakan atau dikerjakan oleh individu dibandingkan atas berbagai jenis desain. Konstruksi substansial yang didukung lebih murah dan lebih kokoh dari kepada desain baja dan konstruksi komposit, sehingga konstruksi ini memiliki perilaku yang tepat dalam menyampaikan tekanan tremor. Guna menbisakan ini, dalam rencana getaran aman didukung desain substansial, penting guna fokus kepada seluk-beluk dukungan yang bagus dan tepat.

e. Struktur Beton Pracetak (*Precast Concrete Structure*)

Konstruksi substansial atas komponen dasar yang terbuat dari komponen pracetak sebagian besar memiliki perlindungan yang tak berdaya dari dampak getaran. Penilaian reaksi statik dan reaksi dinamis dari konstruksi substansial pracetak yang terbuat dari komponen cetakan tiang

pracetak (batang atau segmen) lebih sulit guna dihitung, dibandingkan atas desain substansial pracetak yang terbuat dari komponen yang dibentuk dari papan (pembagi atau pelat). Bagian yang paling rapuh dari kerangka utama adalah kepada asosiasi dan secara teratur dirugikan atau gagal selama gempa.

f. Struktur Beton Prategang (*Prestress Concrete Structure*)

Penerapan kerangka prategang kepada komponen dasar yang substansial akan mempengaruhi kapasitas kerusakan kerangka utama secara umum, dan akan mempengaruhi kualitas reaksi konstruksi atas dampak tekanan gempa seismik. Komponen utama beton prategang memiliki sifat kelenturan yang lebih rendah dari kepada komponen dasar beton terbangun normal, sehingga konstruksi substansial prategang memiliki sifat asimilasi energi seismik yang buruk.

g. Structure Gabungan Bata (*Mansory Structure*)

Struktur kerja batu yang dibangun memiliki perlindungan besar dari tumpukan getaran melalui penyelesaian rencana dan metode pengembangan yang tepat dan betul. Misalnya atas memperkenalkan dukungan dari baja.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

Afif Salim, Agus Bambang Siswanto, *REKAYASA GEMPA*, K Media, Yogyakarta

Agus Bambang Siswanto, Bambang Wuritno, Maria Elizabeth, 2017. *Structure Design of Parking Building Sunter Park View Apartement with the Equivalent Static Analysis Method*, International Journal of Civil Engineering and Technology, 8(12), pp. 703-717.

Delfebriyadi, 2010, *Rekayasa Gempa Teknik Sipil*, CV. Ferila., Kepandang

- Departemen Pekerjaan Umum, (2004),  
“*Pemeriksaan Awal Kerusakan Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa*”, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Hartuti, E.R., 2009, *Buku Pintar Gempa*, DIVA Press, Yogyakarta
- Nawy, E. G., 1990, *Beton Bertulang*, PT. Eresco, Bandung.
- Pawirodikromo, W., 2012, *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*, Pustaka Pelajar., Yogyakarta
- Siswanto, Agus Bambang, 2016, Modul Kuliah Rekayasa Gempa, Untag Semarang
- SNI 03-1726-2002, (2002), “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Guna Struktur Bangunan Gedung*”.