

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pandangan Umum

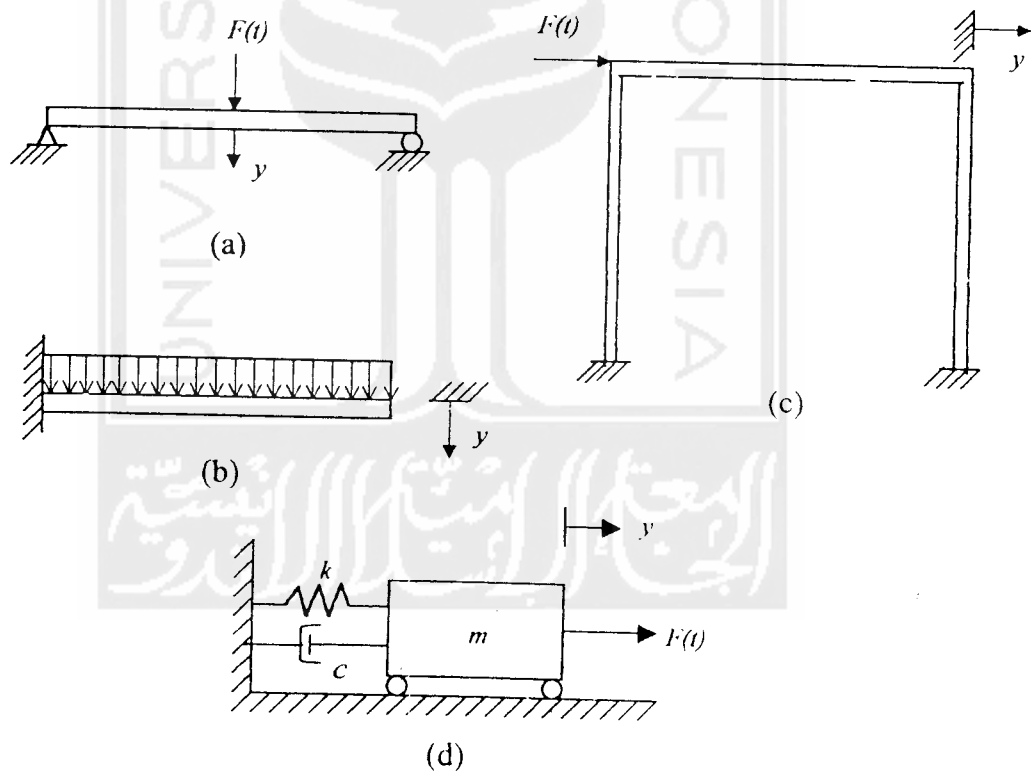
Studi tentang analisa getaran-getaran pada struktur yang diakibatkan oleh beban dinamis terus mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Untuk menyiasatinya, diperlukan rancangan-rancangan atau alat yang dapat mengurangi getaran akibat beban dinamis. Metode-metode peredam mekanik pasif, yang terdiri dari “*viscous damping*, *viscoelastic damping* dan *tuned mass dampers*, telah banyak dipergunakan.

Amplitudo getaran yang terjadi akibat beban dinamis menyebabkan struktur mengalami lendutan. Amplitudo getaran (simpangan) yang terjadi pada struktur, akan menghasilkan persamaan simpangan model derajat kebebasan satu (SDOF).

Pada umumnya struktur berkesinambungan (*continous structure*), mempunyai derajat kebebasan (*number degrees of freedom*) tak terhingga. Namun dengan proses idialisasi atau seleksi, sebuah model matematis yang tepat, dapat mereduksi jumlah derajat kebebasan menjadi suatu jumlah diskrit, untuk beberapa keadaan, dapat menjadi berderajat kebebasan tunggal (*single degree of freedom*) (Gambar 2.1c). Dengan mengambil model matematis dari (Gambar 2.1.d), tiap elemen dalam sistem menyatakan satu sifat khusus inersia (*property of*

inertia), pegas k menyatakan elastisitas, dan peredam c menyatakan kehilangan energi, dan gaya pengaruh $F(t)$ untuk menyatakan gaya luar yang bekerja pada sistem struktur. (Paz, 1987)

Dengan demikian model matematis dapat memberikan pengetahuan yang lengkap dan teliti tentang sifat model itu sendiri, tapi adanya informasi yang terbatas, maka hanya mendekati sifat sebenarnya dari sistem fisik. Namun dari sudut pandang praktek, informasi yang didapat dari analisa model matematis cukup memadai untuk memahami sifat dinamis dari sistem fisik, termasuk perencanaan dan keamanan yang diinginkan.



Gambar 2.1 Contoh struktur yang dimodelisasikan sebagai sistem berderajat kebebasan satu dan model matematis untuk sistem berderajat kebebasan satu (Paz, 1987).

Dibeberapa kasus, sumber yang dapat menyebabkan getaran pada struktur adalah aktifitas manusia, getaran suatu mesin, gaya gempa dan gaya angin. Getaran-getaran yang disebabkan gempa bumi dapat menimbulkan lendutan pada struktur, terutama pada struktur bertingkat banyak, sehingga menyebabkan ketidakamanan dan ketidaknyamanan bagi penghuni atau pengguna gedung.

Solusi yang memungkinkan adalah pertama, dengan menambahkan kekakuan struktur, akan tetapi ini akan merubah bentuk artistik sebuah bangunan dan mengurangi luas ruangan (*space*) dibawahnya. Solusi yang kedua, adalah dengan menambahkan suatu alat pada struktur, dengan tanpa merubah bentuk artistik bangunan tersebut. Alat ini berfungsi untuk menyerap getaran yang terjadi akibat beban dinamis, yaitu dikenal dengan nama "*Tuned Mass Damper*" (TMD).

2.2 Alat Penyerap Getaran (*Vibration Absorber*)

Alat penyerap getaran (*vibration absorber*) adalah suatu alat mekanis yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan getaran yang tidak diinginkan. Alat tersebut bernama *tuned mass damper* (TMD), alat ini merupakan suatu rangkaian sistem yang terdiri dari massa, pegas dan peredam. Sistem ini diciptakan oleh Frahm pada tahun 1909 (Chopra, 1995).

Pada akhir dekade ini, TMD dengan cepat telah banyak digunakan pada struktur gedung bertingkat banyak. Sebagai contoh gedung yang telah menggunakan TMD yaitu gedung *Centerpoint Tower*, Sidney, Australia, gedung *CN Tower*, Toronto, gedung *John Hancock*, Boston dan gedung *Citycorp*

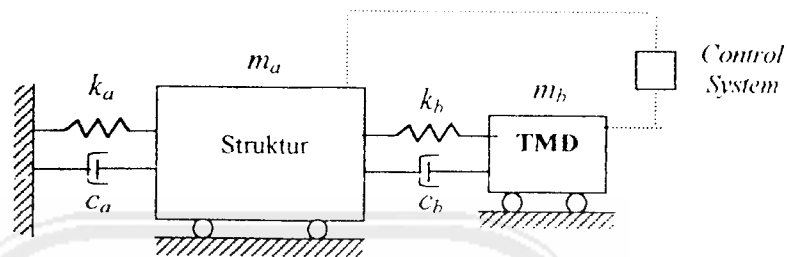
Center, New York. Dari prinsip cara kerjanya alat TMD dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. *Active Tuned Mass Damper (ATMD)*, dan
2. *Passive Tuned Mass Damper (PTMD)*.

2.2.1 *Active Tuned Mass Damper (ATMD)*

Pada masa sekarang ini, alat peredam getaran yang aktif (ATMD) telah banyak dikembangkan dan digunakan oleh negara-negara maju. Aplikasinya, terutama pada gedung pencakar langit, berfungsi untuk mengantisipasi gerakan bangunan akibat beban angin, bahkan bisa juga mengurangi gerakan bangunan akibat gempa. Sebagai contoh salah satu gedung yang memakai ATMD adalah gedung *Citycorp Center*, New York AS (lihat Lampiran 28). ATMD juga telah banyak diaplikasikan pada bidang otomotif sebagai alat peredam getaran, seperti pada mobil Mercedes Benz. Jepang sebagai salah satu negara produsen mobil, telah menerapkan alat ini pada industri-industri otomotifnya.

Pada dasarnya ATMD dan PTMD adalah sama, terdiri dari massa, pegas dan peredam. Yang membedakannya adalah pada ATMD ada suatu komponen mesin yang dapat bekerja secara otomatis apabila ada gaya yang mempengaruhinya (*controlled system*), dapat dilihat pada (Gambar 2.2). Alat ATMD lebih banyak diproduksi dikarenakan alat ini bersifat aktif. Mengenai ATMD lebih jauhnya, kami tidak bisa menceritakan lebih banyak, karena keterbatasan informasi, untuk memecahkan permasalahan disini digunakan alat TMD yang bersifat pasif.



Gambar 2.2 Sistem ATMD yang dilengkapi alat *control system* (Ankireddi dan Yang, 1996)

2.2.2 *Passive Tuned Mass Damper (PTMD)*

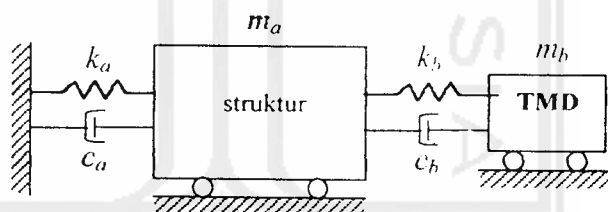
PTMD merupakan suatu alat yang memakai metode peredam mekanik pasif. Metode-metode peredam mekanik pasif yang terdiri dari “*viscous damping*, *visco-elastic damping* dan *tuned mass damper*”, telah banyak dipergunakan. *Viscous damping* adalah redaman yang disebabkan gesekan antara benda padat dengan benda cair atau gas (udara, air, minyak atau oli). Contohnya adalah piston yang meluncur pada permukaan yang dilumasi, gerakan perahu diatas air, gerakan kendaraan diatas jalan atau diudara.

Viscoelastic damping merupakan alat peredam yang telah lama diperkenalkan dan banyak digunakan, alat ini cocok dipakai pada struktur didaerah rawan gempa. Alat ini biasanya dipasang pada pengaku (*bracing*) diagonal. Sebagai contoh bangunan gedung yang telah memakai alat ini yaitu gedung *World Trade Center* di kota New York.

Alat TMD dalam penelitian ini adalah bersifat pasif dan dipasang pada lantai. Sistem ini bekerja, ketika struktur bergetar pada sebuah frekuensi yang

disebabkan oleh gaya gempa, alat TMD akan menghasilkan gerakan yang sama dengan energinya. Gerakan TMD pada gilirannya mengurangi amplitudo getaran pada struktur. Gambar sketsa alat PTMD yang dipasang pada struktur dapat dilihat pada (Gambar 2.2).

Sebagai contoh gedung yang telah memakai alat TMD, yaitu gedung Ramayana Departement Store, salah satu lantai bangunannya berubah fungsi, perencanaan awal untuk perkantoran, dirubah menjadi ruang *fitness center*. Gedung “ Terrace on The Park Building” yang didesain oleh *Authority of New York* dan *New Jersey* mempunyai enam lantai. Salah satu lantainya digunakan untuk ruangan dansa, setelah beberapa lama struktur mengalami lendutan (*displacement*) yang diakibatkan oleh hentakan-hentakan kaki pada saat pengguna gedung menari (dansa).



Gambar 2.3 Sistem dari PTMD
(Ankireddi dan Yang, 1996)

2.3 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, digunakan juga tinjauan pustaka dari penelitian sebelumnya, yaitu seperti dapat dijelaskan berikut ini.

1. Penelitian Priyanto dan Merzhal (1999).

Kedua peneliti mengambil topik “Analisis Penggunaan Tuned Mass Damper (TMD) Untuk Mengurangi Simpangan Akibat Beban Dinamis Pada Balok Kantilever”. Penelitian tersebut telah membuktikan bahwa alat TMD dapat mengurangi simpangan, dan seberapa besar pengaruhnya antara menggunakan dan tidak menggunakan TMD. Oleh karena itu, atas dasar kesimpulan tersebut, kami menerapkan TMD pada bangunan bertingkat banyak, sehingga akan mendekati suatu kenyataan, dan hal ini belum dijadikan objek penelitian.

2. Penelitian Prasetyo dan Arminta (2000).

Kedua peneliti mengambil topik “Respon Seismik Struktur Beton Bertingkat Banyak Akibat Beban Gempa”. Pada penelitian ini, dapat mencari seberapa besar pengaruh kandungan frekuensi dari beberapa data gempa, terhadap struktur bertingkat banyak, yang dilihat dari hasil analisa yang terbentuk simpangan relatif dan simpangan antar tingkat struktur. Sehingga pada penelitian kami, menggunakan beban gempa bumi mempunyai kesamaan, hal ini dapat memberikan suatu hasil yang mendekati benar. Selain itu, kami ingin melengkapi dengan bagaimana cara mengurangi besarnya simpangan yang diakibatkan oleh beban gempa bumi tersebut bila menggunakan TMD.

3. Penelitian Mansyur (2000).

Peneliti mengambil topik “Penempatan efektif Redaman Ganda Untuk Mengurangi Simpangan Pada Bangunan Tingkat Tinggi”. Pada penelitian tersebut, dicoba 15 variasi perletakan redaman ganda, redaman berupa

Magnetorheological Damper. Hasil penelitian diperoleh dengan menggunakan MR Damper simpangan yang terjadi dapat dikurangi, sehingga dapat mencegah terjadinya *structural damping*, dan dari hasil penelitian diperoleh perletakan/penempatan *MR Damper* yang paling efektif pada tingkat ketiga dan kelima. Namun belum ditinjau bagaimana penggunaan redaman pada struktur dengan jumlah peredam lebih dari dua, dan belum ditinjau mengenai simpangan tingkat yang terjadi sebagai syarat keruntuhan struktur dengan dan tanpa alat peredam. Penelitian ini juga belum mengungkapkan bagaimana dengan struktur (beton bertulang) yang mempunyai damping ratio (ξ) (5%) dan (2%).

4. Penelitian Pramulanto dan Nurianawati (2000).

Kedua peneliti mengambil topik “Pengaruh Variasi Massa Baliho Terhadap Gaya Geser, dan Momen Guling, Pada Gedung Bertingkat Lima”. Peneliti membuktikan bahwa penggunaan baliho yang paling optimum adalah dengan variasi massa $M_b = 0,0010 wt$ (berat total struktur), dengan kekauan sesuai periode 100% T_5 (periode struktur terkecil). Sehingga dapat mengurangi prosentase simpangan, gaya geser, dan momen guling yang terjadi. Namun, penelitian tersebut hanya bisa digunakan pada lantai yang paling atas, karena berbentuk baliho. Menurut hipotesis kami alat TMD tidak harus dipasang pada lantai yang paling atas.