

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat penelitian-penelitian sebelumnya dan teori dari beberapa buku literatur terkait yang digunakan untuk menyusun konsep dasar dan langkah-langkah penelitian untuk penyempurnaan penelitian serta mencegah duplikasi dari penelitian sebelumnya. Selain itu, acuan alat yang digunakan untuk mengurangi respon struktur akibat beban gempa juga akan diuraikan.

#### 2.1 Tinjauan Umum

Banyak bangunan-bangunan gedung yang rusak akibat gempa yang disebabkan tidak diterapkannya konsep/prinsip bangunan tahan gempa secara lengkap dan benar oleh elemen pengelola pembuatan bangunan (perencana, kontraktor, dan pengawas) dan masyarakat umum di wilayah rawan gempa. Hal ini dikategorikan sebagai kesalahan yang sangat mendasar. Prinsip desain ini adalah suatu hal yang sangat vital di dalam era desain modern dan pelaksanaan bangunan tahan gempa. Prinsip ini dimulai dari penentuan/pendesainan beban gempa, konfigurasi bangunan yang tepat, mekanisme goyangan (*sway mechanism*), optimalisasi prinsip pelepasan energi (*energy dissipation*) pada elemen-elemen struktur, dan pemilihan bahan serta pelaksanaan pembangunan.

Pada umumnya struktur mempunyai kemampuan untuk menyerap/melepaskan energi. Optimalisasi disipasi energi sangat penting agar sebagian input energi dapat dilepaskan dengan baik sehingga respon struktur dapat dikembalikan.

Salah satu kerusakan yang mungkin terjadi pada sebuah struktur adalah akibat simpangan yang besar. Sebuah alternatif cara memperkecil simpangan adalah dengan memberi peredam. Chopra (1995) menyatakan bahwa peredaman adalah proses pelepasan energi (*energy dissipation*) oleh beberapa mekanisme yang bekerja secara bersamaan. Karena redaman berfungsi melepaskan energi, maka hal tersebut akan mengurangi respon struktur.

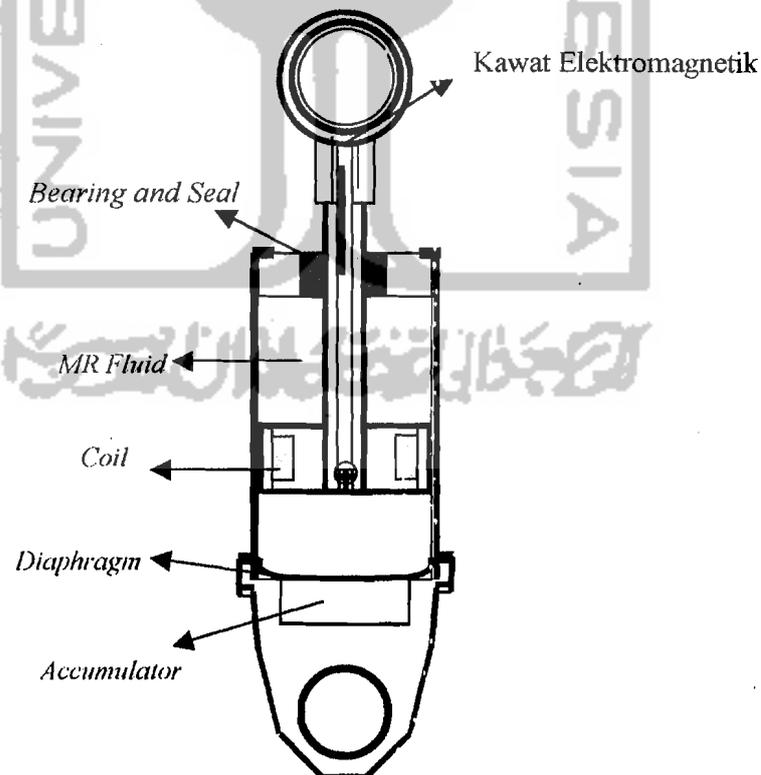
Nilai redaman yang dimiliki pada struktur relatif kecil, sehingga untuk mengurangi respon gempa dipasang peredam tambahan (Chopra, 1995). Penggunaan peredam pada semua tingkat tidaklah praktis, karena efek yang ditimbulkan hampir sama jika dipasang pada semua tingkat. Oleh sebab itu, digunakan redaman pada satu tingkat tertentu yang efektif untuk mengurangi respon gempa tersebut.

## 2.2 *Magnetorheological Damper (MR-Damper)*

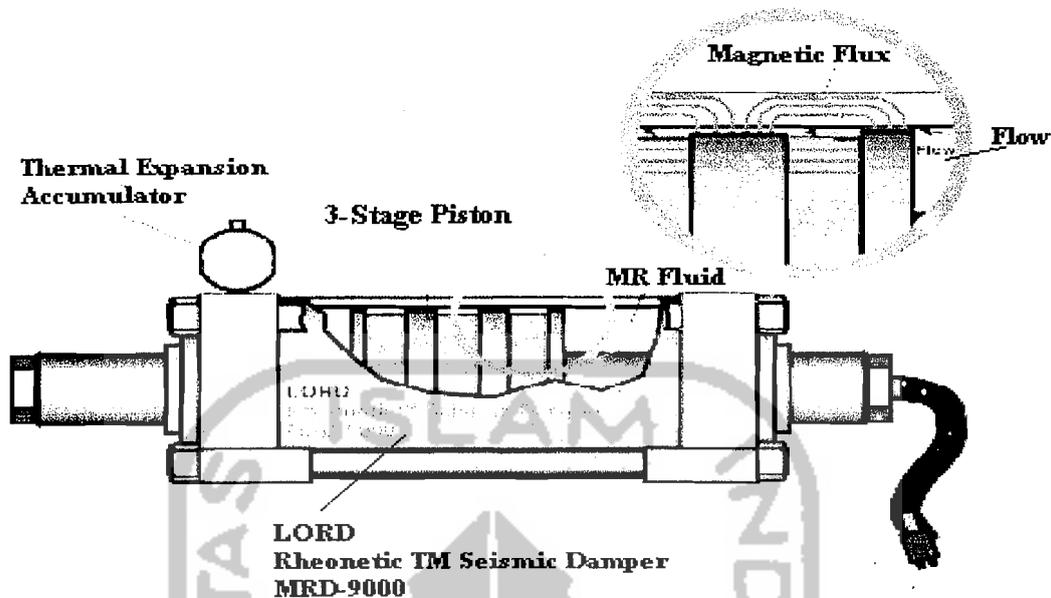
*Magnetorheological Damper* adalah sebuah alat kontrol struktur yang dapat mengurangi respon struktur akibat beban gempa, dan alat ini dikembangkan oleh *Lord Corporation*. *MR-Damper* menggunakan *MR Fluids* yang terdiri dari *silicon oil*. Jika sebuah gaya magnet bekerja, maka sebuah partikel yang berada pada cairan tersebut akan membentuk suatu rantai partikel dan cairan tersebut akan menjadi semi solid serta memperlihatkan perilaku plastis. Alat ini mempunyai beberapa karakter

yang atraktif, tegangan leleh tinggi, elastisitas yang rendah dan dapat bekerja dengan baik pada temperatur  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$ , sehingga *MR-Damper* dapat dipasang diluar struktur (misalnya : jembatan dan menara) atau di dalam struktur (misalnya bangunan gedung).

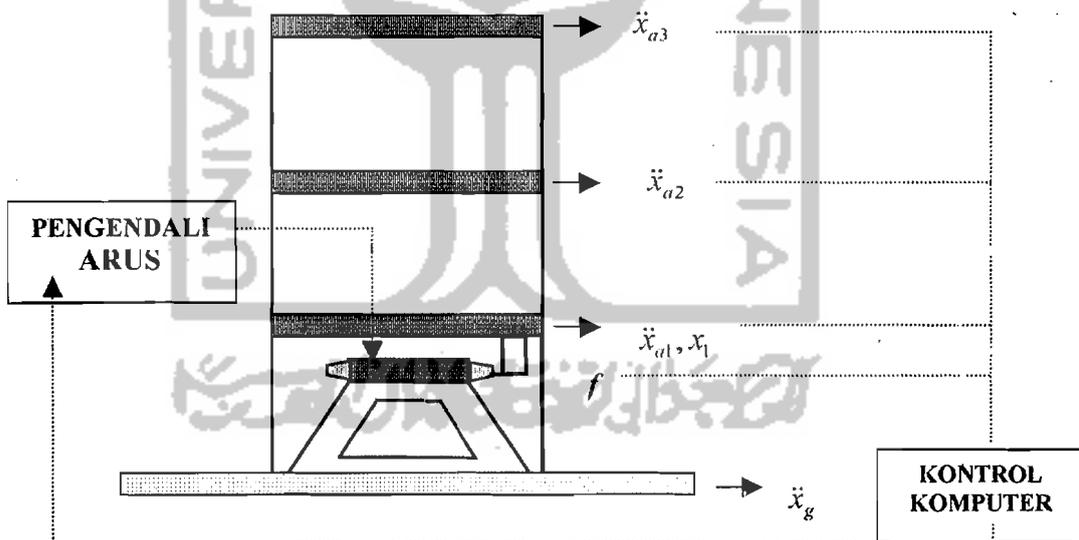
*MR-Damper* mempunyai dimensi : panjang 21,5 cm dan diameter silinder 3,8 cm. Silinder utama berbentuk sebuah penghisap, terdiri dari magnet, *Accumulator* dan *MR Fluids* sebanyak 50 ml. Alat ini digerakkan melalui sebuah elektromagnetik pada kepala penghisap yang kemudian dihubungkan dengan sumber energi. Energi yang diperlukan untuk menggerakkan alat ini kurang dari 10 watt, sehingga dapat dioperasikan dengan sebuah baterai yang kecil.



**Gambar 2.1** Skema *MR-Damper*  
(Reproduksi dari Carlson dan Spencer, 1996)



Gambar 2.2 Skema Full-Sized *MR-Damper*  
(Reproduksi dari Carlson dan Spencer, 1996)



Gambar 2.3 Skema Pemasangan *MR-Damper*  
(Reproduksi dari Carlson dan Spencer, 1996)

### 2.3 Penelitian Sejenis Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan referensi penelitian-penelitian sejenis sebelumnya sebagai tinjauan pustaka, yang dilakukan oleh Deny dan Harry (2000),

Wardani dan Sulistyaningsih (2001), Budhiawan dan Hariyanto (2001), dan Priyohutomo dan Modita (2003), sebagaimana yang dijelaskan berikut.

### 1. Deny dan Harry (2000).

Topik penelitian yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah “Penempatan Efektif Redaman Tunggal untuk Mengurangi Simpangan pada Bangunan Bertingkat Enam dan Delapan”. Pada penelitian tersebut, peneliti menggunakan *Magnetorheological Damper* sebagai peredam tambahan yang diletakkan tunggal dengan kapasitas redaman 15 kips/(in/det) pada tiap-tiap lantai dengan *Damping Ratio* 2% - 5%. Analisis dinamika struktur menggunakan metode *Newmarks Acceleration Method* yang bersifat *Unconditionally Stable*. Hasil penempatan *Magnetorheological Damper* efektif untuk bangunan bertingkat enam terletak di tingkat empat, sedangkan bangunan bertingkat delapan terletak di tingkat satu.

### 2. Wardani dan Sulistyaningsih (2001)

Topik penelitian yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah “Penempatan Efektif Redaman Ganda dengan Nilai Kapasitas Berbeda untuk Mengurangi Simpangan pada Bangunan Bertingkat Banyak”. Pada penelitian tersebut peneliti memvariasikan posisi redaman ganda dengan nilai kapasitas total 30 kips/(in/det) terdiri atas 22,5 kips/(in/det) atau 75% dan 7,5 kips/(in/det) atau 25%. Analisis dinamika struktur menggunakan *Newmark's Acceleration Method* dengan menggunakan *time history* dari gempa El Centro tahun 1940. Hasil yang diperoleh dari penggunaan *Magnetorheological-Damper* paling efektif dipasang pada lantai

satu dengan kapasitas redaman 22,5 kips/(in/det) dan lantai lima dengan kapasitas redaman 7,5 kips/(in/det).

### 3. Budhiawan dan Hariyanto (2001).

Topik penelitian yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah “Penempatan Efektif Redaman Ganda (Kembar) untuk Mengurangi Resiko Benturan Struktur”. Pada penelitian tersebut, peneliti meninjau dua model bangunan bertingkat yang berbeda ketinggian yaitu bangunan bertingkat lima dan enam dan dua beban gempa yaitu gempa El Centro tahun 1940 dan gempa Koyna tahun 1967. Analisis dinamika struktur yang digunakan adalah *Central Difference Method*. Hasil yang diperoleh dari penggunaan *Magnetorheological Damper* yang paling efektif diletakkan pada tingkat tiga dan lima akibat gempa El Centro untuk bangunan lima lantai dan enam lantai. Untuk gempa Koyna, perletakan efektif *Magnetorheological Damper* pada lantai tiga dan lima untuk bangunan lima lantai, sedangkan untuk bangunan enam lantai perletakan efektif pada lantai tiga dan enam.

### 4. Priyohutomo dan Modita (2003)

Topik penelitian yang diambil oleh kedua peneliti ini adalah “Penempatan Efektif Sepasang *MR Damper* Untuk Mengurangi Simpangan Bangunan Bertingkat Tiga”. Penelitian ini mempresentasikan penggunaan peredam tambahan sepasang *Magnetorheological Damper* dengan nilai kapasitas berbeda, yaitu 4,5-25,5 kip/(in/det), 9-21 kip/(in/det), 13,5-16,5 kip/(in/det), dan 15-15 kip/(in/det). Struktur dikenai eksitasi *time history* dari gempa Koyna tahun 1967. Untuk mendapatkan

perletakan efektif sepasang *MR-Damper*, dilakukan percobaan dengan 33 variasi perletakan pada model bangunan bertingkat tiga, kemudian dibandingkan dengan struktur tanpa redaman tambahan (hanya redaman dalam struktur). Dari hasil analisis diperoleh bahwa penempatan efektif sepasang *MR-Damper* yaitu pada lantai tiga.

Dari ke-empat penelitian sebelumnya di atas, dapat diketahui bahwa variasi nilai kapasitas redaman mempengaruhi perletakan efektif *MR-Damper* pada struktur bertingkat banyak. Pada penelitian Priyohutomo dan Modita, struktur yang dipakai adalah bangunan bertingkat tiga sebagai representasi bangunan tinggi, yang masing-masing tingkatnya mewakili tingkat-tingkat bawah, tengah, dan atas.

Struktur bangunan bertingkat tiga atau ganjil berbeda dengan struktur yang mempunyai tingkat genap, dimana struktur bertingkat ganjil mempunyai bagian tengah berjumlah satu tetapi struktur dengan tingkat genap (khususnya pada penelitian ini, struktur bangunan bertingkat empat) akan mempunyai tingkat bagian tengah berjumlah dua. Oleh sebab itu perlu penelitian lebih lanjut untuk bangunan yang mempunyai jumlah tingkat genap, sehingga dapat diprediksi posisi yang mana paling efektif, apakah pada tingkat bagian bawah atau pada tingkat tengah bagian atas atau pada tingkat yang lain.