

## Tahan diguncang gempa

Gempa bumi merupakan bencana alam yang paling menakutkan bagi manusia. Ini karena kita selalu mengandalkan tanah tempat kita berpijak di bumi ini sebagai landasan yang paling stabil yang bisa selalu dalam keadaan diam dan menopang kita. Begitu terjadi gempa bumi, kita tiba-tiba menyadari bahwa tanah yang kita pijak tersebut ternyata bisa kehilangan stabilitasnya sehingga mampu menelan korban. Bencana alam lainnya, misalnya meletusnya gunung berapi, bisa dideteksi dengan teknologi yang semakin lama semakin disempurnakan oleh para ilmuwan. Lain halnya dengan gempa bumi yang umumnya terjadi begitu saja sehingga selalu mengejutkan kita. Dalam waktu beberapa detik saja gempa bumi bisa menghancurkan bangunan-bangunan megah yang dibangun dengan susah payah selama bertahun-tahun. Gempa bumi yang hebat bahkan memakan korban jiwa dalam jumlah tidak sedikit. Karena itulah para ilmuwan terus mencoba mengembangkan teknologi yang bisa memperkirakan lokasi sumber gempa dan kekuatan gempa, sekaligus memprediksi terjadinya gempa supaya dapat mengusahakan pengungsian sebelum gempa itu mulai mengamuk dan mengejutkan semua orang. Untuk mencegah terjadinya kerugian besar akibat hancurnya bangunan-bangunan penting, para ilmuwan juga mengembangkan teknologi untuk memperkuat bangunan sehingga dapat bertahan dari serangan gempa bumi. Negara-negara yang sering diserang gempa bumi seperti Jepang sudah banyak menggunakan teknologi ini pada gedung-gedung dan bangunan-bangunan besar. Teknologi itu terus dikembangkan dan disempurnakan sampai didapatkan bangunan tahan gempa yang paling kuat sekalipun.

Salah satu teknologi yang gencar dikembangkan adalah penggunaan cairan *MagnetoRheological* atau disebut juga *MR fluid* untuk meningkatkan stabilitas bangunan saat terjadi gempa. Cairan ini berwarna keabuabuan dan tampak agak mengkilat seperti minyak. Massa jenis (densitas) cairan istimewa ini tiga kali lebih besar dari densitas air (densitas air pada temperatur normal sekitar 1 g/mL). Fluida ini tersusun dari partikel-partikel besi yang mengandung gugus karbonil, cairan pelarut, dan bahan-bahan aditif lainnya. Partikel-partikel besi (*carbonyl*

*iron*) yang sangat halus ini memiliki diameter 3-5  $\mu\text{m}$  ( $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$  meter). Cairan MR mengandung 20-40% partikel-partikel besi ini. Saat dalam keadaan kering (belum bercampur dengan cairan pelarutnya) partikel-partikel halus ini tampak seperti tepung berwarna hitam. Cairan pelarut yang digunakan umumnya adalah minyak (cairan hidrokarbon). Supaya partikel-partikel besi dapat terus tersuspensi dalam cairan pelarutnya, perlu ditambahkan zat-zat aditif. Zat-zat ini merupakan komponen yang dirahasiakan. Dengan bantuan zat aditif, proses pengendapan akibat gaya gravitasi dapat dihambat sehingga partikel-partikel besi bisa mempertahankan keadaan tersuspensi. Selain itu zat aditif juga berfungsi untuk meningkatkan lubrikasi dan mengendalikan kekentalan (viskositas) fluida.

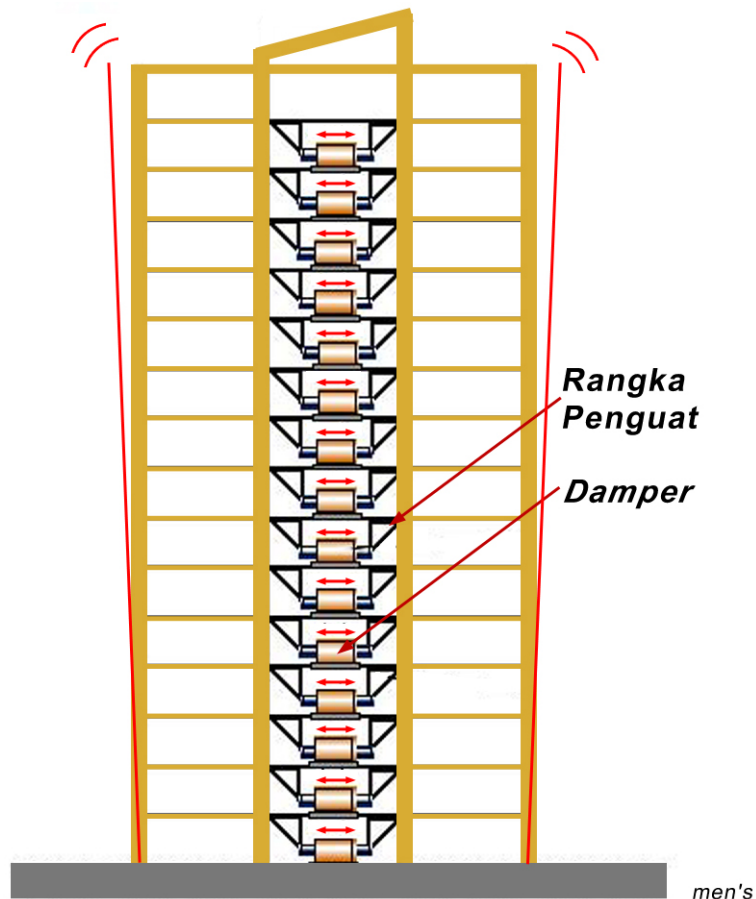
Komponen yang menjadi sumber keistimewaan fluida MR adalah partikel-partikel besi yang halus tadi. Saat fluida MR didekatkan ke magnet, medan magnet memaksa partikel-partikel ini untuk langsung berbaris dan membentuk polaritas yang seragam sehingga fluida semakin mengeras (molekul-molekulnya semakin rapat dan teratur) dan berubah menjadi padatan. Semakin kuat medan magnetnya semakin keras pula padatan yang terbentuk. Saat medan magnetnya hilang, molekul-molekulnya kembali menjauh dan tidak beraturan seperti semula. MR yang padat itu pun kembali berubah menjadi fluida. Fluida yang memiliki karakteristik istimewa ini ditemukan sekitar tahun 1940 oleh Jacob Rabinow. Sejak ditemukannya para ilmuwan belum bisa menemukan cara yang tepat untuk mengontrol medan magnet dengan baik sehingga fluida ini belum banyak dimanfaatkan. Masalah ini kini sudah bisa diselesaikan dengan ditemukannya sistem canggih seperti *digital signal processor* serta melimpahnya komputer-komputer yang bisa digunakan untuk mengatur medan magnet yang diaplikasikan pada fluida MR ini. Lalu bagaimana caranya fluida ini bisa membuat bangunan menjadi tahan gempa? Dengan cara menempatkannya dalam *damper* (Gambar 1)!

Bangunan-bangunan seperti gedung-gedung besar pencakar langit dan jembatan-jembatan besar di negara-negara yang sering mengalami gempa bumi biasanya dilengkapi dengan *damper* (jumlahnya bergantung pada ukuran bangunan) yang berfungsi untuk menyerap sebagian gaya yang tercipta akibat getaran. Gempa bumi terjadi saat ada getaran di permukaan bumi. Jika kita berdiri

di dekat rel kereta api saat ada kereta yang lewat kita biasanya merasakan getaran yang ditimbulkan oleh kereta api tersebut. Getaran ini sebenarnya termasuk gempa bumi dalam skala mini. Gempa bumi yang lebih besar yang dikategorikan sebagai bencana alam biasanya berupa getaran hebat yang diakibatkan oleh meletusnya gunung berapi, tabrakan dengan meteor, ledakan bawah tanah, penghancuran tambang, dan terutama oleh pergeseran lempeng-lempeng bumi. Getaran-getaran ini bisa membentuk resonansi gelombang yang dapat memperkuat getaran sehingga mampu menghancurkan bangunan-bangunan besar yang semula berdiri kokoh di permukaan bumi. *Damper* bertugas untuk mengacaukan resonansi ini supaya dapat menghindari atau memperkecil efek perusakan yang mungkin terjadi. *Damper* yang digunakan bisa bersifat aktif, pasif, dan semiaktif. *Damper* yang aktif merupakan generator yang secara aktif selalu berusaha melawan segala bentuk gangguan. Generator ini menghasilkan gaya yang mendorong struktur bangunan yang mengalami gangguan. *Damper* jenis ini sangat mudah dikendalikan tetapi membutuhkan energi yang sangat besar. *Damper* yang pasif justru tidak membutuhkan energi sama sekali. *Damper* ini sangat sederhana dan membutuhkan biaya perawatan yang rendah tetapi tidak bisa dikontrol sehingga tidak bisa beradaptasi terhadap berbagai perubahan. *Damper* semiaktif merupakan gabungan *damper* pasif dan aktif. Saat ada gangguan, *damper* ini melawannya dengan gaya yang bisa mempertahankan struktur bangunan tanpa menggunakan gaya dorong seperti *damper* aktif. *Damper* ini mudah dikendalikan dan tidak membutuhkan energi yang besar. *Damper* yang menggunakan fluida MR merupakan *damper* semiaktif yang bisa dikendalikan dengan cara mengatur jumlah listrik yang mengalir pada elektromagnet dalam *damper*.

Kumparan elektromagnet ditempatkan di dalam *damper* untuk mengendalikan fluida MR. Sekitar lima liter fluida dapat ditampung oleh *damper*. Bangunan juga dilengkapi dengan sensor getaran yang langsung mengirimkan sinyal pada komputer (saat ada getaran) supaya mengalirkan listrik pada *damper*. Karena ada aliran listrik pada elektromagnet, terciptalah medan magnet yang menyebabkan mengerasnya cairan MR. Frekuensi perubahan cairan MR menjadi

padat bisa mencapai ribuan kali per detik karena adanya pulsa elektromagnetik. Frekuensi tinggi ini dapat meningkatkan temperatur fluida sehingga terjadi ekspansi (bertambahnya volume fluida). Bagian atas *damper* dilengkapi dengan *thermal expansion accumulator* untuk mencegah ledakan akibat kenaikan tekanan saat terjadinya ekspansi.



*Damper* bergerak-gerak dan mengeluarkan gaya untuk melawan getaran gempa. Fluida MR yang sudah berubah jadi padatan dapat menambah besarnya gaya yang bisa dihasilkan *damper* ini. Semakin besar getaran semakin besar pula arus listrik yang mengalir sehingga medan magnet yang tercipta semakin kuat. Kuatnya medan magnet ini menyebabkan semakin kerasnya padatan yang terbentuk sehingga *damper* bisa menghasilkan gaya yang lebih besar untuk melawan getaran gempa. Saat getaran gempa berhenti, komputer menghentikan aliran listrik pada elektromagnet sehingga medan magnetnya hilang dan padatan MR berubah kembali menjadi fluida. *Damper* dengan teknologi *MR fluid* ini dapat

dipasang pada semua bangunan baru maupun lama sehingga menambah kekuatan bangunan dan memperkecil resiko kehancuran akibat gempa. Dengan bangunan yang lebih stabil, keselamatan penduduk pun bisa lebih terjamin. Hebatnya lagi, *damper* yang dilengkapi fluida MR ini dapat pula digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai penyerap getaran pada berbagai peralatan elektronik seperti mesin cuci, dan sebagai *shock absorber* pada mobil. (Yohanes Surya)