

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dibahas alasan dan pemikiran yang menjadi latar belakang pemilihan topik Tugas Akhir ini. Topik yang dibahas pada Tugas Akhir ini adalah mengenai kontrol vibrasi aktif pada sebuah struktur fleksibel. Dalam pemodelan dan simulasi struktur untuk Tugas Akhir ini ada hal-hal yang menjadi batasan permasalahan. Pada bab ini juga akan diuraikan metodologi penelitian yang digunakan dalam melakukan Tugas Akhir ini.

### **I.1 Latar Belakang**

Seiring dengan penambahan penduduk di kota-kota besar akibat urbanisasi, ketersediaan lahan untuk bangunan tempat tinggal dan perkantoran menjadi semakin terbatas. Seperti di Jakarta misalnya, lahan yang terbatas harus menampung jumlah penduduk yang banyak dan akan terus meningkat. Keterbatasan lahan ini memaksa pembangun properti untuk merancang dan membangun rumah hunian bertingkat, seperti rumah susun dan apartemen, dan gedung-gedung tinggi untuk perkantoran.

Perancangan dan pembangunan bangunan-bangunan tinggi atau bertingkat tentu memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dan permasalahan yang jauh lebih luas dibandingkan bangunan dengan satu atau dua tingkat. Permasalahan utama tentu adalah fondasi bangunan dan bahan yang digunakan untuk membangun bangunan tinggi tersebut. Sekuat apapun fondasi yang digunakan, apabila terjadi guncangan atau getaran pada permukaan bumi, maka akan terjadi guncangan atau getaran yang lebih besar pada tingkat yang lebih tinggi yang akan menyebabkan bangunan tinggi tersebut menjadi tidak stabil sehingga terjadi kerusakan pada struktur bangunan atau bahkan runtuh.

Mengingat Indonesia terletak pada pertemuan lempeng-lempeng yang sering bergeser dan bertabrakan satu dengan yang lain, Indonesia merupakan negara

yang rawan dengan gempa bumi. Beberapa gempa-gempa besar yang terjadi beberapa tahun silam ini antara lain: gempa berkekuatan 9,2 SR di Aceh yang disertai tsunami pada tahun 2004, gempa berkekuatan 8,7 SR di Nias pada tahun 2005, gempa berkekuatan 6,3 SR di Yogyakarta pada tahun 2006, dan pada tahun 2009 terjadi dua gempa pada dua daerah di Indonesia, gempa di Tasik Malaya (7,4 SR) dan gempa di Padang (7,6 SR). Selain itu, getaran yang disebabkan oleh angin juga akan sangat terasa pada ketinggian yang lebih tinggi. Biasanya pada menara-menara pencakar langit efek getaran angin ini akan diperhitungkan.

Dari uraian di atas, perancangan pembangunan bangunan-bangunan bertingkat di Indonesia sebaiknya dirancang dengan sistem tahan gempa. Secara umum, ada dua jenis metoda pengontrolan struktur, yakni pengontrolan secara pasif (*passive control*) dan pengontrolan secara aktif (*active control*)<sup>[1]</sup>. Pengontrolan pasif adalah metoda pengontrolan yang dilakukan dengan pergerakan struktur yang bertindak melawan arah gaya dari gempa sehingga bangunan di atasnya tetap utuh. Tidak ada energi atau gaya eksternal yang diberikan untuk melakukan pengontrolan pasif. Sebaliknya pengontrolan aktif adalah metoda pengontrolan yang menggunakan atau disebabkan oleh komponen eksternal yang teraktivasi untuk mengubah respon bangunan yang tergoncang. Pengaktivasian gaya eksternal tergantung pengukuran gangguan eksternal dan/atau respon struktural. Pengukuran ini menggunakan sensor dengan dibantu oleh komputer. Sinyal digital dari komputer akan mengaktifkan gaya eksternal yang dibutuhkan untuk memperbaiki respon struktur yang berubah akibat guncangan.

Di negara-negara maju yang juga sering terjadi gempa bumi yang dahsyat, seperti Jepang, bangunan-bangunan bertingkat dan gedung-gedung tinggi sudah dibangun dengan sistem tahan gempa. Bangunan pertama yang menggunakan sistem tahan gempa dengan pengontrolan aktif peredam massa (*Active Mass Damper / AMD*) adalah Gedung Kyobashi Seiwa (1989) yang dibangun oleh Kajima Corporation, Tokyo, Japan<sup>[7]</sup>. Gedung Kyobashi ini terdiri dari 10 tingkat dengan tingkat ke-11 diimplementasi AMD sebanyak 2 buah dengan berat 4,2 ton dan 1,2 ton.

Dalam pengontrolan aktif pada struktur, ada pendekatan-pendekatan yang digunakan untuk memudahkan pemodelan. Struktur bangunan bertingkat banyak memiliki derajat kebebasan dan orde yang banyak sehingga untuk perhitungan persamaan matematika yang mewakili struktur menjadi cukup rumit. Untuk mendapatkan persamaan matematika bangunan bertingkat dalam Tugas Akhir ini akan digunakan analisa modal. Analisa modal adalah suatu pendekatan untuk merepresentasikan persamaan matematika dalam koordinat/parameter modalnya. Model yang dihasilkan disebut sebagai model modal.

Dengan melakukan analisa modal, persamaan matematika struktur menjadi lebih sederhana. Selain itu, model modal struktur yang terbentuk tidak akan saling terkait (*decoupled*) antar tingkatnya. Dari respon frekuensi *plant* struktur didapat frekuensi natural untuk setiap modenya sehingga pengontrolan akan menjadi lebih sederhana juga, yaitu pengontrolan pada natural frekuensi modenya saja, terutama mode-mode dominan.

Dari kelebihan penggunaan model modal di atas, maka pengontrol yang paling sesuai untuk digunakan adalah pengontrol-pengontrol yang berbasis modal, yaitu yang mengontrol berdasarkan frekuensi. Ada beberapa pengontrol berbasis modal untuk kontrol vibrasi mode banyak, antara lain: *Independent Modal Space Control* (IMSC), *Positive Position Feedback* (PPF), dan *Resonant Control*<sup>[8]</sup>. Dalam Tugas Akhir ini, pengontrol yang digunakan adalah pengontrol PPF.

PPF adalah pengontrol berbasis modal yang paling populer untuk pengontrolan vibrasi struktural<sup>[3]</sup>. Keistimewaan pengontrol PPF ini adalah PPF dapat didesain di sekitar fungsi transfer struktur dan tidak memerlukan model analitis dari sistem atau plant yang dikontrol<sup>[8]</sup>. Pengontrol PPF adalah sebuah *low-pass filter*, sehingga respon akan menurun dengan cepat pada frekuensi yang lebih tinggi, dan tidak akan terjadi *spillover*. Jadi, dengan menggunakan pengontrol PPF, pengontrolan hanya perlu dilakukan pada frekuensi natural mode yang ingin dikontrol.

### **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada sebagai berikut:

- 1) Bagaimana bentuk model matematis untuk struktur bangunan bertingkat banyak?
- 2) Bagaimana cara mendesain pengontrol vibrasi yang sesuai untuk model bangunan bertingkat yang didesain?

### **I.3 Tujuan**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk melakukan pemodelan, pendesainan, dan simulasi pengontrol dengan menggunakan metoda pengendalian aktif untuk mengatasi vibrasi yang terjadi pada sistem bangunan bertingkat.

### **I.4 Batasan Masalah**

Masalah-masalah yang dibatasi dalam Tugas Akhir ini, antara lain:

- 1) Material bangunan bertingkat tidak menjadi fokus utama dalam pemodelan bangunan bertingkat.
- 2) Bangunan bertingkat yang dimodelkan adalah bangunan bertingkat tiga.
- 3) Vibrasi yang diatasi adalah sinyal gempa saja. Sedangkan masalah angin diabaikan.
- 4) Gaya vibrasi yang akan diamati pada bangunan berupa gaya horizontal.

### **I.5 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari:

- 1) Studi literatur tentang metoda pengendalian struktur, analisa modal untuk mendapatkan model matematika struktur, dan pengontrol yang cocok untuk pengendalian vibrasi aktif. Literatur yang digunakan sebagai bahan referensi dan pendukung pemahaman berupa buku (baik buku teks maupun buku elektronik) dan juga beberapa jurnal elektronik.

- 2) Pemodelan dilakukan mengikuti langkah-langkah sebuah kerangka kerja pemodelan (*Modelling Framework*) dan menggunakan software MATLAB dan Simulink versi 7.8.0.347 (R2009a). Perhitungan dilakukan menggunakan Matlab, sedangkan diagram blok dan simulasi direalisasikan menggunakan Simulink pada Matlab.
- 3) Simulasi dilakukan dengan dua jenis input. Yang pertama adalah input *shocking/pulsa*; yang dibentuk dengan menggunakan dua buah input step untuk mendapatkan sebuah sinyal pulsa dengan lebar pulsa yang sangat sempit. Input kedua adalah input sinusoidal. Output yang ingin diamati dari hasil simulasi adalah respon pergeseran dan sinyal kontrol yang dibutuhkan dalam pengontrolan. Simulasi dilakukan dalam dua tahap. Yang pertama adalah simulasi terhadap model matematika plant. Tujuannya adalah untuk membuktikan bahwa model yang dibentuk sudah mewakili plant yang sebenarnya. Simulasi tahap kedua adalah simulasi terhadap sistem – model plant dengan pengontrol. Tujuan dari simulasi tahap kedua ini adalah untuk membuktikan pengontrol telah mampu melakukan pengontrolan vibrasi pada sistem tersebut.
- 4) Analisa data dilakukan secara grafik.