

PEMODELAN DAN SIMULASI PENGONTROL VIBRASI AKTIF PADA SISTEM BANGUNAN BERTINGKAT

Yanimi (0722050)

Jurusan Teknik Elektro
Universitas Kristen Maranatha
Bandung, Indonesia
Email: yanimi.rao@gmail.com

ABSTRAK

Di Indonesia, terutama di kota-kota besar, banyak bangunan bertingkat dibangun sebagai tempat hunian dan perkantoran dikarenakan masalah keterbatasan lahan. Dengan fakta geografis bahwa Indonesia sangat rentan terjadi gempa bumi, maka bangunan-bangunan bertingkat di Indonesia sebaiknya dirancang dengan sistem tahan gempa.

Pada Tugas Akhir ini akan dibahas pemodelan dan simulasi sebuah sistem bangunan bertingkat tiga dengan menggunakan pengontrolan vibrasi aktif untuk meredam vibrasi gempa. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan analisis modal untuk mendapatkan persamaan matematika model. Model yang terbentuk adalah model *decoupled* dengan defleksi maksimum terjadi pada frekuensi natural struktur. Oleh sebab itu, pengontrolan vibrasi pada sistem bangunan bertingkat bisa dilakukan dengan menggunakan pengontrol berbasis modal seperti *Positive Position Feedback* (PPF). Pendesaianan pengontrol PPF menjadi sederhana apabila karakteristik modal struktur diketahui, yaitu frekuensi natural struktur. Sedangkan untuk masalah kestabilannya, pengontrol PPF hanya perlu mempertimbangkan properti kekakuan dari struktur saja.

Simulasi sistem bangunan bertingkat tiga pada Tugas Akhir ini menggunakan Simulink pada MATLAB untuk menampilkan respon pergeseran sistem dan besarnya sinyal kontrol yang dibutuhkan oleh pengontrol dalam melakukan pengontrolan vibrasi aktif. Dari hasil simulasi, sistem dengan pengontrol PPF mampu meredam vibrasi gempa 2,5 – 3,0 kali lebih efektif dan penggunaan daya $\pm 6,0 - 11,7$ kali lebih efisien dibandingkan sistem dengan pengontrol proporsional (P).

Kata kunci: kontrol vibrasi aktif, analisis modal, bangunan bertingkat, gedung bertingkat, Positive Position Feedback (PPF), reduksi gempa.

MODELING AND SIMULATION ACTIVE VIBRATION CONTROLLER FOR MULTI-STORY BUILDING SYSTEM

Yanimi (0722050)

Department of Electrical Engineering
Maranatha Christian University
Bandung, Indonesia
Email: yanimi.rao@gmail.com

ABSTRACT

In Indonesia, especially in the big cities, many buildings built as residences and offices due to the limited land issue. With the fact that the geography of Indonesia is particularly vulnerable to earthquakes, then rise buildings in Indonesia should be designed with earthquake resistant system.

In this thesis will be discussed the modeling and simulation of a three-story building system by using active vibration control to reduce vibration earthquake. Structural modeling is done by using modal analysis to obtain mathematical equation of the model. The obtained model is decoupled with the maximum deflection occurred at the natural frequency of the structure. Therefore, the vibration control for multi-story building system can be done by using a modal based controller, such as Positive Position Feedback (PPF). The design of PPF controllers become simple if the modal characteristic of the structure, i.e its natural frequencies, are known. Whereas, for the stability issue, PPF controllers only need to consider the stiffness properties of the structure.

The simulation of a three-story building system in this paper is using the Simulink in MATLAB to demonstrate displacements of the system and the control signals needed by the controllers in active vibration control. From the simulation results, the system with PPF controller can reduce earthquake vibrations 2,5 to 3,0 times more effective and 6,0 to 11,7 times more power efficient than system with proporsional (P) controller.

Keywords: active vibration control, modal analysis, multi-story building, high rise building, Positive Position Feedback PPF, earthquake reduction.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	4
I.3 Tujuan	4
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Metodologi Penelitian	4
BAB II TEORI	6
II.1 Pengenalan Kontrol Vibrasi	6
II.2 Kontrol Aktif Untuk Vibrasi	10
II.2.1 Sejarah dan Perkembangan Kontrol Aktif	10
II.2.2 Dasar Teori Pengontrolan Aktif	10
II.2.3 Analisa Modal	12
II.3 <i>Positive Position Feedback</i> (PPF)	18
BAB III PEMODELAN DAN SIMULASI STRUKTUR	22
III.1 Permasalahan Riil Struktur (<i>The Real World Problem</i>)	22
III.2 Model Matematika Struktur	25
III.3 Validasi Model	30

BAB IV PENDESAINAN SISTEM KONTROL	38
IV.1 Pendesaian Pengontrol Proporsional	38
IV.2 Pendesaianan Pengontrol PPF	40
IV.3 Simulasi Sistem Dengan Menggunakan Simulink Matlab	43
IV.3.1 Percobaan Dengan Input Sinusoidal Tunggal	43
IV.3.2 Percobaan Dengan Input Sinusoidal Jamak	48
IV.3.3 Percobaan Dengan Input <i>Shocking</i>	50
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 52
V.1 Kesimpulan	52
V.2 Saran	53
 DAFTAR PUSTAKA	 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Base isolation</i>	8
Gambar 2.2 Diagram blok pengontrolan aktif	11
Gambar 2.3 Sistem dengan SDOF saat diberi vibrasi gaya horisontal	13
Gambar 2.4 Sistem dengan 2-DOF saat diberi vibrasi gaya horisontal	13
Gambar 2.5 Blok Diagram PPF	19
Gambar 2.7 Respon frekuensi dari fungsi transfer PPF	21
Gambar 3.1 Skema struktur bangunan bertingkat	24
Gambar 3.2 Diagram blok model bangunan bertingkat tiga	29
Gambar 3.3 Diagram blok model	30
Gambar 3.4 Diagram bode model	31
Gambar 3.5 Diagram blok model dengan input <i>shocking</i>	32
Gambar 3.6 Respon pergeseran setiap tingkatnya saat diberi input <i>shocking</i> ..	32
Gambar 3.7 Diagram blok model dengan input sinusoidal	33
Gambar 3.8 Respon pergeseran setiap tingkat saat diberi sinyal sinusoidal berfrekuensi 0.0316 rad/s	34
Gambar 3.9 Respon pergeseran setiap tingkat saat diberi sinyal sinusoidal berfrekuensi 0.09 rad/s	34
Gambar 3.10 Respon pergeseran setiap tingkat saat diberi sinyal sinusoidal berfrekuensi 0.13 rad/s	35
Gambar 3.11 Respon pergeseran tingkat 1 saat frekuensi input di sekitar mode-1	36
Gambar 3.12 Respon pergeseran tingkat 2 saat frekuensi input di sekitar mode-2	36
Gambar 3.13 Respon pergeseran tingkat 3 saat frekuensi input di sekitar mode-3	37
Gambar 4.1 Diagram blok pengontrol P.	39
Gambar 4.2 Diagram blok sistem dengan pengontrol PPF untuk tiap tingkat ..	41
Gambar 4.3 Diagram blok sistem lup tertutup dengan pengontrol P dan pengontrol PPF untuk setiap tingkat	42

Gambar 4.4 Respon pergeseran tingkat 1 dan sinyal kontrol yang dibutuhkan saat input berfrekuensi 0.0316 rad/s	44
Gambar 4.5 Respon pergeseran tingkat 2 dan sinyal kontrol yang dibutuhkan saat input berfrekuensi 0.09 rad/s	45
Gambar 4.6 Respon pergeseran tingkat 3 dan sinyal kontrol yang dibutuhkan saat input berfrekuensi 0.13 rad/s	46
Gambar 4.7 Respon pergeseran total dan sinyal kontrol yang dibutuhkan saat diberi input sinusoidal jamak	49
Gambar 4.8 Respon pergeseran total saat diberi input <i>shocking</i>	50
Gambar 4.9 Respon pergeseran saat pengontrol PPF didesain di luar natural frekuensi struktur	51

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai variansi pergeseran dan sinyal kontrol saat input dengan frekuensi naturalnya	47
Tabel 2. Nilai variansi pergeseran dan sinyal kontrol saat input jamak	48
Tabel 3. Nilai variansi pergeseran dan sinyal kontrol saat input <i>shocking</i>	50