

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sistem identifikasi telah secara luas digunakan dalam pengendalian dan monitoring kesehatan struktur. Tujuan dari sistem identifikasi adalah untuk mendapatkan model matematis yang secara akurat menggambarkan karakteristik dinamik sistem (Peeters dan De Roeck, 1997). Menurut Ljung secara konvensional metode sistem identifikasi, baik data eksitasi input maupun data respons output diukur kemudian karakteristik sistem struktur diidentifikasi (Liao dan Zerva, 2004). Dalam kasus ini, model modal struktur mengandung eigenfrekuensi, rasio redaman, bentuk ragam dan faktor partisipasi modal (Peeters dan De Roeck, 2001).

*Experimental Modal Analysis* (EMA) adalah metode yang diadopsi untuk mengidentifikasi parameter dinamis struktur dan menyajikan model matematika atau modal. Metode EMA memperkirakan parameter modal struktur berdasarkan pada gaya input buatan yang diketahui dan output respon yang direkam. Ada beberapa kekurangan dalam proses EMA terutama untuk struktur teknik sipil. Kebanyakan struktur teknik sipil seperti jembatan, bangunan, dan lainnya dipengaruhi beban ambient seperti angin, lalu lintas, pejalan kaki dan karena beban ini tidak terukur, beban input tidak dapat didefinisikan secara persis. Di sisi lain, menggetarkan struktur besar dengan *shacker* atau *impact hammer* sangat mahal dan sulit, jika tidak mustahil (Peeters dan De Roeck, 2001). Alasan-alasan ini memotivasi peneliti untuk mengidentifikasi karakteristik struktur hanya

dengan mempertimbangkan respon dari struktur, terlepas dari beban luar. Algoritma mengestimasi parameter dinamik struktur hanya berdasarkan output respon menjadi populer sebagai *Operational Modal Analysis* (OMA) atau *output-only modal analysis* atau *ambient vibration analysis*. Persamaan dasar algoritma OMA secara matematis mirip dengan metode EMA dan sebagian besar teknik OMA adalah perpanjangan dari algoritma EMA. Perbedaan utama adalah bahwa dalam metode OMA sifat gaya input diasumsikan stokastik (*white noise*), halus dan dianggap terdistribusi secara merata.

Menurut Peeters dan De Roeck (1999a), sesuai dengan domain pelaksanaannya, metode OMA dapat dikategorikan ke dalam pendekatan domain waktu dan domain frekuensi. Teknik OMA yang didasarkan pada analisis respon riwayat waktu atau fungsi korelasi disebut sebagai metode domain waktu. Teknik domain frekuensi untuk tujuan OMA tidak terlalu populer karena masalah pengkodean numerik dan di sisi lain, metode domain waktu biasanya lebih cocok untuk menangani data tercemar, dan dapat menghindari beberapa kesalahan pemrosesan sinyal, seperti kebocoran (Ghalishooyan dan Shooshtari, 2015). Oleh karena itu dalam tesis ini penyusun akan menggunakan pendekatan domain waktu.

Ada beberapa metode domain waktu yang cukup populer dalam teknik OMA yaitu *Natural Excitation Techniques* (NExT), *Auto-Regressive Moving Average* (ARMA), *Stochastic Subspace Identification* (SSI), *Second Order Blind Identification* (SOBI). Penelitian ini akan difokuskan pada aplikasi metode SSI yang telah banyak dikembangkan oleh banyak peneliti. Metode SSI

diklasifikasikan menjadi *Covarians-Driven Stochastic Subspace Identification* (Cov-SSI) dan *Data-Driven Stochastic Subspace Identification* (DD-SSI).

Van Overschee dan De Moor mengusulkan metode DD-SSI pertama pada tahun 1993. Bertentangan dengan algoritma Cov-SSI, metode DD-SSI menghindari perhitungan kovarians antara output. Dalam proses ini, ruang baris dari output masa depan diproyeksikan ke ruang baris dari output masa lalu dengan cara dekomposisi QR matriks data Hankel (Van Overshcee dan De Moor, 1996). Kemudian matriks proyeksi terurai oleh proses *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk identifikasi parameter sistem. Perlu dicatat bahwa Cov-SSI adalah perhitungan yang lebih panjang dari DD-SSI, karena metode Cov-SSI menghitung kovarians oleh *Fast Fourier Transform* (FFT) sedangkan pendekatan DD-SSI lebih cepat karena memanfaatkan faktorisasi QR (Ghalishooyan dan Shoostari, 2015).

Penggunaan metode DD-SSI pada struktur teknik sipil telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu salah satunya adalah Schanke (2015). Dalam penelitiannya yang berjudul "*Operational Modal Analysis of Large Brigade*", ia membandingkan hasil analisis dari beberapa metode OMA baik dalam domain waktu maupun domain frekuensi. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa metode DD-SSI sangat baik menghasilkan frekuensi natural baik dengan redaman rendah maupun tinggi, sedangkan hasil rasio redaman sangat bagus untuk redaman tinggi tetapi tidak terlalu bagus untuk redaman rendah. Penelitian ini menggunakan cara kerja yang hampir sama dengan penelitian yang dilakukan Peteers dkk (1998a) yang berjudul "*Comparison of System Identification Methods*

*Using Operational Data of a Bridge Test*” yang menyimpulkan bahwa DD-SSI menyelesaikan masalah waktu proses dan kebutuhan memori dengan mengurangi jumlah data yang digunakan dalam analisis.

Dalam analisis ini penulis mencoba menerapkan metode DD-SSI yang dikembangkan Schanke (2015) untuk memprediksi parameter dinamik berupa frekuensi alami dan rasio redaman dari tiga model struktur berbeda. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah metode DD-SSI dapat mengidentifikasi parameter dinamik dari konfigurasi struktur yang berbeda.

Penelitian ini tidak hanya menggunakan implementasi program MatLab metode DD-SSI untuk mendapatkan parameter dinamik struktur yang diteliti namun juga membandingkan parameter dinamik yang dihasilkan oleh metode DD-SSI pada model struktur yang utuh dan struktur yang dianggap rusak dengan skenario pengurangan penampang. Perbandingan hasil parameter dinamik ini akan digunakan untuk mencari perbedaan parameter dinamik antara model struktur yang utuh dan rusak sehingga diharapkan akan ditemukan suatu kesimpulan bagaimana mendeteksi kerusakan suatu struktur dengan mengidentifikasi parameter dinamik struktur tersebut.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat dirumuskan masalah dalam tesis ini adalah:

1. Bagaimana mengekstrak parameter dinamik dari data output respons percepatan hasil perhitungan dengan analisis numerik?

2. Bagaimana perbandingan parameter dinamik struktur antara model struktur yang utuh dan model struktur yang rusak?

### 1.3. Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini dapat terfokus pada permasalahan yang ada maka perlu dibuat batasan-batasan masalah. Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Struktur yang ditinjau:
  - a. Model simulasi numerik berupa struktur portal bidang tiga lantai dengan massa terusat, rangka bidang dengan massa terdistribusi, dan balok dengan massa terditribusi.
  - b. Model simulasi numerik dengan konfigurasi yang sama dengan model yang pertama, namun kekuatan model dikurangi dengan mengurangi luas penampang elemen strukturnya.
2. Perhitungan analisis dinamik struktur dilakukan menggunakan program Matlab R2015a.
3. Eksitasi buatan yang dilakukan berupa eksitasi *ambient vibration*.
4. Metode analisis struktur yang digunakan adalah dengan perhitungan eksak, sedangkan untuk mengekstrak parameter dinamik dari data percepatan digunakan algoritma DD-SSI.

#### 1.4. Keaslian Penelitian

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan penulis, judul tesis **PERBANDINGAN PARAMETER DINAMIK STRUKTUR UTUH DAN RUSAK BERDASARKAN *OUTPUT-ONLY OPERATIONAL MODAL ANALYSIS* MENGGUNAKAN METODE *STOCHASTIC SUB-SPACE IDENTIFICATION*** belum pernah dilakukan sebelumnya.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari analisis yang akan dilakukan ini sebagai berikut :

1. Sebagai salah satu ilmu pengetahuan dan menambah wawasan tentang sistem identifikasi struktur berdasarkan *Output-only Operational Modal Analysis* dengan metode DD-SSI.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya.
3. Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat sebagai terapan ilmu yang sudah diperoleh selama kuliah di Program Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

#### 1.6. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk memperoleh parameter dinamik dari data output respons percepatan hasil perhitungan eksak.
2. Untuk memperoleh perbandingan parameter dinamik struktur antara model struktur yang utuh dan model struktur yang rusak.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam enam bab sebagai berikut:

### Bab 1 Pendahuluan

Berisi mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, keaslian tugas akhir, manfaat penelitian, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

### Bab 2 Tinjauan Pustaka

Berisi mengenai uraian teori yang mendasari penelitian yang diperoleh dari peneliti terdahulu tentang *operational modal analysis*, *data-driven stochastic sub-space identification*, pengujian getaran *ambient*.

### Bab 3 Landasan Teori

Berisi uraian dasar-dasar dinamika struktur, model matematis dan persamaan-persamaan yang langsung berkaitan dengan metode DD-SSI yang disusun oleh penulis untuk memecahkan masalah penelitian ini.

### Bab IV Metodologi Penelitian

Berisi bahan dan materi penelitian, alat yang digunakan dalam penelitian, diagram alir penelitian dan tahap-tahap penelitian.

## Bab V Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berisi mengenai hasil-hasil analisis dinamik struktur dan hasil identifikasi parameter dinamik dengan metode DD-SSI, serta komparasi parameter dinamik antara struktur yang utuh dan struktur yang rusak.

## Bab VI Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan.

