

TESIS

**SISTEM IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL
BERDASARKAN ANALISIS NUMERIK-*FREQUENCY*
*DOMAIN DECOMPOSITION***



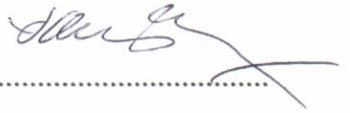

ERIC MARSHAL PAENDONG
NPM : 155102408/PS/MTS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2017



PENGESAHAN TESIS

Nama : ERIC MARSHAL PAENDONG
Nomor Mahasiswa : 155102408/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Sistem Identifikasi Parameter Modal
Berdasarkan Analisis Numerik - *Frequency Domain Decomposition*.

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.	26/07/2017	
Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng	26/07/2017	



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : ERIC MARSHAL PAENDONG
Nomor Mahasiswa : 155102408/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Sistem Identifikasi Parameter Modal
Berdasarkan Analisis Numerik - *Frequency Domain Decomposition*.

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. (Ketua)	26/07/2017	
Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng. (Sekretaris)	26/07/2017	
Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng. (Anggota)	26/07/17	



Ketua Program Studi

(Dr. Ir. Imam Basuki, M.T.)

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ERIC MARSHAL PAENDONG

Nomor Mahasiswa : 155102408

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Konsentrasi : Struktur

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

*SISTEM IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL BERDASARKAN ANALISIS
NUMERIK-FREQUENCY DOMAIN DECOMPOSITION*

Merupakan hasil karya sendiri dan bukan merupakan pekerjaan orang lain ataupun salinan atau hasil jiplakan dari tesis atau karya tulis orang lain. Apabila dikemudian hari ternyata terdapat ketidaksesuaian dengan pernyataan diatas maka penulis bersedia menerima segala sanksi yang akan dikenakan.

Yogyakarta, 21 Juli 2017



ERIC MARSHAL PAENDONG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat, berkat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penyusunan tesis ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atmajaya Jogjakarta.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis telah mendapatkan banyak masukan, saran dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ketua Program Magister Teknik Sipil dan Para Dosen Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik, mengajar dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
2. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng., selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.
3. Staf administrasi pada Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Jogjakarta yang telah bersedia melayani dan membantu penulis selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman seangkatan pada Program Studi Magister Teknik Sipil Kosentrasi Struktur, Menkon, dan Transport Universitas Atma Jaya Jogjakarta antara lain : Pak Step, Bang Happy, Yaya, Mega, Natan, Vian, dan Umbu. Serta

teman – teman yang selalu membantu yaitu : Aan, Gie, Pak De, Bang Ucok, Bang Pachul, Mas Eko, Akib, Bang Tolip.

5. Keluarga yang selalu mendukung, Alm. Papa tercinta dan Mama serta Istri yang selalu menopang dalam doa.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh Karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis dengan senang hati menerima segala masukan dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi penyempurnaan tesis ini. Akhirnya besar harapan penulis, semoga tesis ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi nyata bagi dunia akademis dan praktisi.

Yogyakarta, Juli 2017

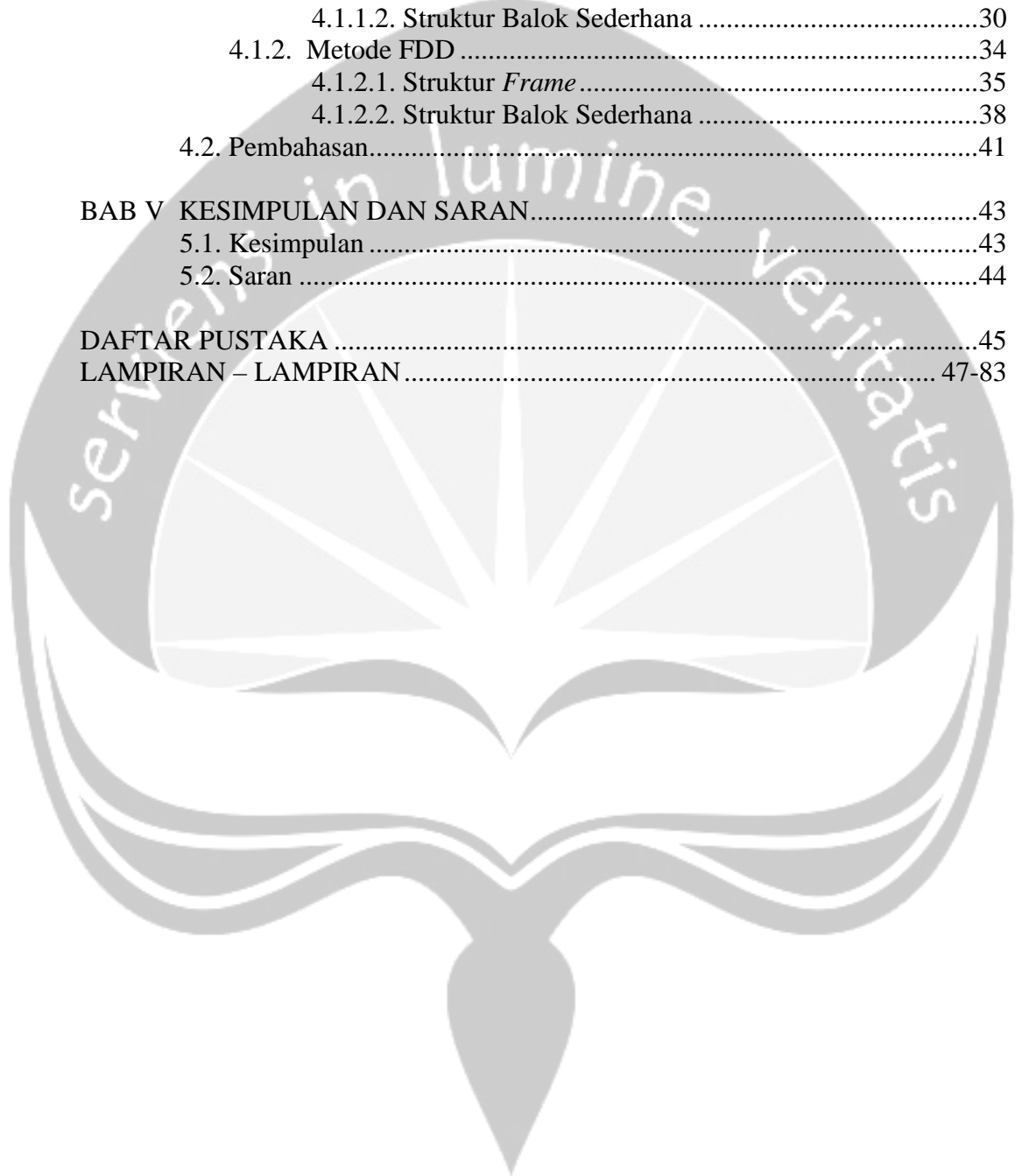
Penulis

ERIC MARSHAL PAENDONG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Analisis Numerik.....	8
2.2.1.1. Persamaan Gerak Pada Model Bangunan Geser.....	8
2.2.1.2. Metode Matriks Kekakuan Struktur.....	10
2.2.1.3. Kondensasi Statik.....	12
2.2.1.4. Massa	14
2.2.1.5. Matriks Redaman	14
2.2.1.6. Parameter Modal	15
2.2.1.7. Metode Runge-Kutta.....	16
2.2.2. Metode FDD	18
2.2.2.1. Latar Belakang Teoritis Metode FDD	19
2.2.2.2. Alogaritma Identifikasi FDD	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Bahan atau Materi Penelitian	22
3.2. Alat Penelitian.....	23
3.3. Diagram Alir Penelitian	23
3.4. Penjelasan Diagram Alir.....	25

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Hasil Analisis	27
4.1.1. Analisis Numerik	27
4.1.1.1. Struktur <i>Frame</i>	27
4.1.1.2. Struktur Balok Sederhana	30
4.1.2. Metode FDD	34
4.1.2.1. Struktur <i>Frame</i>	35
4.1.2.2. Struktur Balok Sederhana	38
4.2. Pembahasan.....	41
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	44
 DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	47-83



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Frekuensi alami struktur (ω_n) – Analisis Numerik	29
Tabel 4.2. Periode Getar (T) – Analisis Numerik	30
Tabel 4.3. Mode Getar (T) – Analisis Numerik	30
Tabel 4.4. Frekuensi alami Dengan Metode FDD (ω_n)	37
Tabel 4.5. Periode Getar Dengan Metode FDD (ω_n)	38
Tabel 4.6. Perbandingan Frekuensi alami (ω_n) struktur pada struktur <i>frame</i>	41
Tabel 4.7. Perbandingan Periode getar (T) struktur pada struktur <i>frame</i>	41
Tabel 4.8. Perbandingan Frekuensi alami (ω_n) struktur pada struktur balok sederhana	42
Tabel 4.9. Perbandingan Periode getar (T) pada struktur balok sederhana	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Model bangunan geser	8
Gambar 2.2. Model kolom tunggal, model matematis, dan <i>free body</i> diagram.....	9
Gambar 2.3. Kondensasi statik pada struktur <i>frame</i>	13
Gambar 2.4. Contoh plot nilai singular.....	21
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 4.1. Model struktur <i>frame</i> 5 lantai.....	29
Gambar 4.2. Struktur balok sederhana dan penomoran derajat kebebasan.....	31
Gambar 4.3. Input data percepatan pada struktur <i>frame</i>	35
Gambar 4.4. Penyelesaian dengan metode FDD pada struktur <i>frame</i>	36
Gambar 4.5. Grafik output <i>singular value</i> struktur <i>frame</i> (tipe <i>line</i>).....	36
Gambar 4.6. Grafik output <i>singular value</i> struktur <i>frame</i> (tipe <i>stem</i>)	37
Gambar 4.7. Input data percepatan pada struktur balok sederhana.....	38
Gambar 4.8. Penyelesaian dengan metode FDD pada struktur balok sederhana	39
Gambar 4.9. Grafik output <i>singular value</i> struktur balok sederhana (tipe <i>line</i>)	39
Gambar 4.10. Grafik output <i>singular value</i> struktur balok sederhana (tipe <i>stem</i>)	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Input dan output – matlab pada struktur <i>frame</i> (Analisis Numerik).....	47
Lampiran 2. Input dan output – matlab pada struktur balok sederhana (Analisis Numerik).....	55
Lampiran 3. Ouput – Metode FDD pada struktru <i>frame</i>	63
Lampiran 4. Ouput – Metode FDD pada struktru balok sederhana.....	76



INTISARI

Analisis numerik dan *Frequency Domain Decomposition* (FDD) merupakan cara untuk mendapatkan parameter modal dari suatu struktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi parameter modal yang dihasilkan dengan analisis numerik dan dengan menggunakan metode FDD. Berkembangnya ilmu dalam bidang teknik sipil, mengharuskan para peneliti untuk melakukan monitoring kesehatan struktur dengan melakukan identifikasi parameter modal struktur. Dalam penelitian ini identifikasi parameter modal dilakukan terhadap struktur frame 5 lantai dengan model bangunan geser dan struktur balok sederhana (*simple beam*) yang terkena beban dinamik.

Untuk analisis numerik, berdasarkan data dari struktur yang berupa kekakuan, massa, dan redaman struktur maka didapatkan data percepatan struktur dan parameter modal dari masing masing struktur. Dari data percepatan yang dihasilkan oleh masing masing struktur kemudian diolah menggunakan metode FDD. Berdasarkan metode FDD, data percepatan yang sebagai input diolah untuk mendapatkan parameter modal tanpa mengetahui data dari struktur yang berupa kekakuan, massa, dan redaman. Parameter modal yang dihasilkan oleh masing masing metode, kemudian dievaluasi dan dibandingkan apakah metode FDD cukup akurat untuk digunakan sebagai metode identifikasi struktur dengan rasio yang dibatasi antara kedua metode kurang dari 10%. Dalam penelitian ini, pengolahan data menggunakan *software* Matlab R2014a

Kata kunci : analisis numerik, *Frequency Domain Decomposition* (FDD), parameter modal, *frame*, balok sederhana.

ABSTRACT

Numerical Analysis and Frequency Domomain Decomptition (FDD) is a way to derive the modal parameters of a structure. This study aims to evaluate the modal parameters generated by numerical analysis and by using the FDD method. The development of science in the field of civil engineering, requires researchers to conduct health monitoring structure by identifying the modal parameters of structure. In this research, the identification of modal parameters applied on 5-storey frame structure with shear building model and simple beams that are exposed to dynamic load

For numerical analysis, based on data from structures in the form of stiffness, mass, and damping of the structure, can get acceleration data of structure and modal parameters of each structure. From the acceleration data generated by each structure then processed using the FDD method. Based on the FDD method, the acceleration data as inputs are processed to obtain the modal parameters without knowing the data from structures in the form of stiffness, mass, and damping. The modal parameters generated by each method are then evaluated and compared whether the FDD method is accurate enough to be used as a structural identification method with a constrained ratio between the two methods of less than 10%. In this research, data processing using Matlab R2014a.

Keywords : Numerical Analysis, Frequency Domain Decomposition (FDD), Modal Parameters, Frame, Simple Beam,