

TESIS

**IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIMULASI
NUMERIK - *FREQUENCY DOMAIN
DECOMPOSITION***



STEPHANUS OLA DEMON
NPM : 155102424/PS/MTS

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



PENGESAHAN TESIS

Nama : STEPHANUS OLA DEMON
Nomor Mahasiswa : 155102424/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Identifikasi Parameter Modal dengan Menggunakan Metode Simulasi 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	



PENGESAHAN TESIS

Nama : STEPHANUS OLA DEMON
Nomor Mahasiswa : 155102424/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Identifikasi Parameter Modal dengan Menggunakan Metode Simulasi Numerik - *Frequency Domain Decomposition*.

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. (Ketua)	26/7/2017	
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 : STEPHANUS OLA DEMON

Nomor Mahasiswa : 155102424

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Konsentrasi : Struktur

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

*IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL DENGAN MENGGUNAKAN
METODE SIMULASI 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



STEPHANUS OLA DEMON

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat 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, bimbingan dan dukungan 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. Pimpinan dan segenap karyawan-karyawati PT. Bumi Indah yang selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan dan motivasi dalam penyusunan tesis ini.

5. Teman-teman seangkatan (Dian, Eric, Mega dan Sungsang) pada Program Studi Magister Teknik Sipil Konsentrasi Struktur Universitas Atma Jaya Jogjakarta dengan caranya masing-masing telah membantu penulis selama masa perkuliahan dan penyusunan tesis ini.

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.

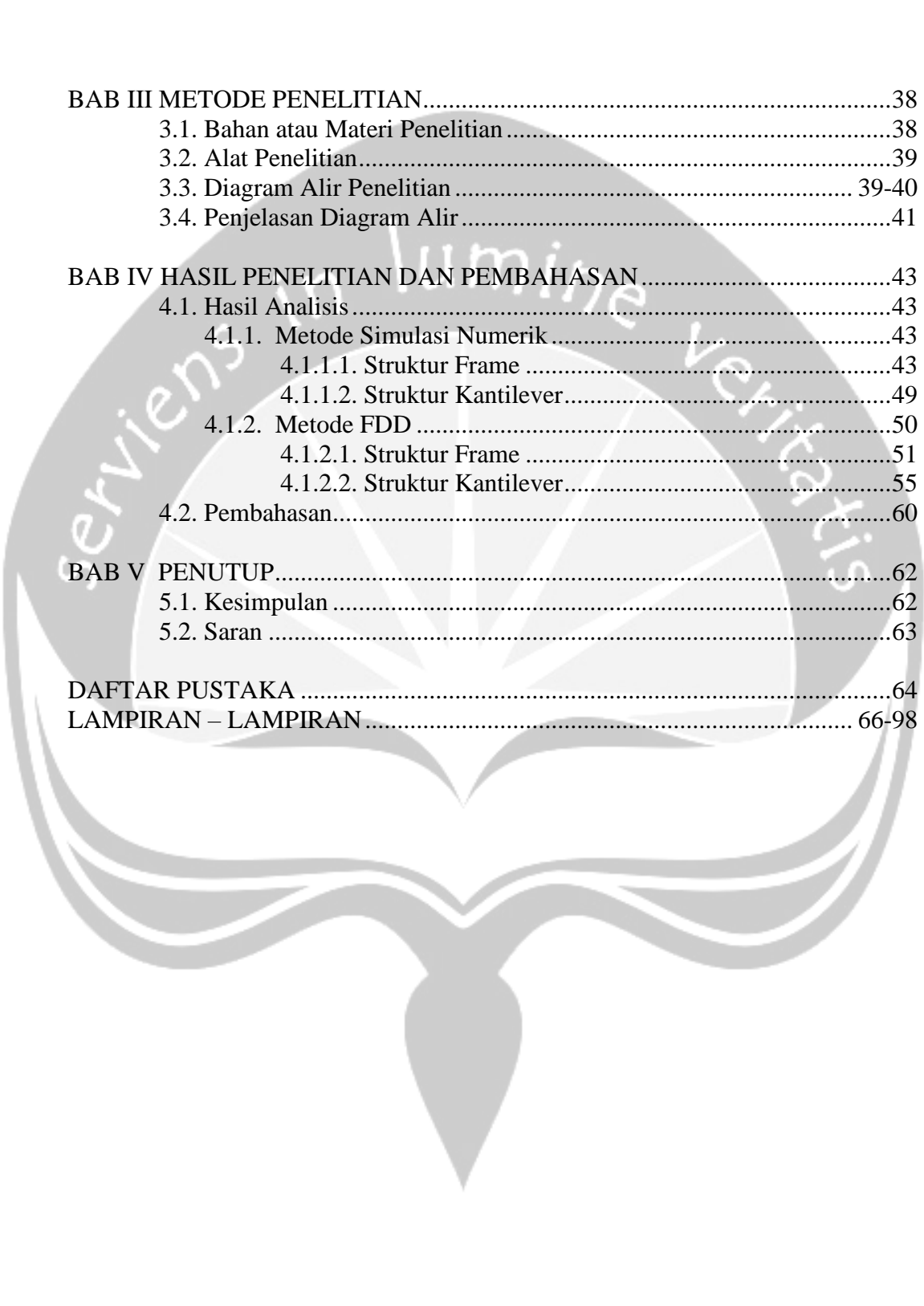
Yogyakarta, Juli 2017

Penulis

STEPHANUS OLA DEMON

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBARAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....	ii
LEMBARAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Keaslian Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2. Landasan Teori.....	9
2.2.1. Derajat Kebebasan.....	9
2.2.1.1. Sistem Derajat Kebebasan Tunggal.....	10
2.2.1.2. Sistem Derajat Kebebasan Banyak.....	12
2.2.2. Parameter Modal.....	14
2.2.2.1. Periode Getar.....	14
2.2.2.2. Mode Getar.....	15
2.2.2.3. Redaman.....	16
2.2.3. Identifikasi Parameter Modal Dengan Simulasi Numerik....	17
2.2.3.1. Kekakuan Struktur.....	17
2.2.3.2. Model Dengan Diafragma Kaku.....	23
2.2.3.3. Kondensasi Statik.....	25
2.2.3.4. Massa.....	26
2.2.4. Identifikasi Parameter Modal Dengan Motode FDD.....	27
2.2.4.1. Umum.....	27
2.2.4.2. Domain Waktu.....	28
2.2.4.3. Domain Frekuensi.....	29
2.2.4.4. Respons Frekuensi.....	30
2.2.4.5. Metode Welch.....	32
2.2.4.6. Metode Domain Frekuensi.....	35



BAB III METODE PENELITIAN	38
3.1. Bahan atau Materi Penelitian	38
3.2. Alat Penelitian.....	39
3.3. Diagram Alir Penelitian	39-40
3.4. Penjelasan Diagram Alir	41
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Analisis	43
4.1.1. Metode Simulasi Numerik	43
4.1.1.1. Struktur Frame	43
4.1.1.2. Struktur Kantilever.....	49
4.1.2. Metode FDD	50
4.1.2.1. Struktur Frame	51
4.1.2.2. Struktur Kantilever.....	55
4.2. Pembahasan.....	60
BAB V PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN – LAMPIRAN	66-98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rekomendasi nilai rasio redaman untuk tipe dan jenis struktur	17
Tabel 4.1. Frekuensi alami struktur – Simulasi Numerik	47
Tabel 4.2. Periode Getar – Simulasi Numerik	48
Tabel 4.3. Mode Getar – Simulasi Numerik	48
Tabel 4.4. Frekuensi alami struktur – Metode FDD	54
Tabel 4.5. Periode Getar – Metode FDD	55
Tabel 4.6. Identifikasi frekuensi alami struktur pada struktur frame	60
Tabel 4.7. Identifikasi periode getar struktur pada struktur frame	60
Tabel 4.8. Identifikasi frekuensi alami struktur pada struktur Kantilever	60
Tabel 4.9. Identifikasi periode getar struktur pada struktur Kantilever	61

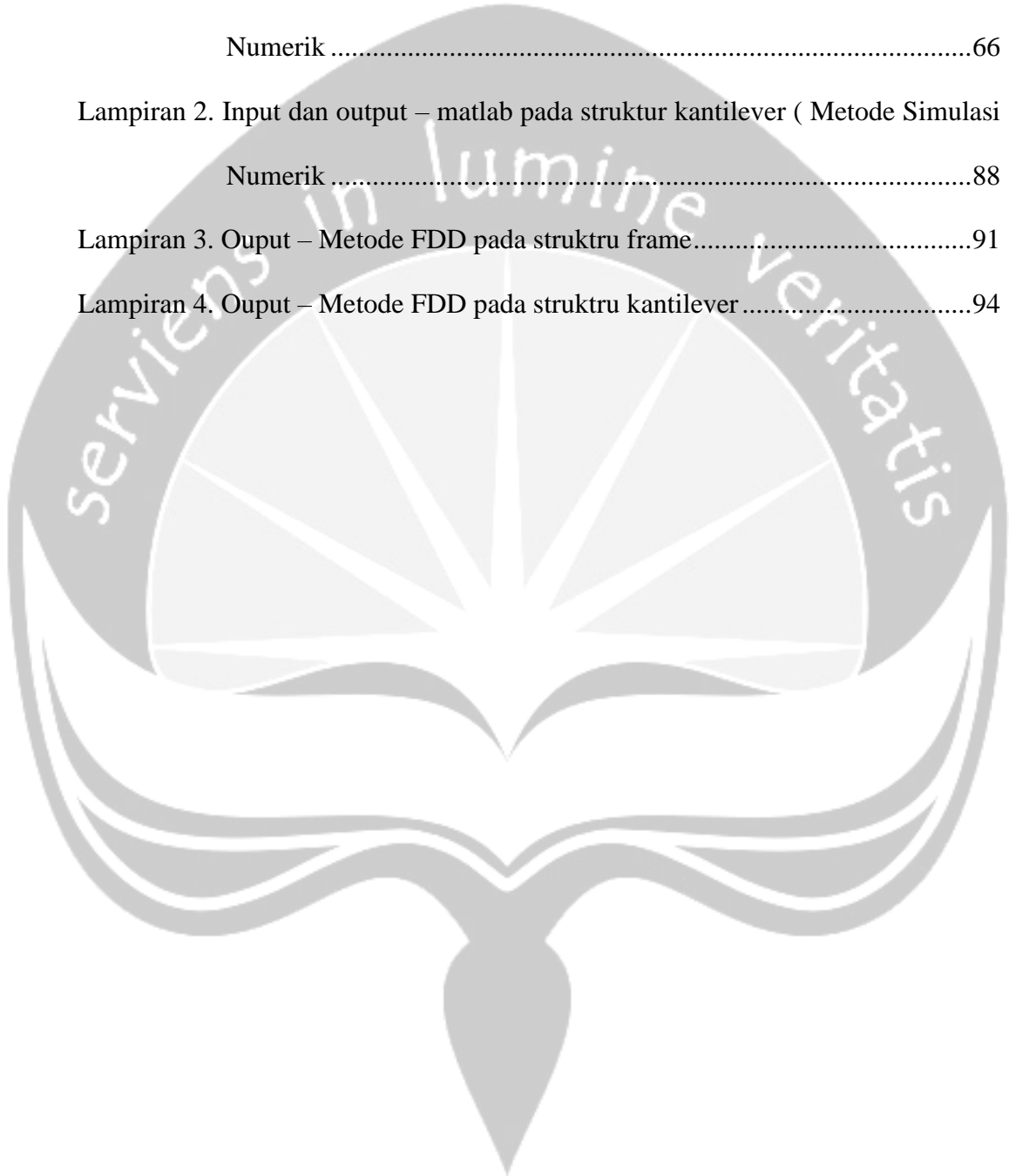
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Struktur frame	5
Gambar 1.2. Struktur kantilever	5
Gambar 2.1. Geometri model bangunan dua lantai.....	7
Gambar 2.2. Struktur jembatan rangka warren	8
Gambar 2.3. Struktur jembatan Hardanger	9
Gambar 2.4. Modelisasi SDOF	10
Gambar 2.5. Modelisasi Kesetimbangan SDOF Dinamik	11
Gambar 2.6. Modelisasi MDOF	12
Gambar 2.7. Getaran bebas sistem tak teredam pada mode getaran pertama	14
Gambar 2.8. Getaran bebas sistem tak teredam pada mode getar kedua	15
Gambar 2.9. Perpindahan pada elemen portal bidang dan siple beam dalam koordinat lokal.....	18
Gambar 2.10. Gaya – gaya pada elemen portal bidang dan simple beam dalam koordinat lokal.....	19
Gambar 2.11. Transformasi dari perpindahan {u} pada salib sumbu lokal (x,y) ke perpindahan {U} pada salib sumbu global (X,Y)	20
Gambar 2.12. Transformasi dari gaya batang{S} pada salib sumbu lokal (x-y) ke gaya - gaya {P} pada salib sumbu global (X-Y)	22
Gambar 2.13. Perbedaan antara model standar dan model dengan diafragma kaku	24
Gambar 2.14. Rectangular window.....	33

Gambar 2.15. Triangular window	34
Gambar 2.16. Hanning window	35
Gambar 2.17. Contoh plot nilai Singular	37
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 4.1. Penomoran dan perpindahan pada frame	43
Gambar 4.2. Struktur kantilever.....	49
Gambar 4.3. Input load data (data percepatan) pada struktur frame.....	51
Gambar 4.4. Solve – Metode FDD pada struktur frame	52
Gambar 4.5. Grafik Singular value plots pada struktur frame	53-54
Gambar 4.6. Input load data (data percepatan) pada struktur kantilever	56
Gambar 4.7. Solve – Metode FDD pada struktur kantilever	57
Gambar 4.8. Grafik Singular value plots pada struktur kantilever	58-59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Input dan output – matlab pada struktur frame (Metode Simulasi Numerik	66
Lampiran 2. Input dan output – matlab pada struktur kantilever (Metode Simulasi Numerik	88
Lampiran 3. Ouput – Metode FDD pada struktru frame.....	91
Lampiran 4. Ouput – Metode FDD pada struktru kantilever	94



INTISARI

Komunitas peneliti dibidang rekayasa ketekniksipilan kini berinovasi dengan melakukan penelitian berupa rekayasa berkebalikan (*inverse engineering*). Munculnya rekayasa berkebalikan ini mengindikasikan bahwa para desainer (ahli struktur) sudah saatnya tidak hanya berorientasi pada desain struktur semata, namun harus mampu mendeteksi dan atau memonitor kesehatan struktur berdasarkan parameter modal dari struktur. Dalam mengidentifikasi parameter modal tersebut maka ditinjau dua model struktur yaitu struktur frame dan struktur kantilever. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi parameter modal (frekuensi alami struktur (ω_n), periode getar (T) dan mode getar (ϕ)) berdasarkan metode simulasi numerik dengan bantuan *software - Matlab* yang dikembangkan dalam Arfiadi (1996) dan membandingkannya dengan metode *frequency domain decomposition* (FDD) yang dikembangkan oleh Brincker (2000) dengan mengikuti program Schanke (2015). Kelebihan metode FDD adalah bahwa metode ini bersifat sistem output (*output only*) sehingga hanya memerlukan respon dari struktur baik respon percepatan maupun respon perpindahan.

Berdasarkan hasil analisis dari kedua model struktur tersebut, baik dengan menggunakan metode simulasi numerik dengan bantuan *software - Matlab* yang dikembangkan dalam Arfiadi (1996) maupun dengan metode FDD yang dikembangkan oleh Brincker (2000) dengan mengikuti program Schanke (2015) menunjukkan hasil identifikasi cukup memuaskan. Adapun perbandingan hasil identifikasi parameter modal antara metode simulasi numerik dengan metode FDD yaitu :frekuensi alami struktur (ω_n) untuk struktur *frame* sebesar 5,21 % untuk mode satu ; 3,38 % untuk mode dua dan 3,01 % untuk mode tiga. Sedangkan pada struktur kantilever sebesar 2,98 % . Periode getar (T) untuk struktur frame sebesar 5,17 % untuk mode satu ; 3,35 % untuk mode dua dan 2,95 % untuk mode tiga sedangkan pada struktur kantilever sebesar 2,93 %.

Hasil perbandingan parameter modal tersebut mengindikasikan bahwa metode FDD yang dikembangkan oleh Brincker (2000) dengan mengikuti program Schanke (2015) berhasil dengan sangat baik untuk diaplikasikan pada struktur frame dan struktur kantilever dalam mengidentifikasi parameter modal.

Kata kunci : Parameter modal, frame, kantilever, simulasi numerik, *frequency domain decomposition*.

ABSTRACT

The research community in the field of civil engineering is now innovating by doing research in the form of inverse engineering. The emergence of this opposite engineering indicates that the designers not only oriented to the design of the structure, but must be able to detect or monitoring the health of structures based on the modal parameters of the structure. In identifying the modal parameters, The structure under review is frame and cantilever structure. The purpose of this research is to identify the modal parameters (natural frequency (ω_n), period (T) and mode shape (ϕ)). Based on the numerical simulation method using Matlab program developed by Arfiadi (1996) and comparing it with the method of frequency domain decomposition (FDD) developed by Brincker (2000) by following the Matlab program developed by Schanke (2015). The advantage of the FDD method is that it is an output only system that requires only the response of the structure of both the acceleration response and the displacement response. Based on the analysis of both structural models, using numerical simulation method using Matlab program developed by Arfiadi (1996) and with FDD method developed by Brincker (2000) by following Matlab program developed by Schanke (2015) showed satisfactory result of identification. Comparison of result of identification of modal parameter between numerical simulation method with FDD method that is: natural frequency of structure (ω_n) for frame structure 5,21% for first mode; 3.38% for second mode and 3.01% for third mode. While on the cantilever structure is 2.98%. Vibration period (T) for frame structure of 5.17% for first mode; 3.35% for second mode and 2.95% for third mode, while on cantilever structure was 2.93%.

The result of the comparison of modal parameters indicates that the FDD method developed by Brincker (2000) by following the Matlab program developed by Schanke (2015) works very well to be applied to the frame structure and cantilever structure in identifying the modal parameters.

Keywords: Modal parameters, frame, cantilever, numerical simulation, frequency domain decomposition.