

TESIS

**IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL DAN
KERUSAKAN STRUKTUR OLEH BEBAN
OPERASIONAL**



ALAN PUTRANTO
NPM : 165102570/PS/MTS

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



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : ALAN PUTRANTO
Nomor Mahasiswa : 165102570/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Identifikasi Parameter Modal dan
Kerusakan Struktur Oleh Beban
Operasional

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.

3 Oktober 2017

Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng

03/10/2017



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : ALAN PUTRANTO
Nomor Mahasiswa : 165102570/PS/MTS
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Identifikasi Parameter Modal dan
Kerusakan Struktur Oleh Beban
Operasional

Nama Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D. (Ketua)	30 Oktober 2017	
Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng. (Sekretaris)	03/10/2017	
Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng. (Anggota)	07/10/17	

Ketua Program Studi

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

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ALAN PUTRANTO

Nomor Mahasiswa : 165102570

Program Studi : Magister Teknik Sipil

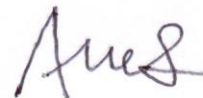
Konsentrasi : Struktur

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

IDENTIFIKASI PARAMETER MODAL DAN KERUSAKAN STRUKTUR
OLEH BEBAN OPERASIONAL

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 di atas maka penulis bersedia menerima segala sanksi yang akan diberikan oleh pihak Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY).

Yogyakarta, 19 September 2017



ALAN PUTRANTO

KATA PENGANTAR

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

Selama penyusunan tesis ini, penulis telah mendapatkan banyak masukan, pengalaman serta saran dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktur program pasca sarjana UAJY, Ketua Program Magister Teknik Sipil dan para dosen pengajar Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik, mengajar dan membantu penulis selama masa perkuliahan di UAJY.
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 berdiskusi, memberikan bimbingan, arahan serta motivasi dalam penyusunan tesis ini.
3. Staf admin Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia melayani dan membantu penulis selama masa perkuliahan.

4. Teman-teman seangkatan dan senior pada Program Studi Magister Teknik Sipil teman – teman yang selalu membantu yaitu : Senior Step Ola Demon, senior Eric, mas Happy, mas Salman Akhter, Stev Rada junior, David Kenichi R, om Gilbertho D.C, Jefri Moa.
5. Keluarga yang selalu mendukung, Ayah Ig Martono dan Ibu Emilia serta adik Leon Wijanarko.
6. Partner yang setia mendengarkan keluh kesah selama berproses dan motivator yang cukup besar berkontribusi pada penyusunan laporan thesis ini, nona Thea.
7. Rekan-rekan seperjuangan di Yogya : Dini, Fitri, Utomo, Risdan, Desyana dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Laporan ini jauh dari kesempurnaan dan hanya sebagian kecil dari luasnya ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil terutama dinamika struktur dan deteksi kerusakan. Saran dan masukan yang sifatnya membangun dan dapat berkontribusi pada perkembangan ilmu keteknik sipilan sangat diharapkan demi menciptakan enjinir-enjinir yang handal dan kompetitif pada era globalisasi seperti saat ini.

Yogyakarta, September 2017

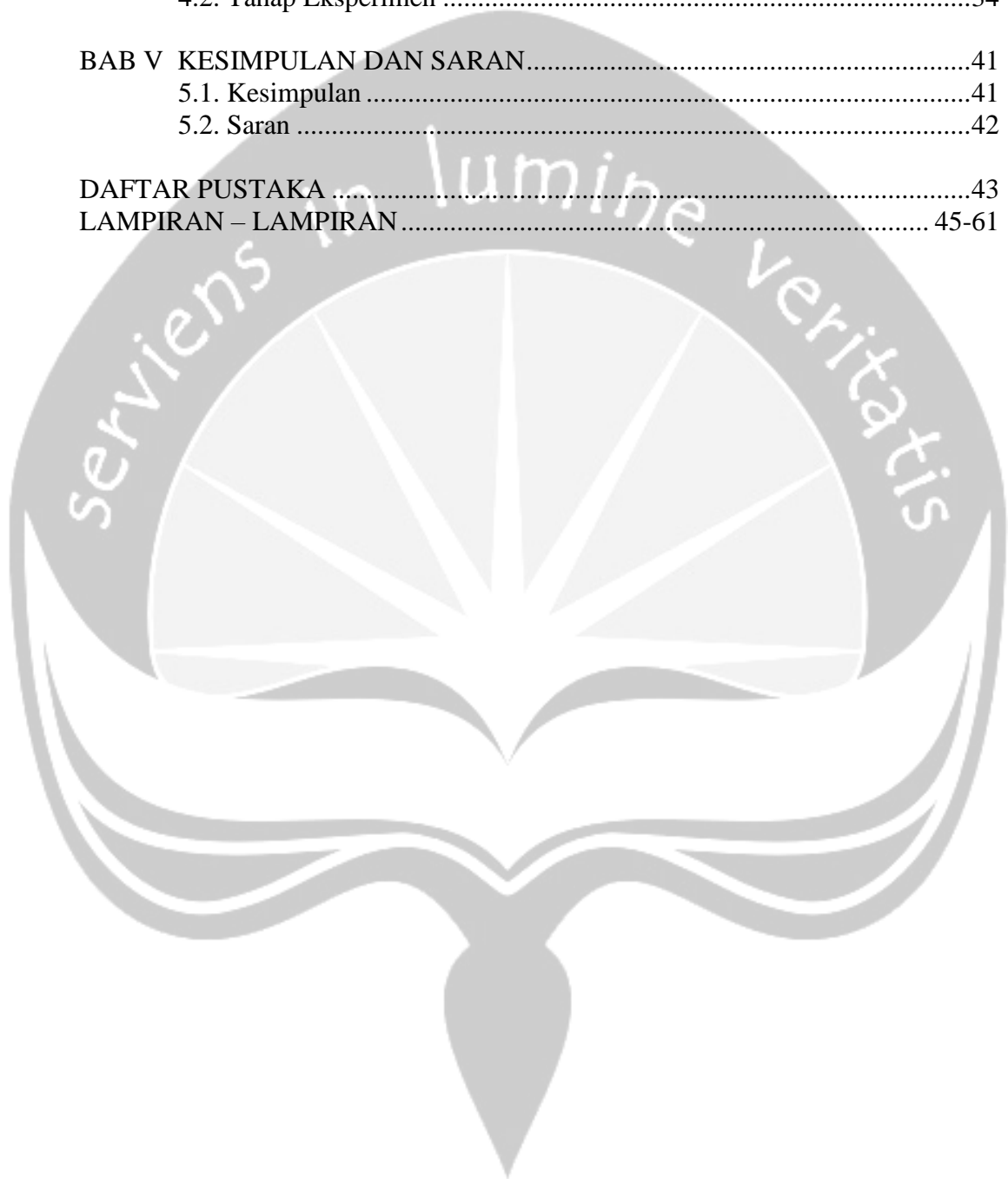
Penulis

Alan Putranto

DAFTAR ISI

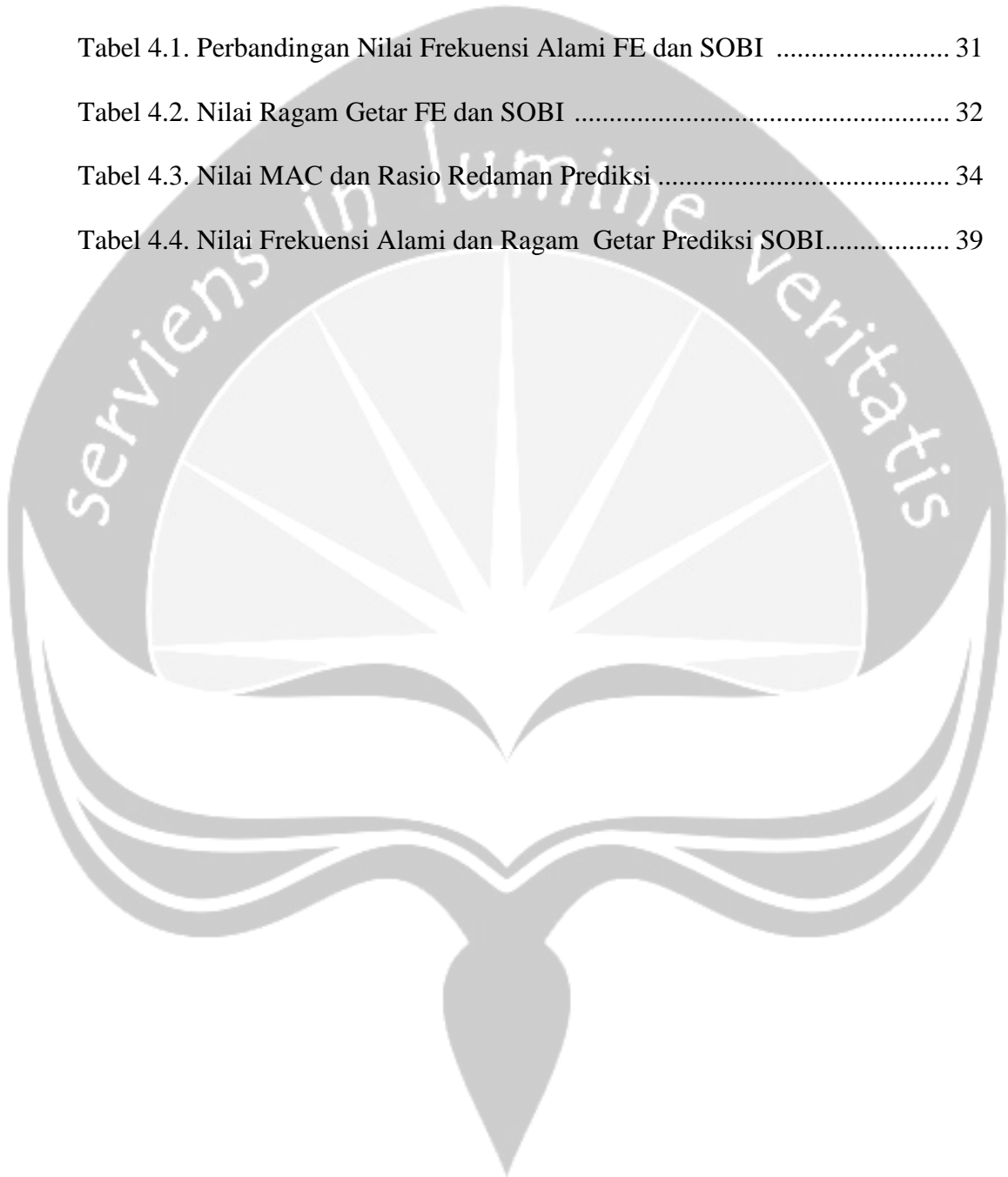
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBARAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
INTISARI.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Keaslian Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Tujuan Penelitian	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	 6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Analisis Numerik Struktur Truss Rangka Bidang	8
2.2.1.1. Matriks Kekakuan dan Matriks Massa.....	8
2.2.1.2. Matriks Redaman	9
2.2.1.3. Transformasi Koordinat	10
2.2.1.4. Kondensasi Statik.....	11
2.2.2. <i>Signal Processing</i>	13
2.2.2.1. Data dan Proses Random	13
2.2.2.2. Transformasi Fourir Diskrit (DFT)	14
2.2.2.3. <i>State Space Model</i>	15
2.2.3. Metode <i>Second Order Blind Identification</i> (SOBI).....	20
2.2.4. Deteksi Kerusakan	22
 BAB III METODE PENELITIAN.....	 25
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2. Alur Penelitian	26
3.3. Metode Penelitian	27

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Tahap Analisis	28
4.2. Tahap Eksperimen	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN – LAMPIRAN	45-61



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kondisi Kriteria Rasio Frekuensi.....	24
Tabel 4.1. Perbandingan Nilai Frekuensi Alami FE dan SOBI	31
Tabel 4.2. Nilai Ragam Getar FE dan SOBI	32
Tabel 4.3. Nilai MAC dan Rasio Redaman Prediksi	34
Tabel 4.4. Nilai Frekuensi Alami dan Ragam Getar Prediksi SOBI.....	39

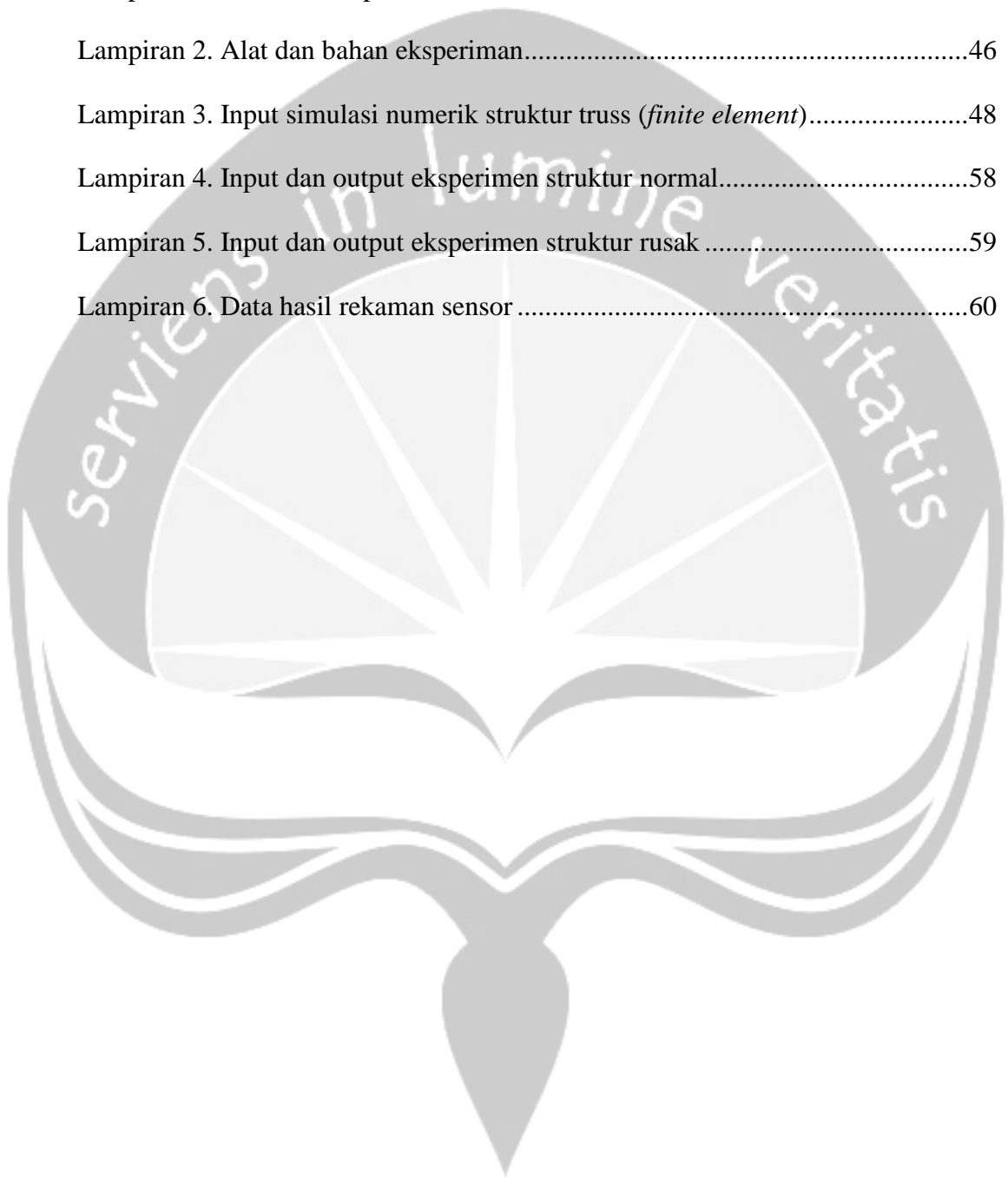


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Elemen struktur truss dengan koordinat nodal	8
Gambar 2.2. Kondensasi statik pada struktur tiga lantai	12
Gambar 3.1. Skema pemasangan alat dan benda uji	25
Gambar 3.2. Diagram Alur Penelitian.....	26
Gambar 4.1. Respon struktur akibat <i>ambient vibration</i>	30
Gambar 4.2. Ragam bentuk 1	33
Gambar 4.3. Ragam bentuk 2.....	33
Gambar 4.4. Ragam bentuk 3.....	33
Gambar 4.5. <i>Sensor Setting Configuration</i>	35
Gambar 4.6. <i>Time setting</i>	36
Gambar 4.7. Mekanisme kerusakan dan pemasangan sensor	37
Gambar 4.8. Ekstrak data	37
Gambar 4.9. Respon struktur normal	38
Gambar 4.10. Respon struktur rusak.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Prosedur eksperimen	45
Lampiran 2. Alat dan bahan eksperiman.....	46
Lampiran 3. Input simulasi numerik struktur truss (<i>finite element</i>).....	48
Lampiran 4. Input dan output eksperimen struktur normal.....	58
Lampiran 5. Input dan output eksperimen struktur rusak	59
Lampiran 6. Data hasil rekaman sensor	60



INTISARI

Perilaku dinamik dan identifikasi sistem merupakan isu yang sangat penting bagi para praktisi teknik sipil terutama enjinir struktur. Identifikasi sistem menggunakan metode *Second order blind identification* (SOBI) merupakan metode non parametrik domain waktu yang digunakan sebagai analisis modal operasional (OMA) pada penelitian struktur truss rangka bidang guna mengestimasi parameter modal struktur yang diberikan input beban sembarang dan tak terukur (*ambient vibration*).

Metode SOBI divalidasi dengan *finite element* (FE) kemudian digunakan untuk memprediksi nilai parameter modal struktur model eksperimen. Hasil data rekaman respon struktur normal dan rusak menggunakan USB akselerometer X16-1D kemudian diolah dan data tersebut dilakukan *load* ke program matlab *ExpNor15mts.m* dan *ExpDmg15mts.m* sehingga dihasilkan parameter modal struktur. Parameter modal struktur tersebut pada saat keadaan struktur normal untuk nilai frekuensi dan ragam getar secara berturut-turut adalah 68,6925 rad/s dan 40,7983, sedangkan pada saat kondisi rusak diperoleh 50,9254 rad/s dan 30,9473. Nilai rasio frekuensi mengalami penurunan sebesar 34,8884 %. Pada penelitian ini, deteksi kerusakan hanya didasarkan pada rasio frekuensi. Deteksi kerusakan tidak dapat dilihat dari nilai *modal assurance criterion* (MAC) karena hanya memiliki satu nilai ragam getar. Metode SOBI cukup akurat untuk estimasi parameter modal struktur terutama frekuensi, tetapi hanya bisa mengestimasi nilai rasio redaman yang sangat kecil dan kurang efektif untuk estimasi ragam getar kedua dan ketiga.

Kata kunci : *Second order blind identification* (SOBI), *finite element* (FE), analisis modal operasional (OMA), parameter modal struktur, truss rangka bidang.

ABSTRACT

Dynamic behavior and system identification are very important issues for civil engineering practitioners, especially structural engineers. System identification using Second order blind identification (SOBI) method is non parametric identification of time domain that used in operational modal analysis (OMA) base on experiment of plane truss with ambient excitation.

SOBI method is validated with a finite element (FE) then used to estimate the modal parameter of the experimental model structure. The results of recorded data of normal and damaged structure response using USB accelerometer X16-1D then processed and the data is loaded in matlab program *ExpNor15mts.m* and *ExpDmg15mts.m* to estimate the modal parameters of model structure. The modal parameters at normal state for frequency and mode shape are 68,6925 rad/s and 40,7983 respectively, while at damage state 50,9254 rad/s and 30,9473 respectively. The value of the frequency ratio decreased by 34.8884%. In this study, damage detection is only based on the frequency ratio. Damage detection can not be check from the value of modal assurance criterion (MAC) because it only has one mode shape in experimental result. The SOBI method is accurate for estimate the modal parameters, especially for frequency, but it can only estimate damping ratio with very small value and less effective to estimate the second and third mode shape.

Keywords: Second order blind identification (SOBI), finite element (FE), Operational Modal Analysis (OMA), modal parameters, plane truss.