

ABSTRAK

Masalah dalam akustik dapat berupa masalah *direct* maupun *inverse*. Dikatakan masalah *inverse* bila tekanan akustik atau potensial kecepatan pada permukaan benda dapat diketahui dengan mengetahui tekanan sembarang titik di medan akustik dan sebaliknya untuk masalah *direct*.

Metode numerik untuk memecahkan masalah akustik antara lain dengan menggunakan Metode Elemen Batas (*Boundary Element Method* , BEM). Keuntungan dari Metode Elemen Batas (BEM) adalah pemecahan masalah tiga dimensi menggunakan cara dua dimensi. Pada masalah *inverse*, matriks yang *ill-conditioned* dapat muncul sewaktu menyelesaikan persamaan matriks permukaan pada frekuensi karakteristik tertentu. *Singular Value Decomposition* (SVD) digunakan untuk mendapatkan invers dari matriks yang singular. Kemudian regularisasi Tikhonov atau regularisasi GCV ditambahkan untuk menekan *error* yang mungkin terjadi.

Dalam tugas akhir ini, program untuk menyelesaikan masalah invers akustik dengan BEM ini dibuat dalam bahasa Fortran. Uji kasus yang dilakukan melibatkan kasus radiasi bola, dan radiasi silinder.

Dari hasil uji kasus, rata-rata *error* yang terjadi pada kasus radiasi bola adalah 1% - 10% dengan regularisasi Tikhonov dan 2% - 14% dengan regularisasi GCV.

Untuk kasus radiasi silinder, *error* yang terjadi adalah 2% - 13% dengan regularisasi Tikhonov dan 2% - 23% dengan regularisasi GCV pada bagian dengan tangen unik.

Sementara pada bagian dengan tangen tidak unik, *error* yang terjadi sangat besar. Perlu perbaikan lebih lanjut pada program untuk menganalisis masalah tangen yang tidak unik.

ABSTRACT

Problems in Acoustics can be direct or inverse. Defined as inverse problems when the acoustic pressure or normal velocity on the surface of vibrating object is determined by knowing the pressure at any field point and vice versa.

Numeric method to solve problems in Acoustic is Boundary Element Method (BEM). The major advantage of Boundary Element Method (BEM) is to solve three-dimensional problem using two-dimensional treatment. In the inverse problems, ill-conditioned matrix may arise when solving the surface matrix equation at certain characteristic frequencies. Singular Value Decomposition (SVD) is used to obtain the inverse of singular matrix. Then, Tikhonov regularization or GCV regularization can be used to suppress the error that may take place.

In this final assignment, the program for solving inverse acoustic problems using Boundary Element Method is built in Fortran programming language. Test cases are carried out involving radiation of sphere, and radiation of cylinder.

From results of test cases, the average error that occur in radiation-of-sphere case is 1% - 10% with Tikhonov regularization and 2% - 14% with GCV regularization. Radiation-of-cylinder case makes error at 2% - 13 with Tikhonov regularization and 2% - 23% with GCV regularization at unique tangent. Meanwhile, at non-unique tangent, the error that arises is extremely large. So, the program needs to be repaired for analyzing non-unique tangent.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN

Abstrak.....	i
Abstract.....	ii
Kata pengantar.....	iii
Daftar isi.....	v
Daftar gambar.....	viii
Daftar tabel.....	x

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Tugas Akhir.....	2
I.4. Pembatasan Masalah.....	3
I.5. Sistematika Penulisan.....	3

BAB II LANDASAN TEORI

II.1. Persamaan Integral Helmholtz.....	5
II.2. Evaluasi Integral Eliptik.....	7
II.3. Diskritisasi Generator Benda.....	10
II.4. Diskritisasi Permukaan dengan Elemen Isoparametrik.....	11
II.5. Persamaan Matriks Integral Helmholtz.....	13
II.5.1. Persamaan Matriks Integral Helmholtz untuk Benda Axisymmetri.....	13
II.6. Formulasi <i>Gaussian Quadrature</i>	15
II.7. Operasi Matriks Formulasi Invers.....	16
II.8. <i>Singular Value Decomposition</i> (SVD).....	18
II.8.1. Regularisasi Tikhonov.....	19
II.8.2. <i>Generalized Cross Validation</i> (GCV).....	21

BAB III REALISASI PROGRAM

III.1. Distribusi Titik untuk Input Program.....	22
III.1.1. Distribusi Titik Permukaan Benda.....	22
III.1.2. Distribusi Titik Ukur.....	25
III.2. Program Solusi Invers Menggunakan Visual Fortran.....	27
III.2.1. Subrutin INPDAT.....	29
III.2.2. Subrutin COORD1.....	30
III.2.3. Subrutin GAUSS.....	31
III.2.4. Subrutin SHFUN.....	32
III.2.5. Subrutin SHAPE.....	32
III.2.6. Subrutin COEFC2.....	34
III.2.7. Subrutin SOLVE.....	34
III.2.8. Subrutin MATRIX.....	38
III.2.9. Subrutin COEMR.....	39
III.2.10. Subrutin Operasi Matriks.....	40
III.2.11. Subrutin INVERS.....	42
III.3. Program Solusi Invers Menggunakan MATLAB	44
III.3.1. Solusi Invers MEB dengan Regularisasi Tikhonov.....	45
III.3.1. Solusi Invers MEB dengan Regularisasi GCV.....	45
III.4. Rekonstruksi Data.....	47

BAB IV. UJI KASUS DAN ANALISIS DATA

IV.1. Prosedur Uji Kasus.....	48
IV.2. Uji Kasus Radiasi Bola Homogen.....	49
IV.2.1. Data Referensi.....	49
IV.2.2. Data Input.....	53
IV.2.3. Hasil Uji Kasus Tanpa Regularisasi.....	55
IV.2.4. Hasil Uji Kasus Dengan Regularisasi Tikhonov.....	58
IV.2.5. Hasil Uji Kasus Dengan Regularisasi GCV.....	61

IV.3. Uji Kasus Radiasi Silinder.....	64
IV.3.1. Data Referensi.....	64
IV.3.2. Data Input.....	67
IV.3.3. Hasil Uji Kasus Tanpa Regularisasi.....	69
IV.3.4. Hasil Uji Kasus Dengan Regularisasi Tikhonov.....	71
IV.3.5. Hasil Uji Kasus Dengan Regularisasi GCV.....	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	83
5.2. Saran.....	83
Daftar pustaka	
Lampiran A Program Invers Akustik Tiga Dimaensi Menggunakan Metode Elemen	
Batas dalam Bahasa Pemrograman Fortran	
Lampiran B Flowchart Program Invers Akustik Tiga Dimensi	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Masalah langsung dan Masalah invers pada Akustik	1
Gambar 2.1	Titik Ukur P untuk Kasus Eksterior, Interior dan Titik dengan Nilai Tangen yang Unik	6
Gambar 2.2	Diskritisasi Permukaan Generator Benda Bersimetri Sumbu dengan Elemen Tiga Titik Simpul	10
Gambar 2.3	Elemen isoparametrik segiempat	12
Gambar 2.4	Elemen isoparametrik segitiga	12
Gambar 2.5	Kurva-L	20
Gambar 3.1	Distribusi Titik pada Permukaan Benda	23
Gambar 3.2	Koordinat Bola Homogen	24
Gambar 3.3	Koordinat Tabung	25
Gambar 3.4	Distribusi Titik Ukur	26
Gambar 3.5	Diagram Alir Program Utama	28
Gambar 3.6	Diagram Alir Subrutin INPDAT	30
Gambar 3.7	Diagram Alir Subrutin GAUSS	31
Gambar 3.8	Diagram Alir Subrutin SHFUN	32
Gambar 3.9	Diagram Alir Subrutin SHAPE	33
Gambar 3.10	Diagram Alir Subrutin SOLVE	36
Gambar 3.11	Diagram Alir Subrutin MATRIX	39
Gambar 3.12	Diagram Alir Subrutin COEMR	40
Gambar 3.13	Diagram Alir Subrutin ADD	41
Gambar 3.14	Diagram Alir Subrutin SUBSTRACT	41
Gambar 3.15	Diagram Alir Subrutin MULT	42
Gambar 3.16	Diagram Alir Subrutin INVERS	43
Gambar 4.1	Grafik <i>error</i> kasus radiasi bola homogen tanpa regularisasi	57

Gambar 4.2	Grafik <i>error</i> kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi Tikhonov	60
Gambar 4.3	Grafik <i>error</i> kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi GCV	64
Gambar 4.4	Grafik <i>error</i> kasus radiasi silinder tanpa regularisasi	71
Gambar 4.5	Grafik <i>error</i> kasus radiasi silinder dengan regularisasi	73
Gambar 4.6	Grafik <i>error</i> kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi GCV	76
Gambar 4.7	Visualisasi data referensi kasus radiasi bola homogen	77
Gambar 4.8	Visualisasi data hasil uji kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi Tikhonov	78
Gambar 4.9	Visualisasi data hasil uji kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi GCV	79
Gambar 4.10	Visualisasi data referensi kasus radiasi silinder	80
Gambar 4.11	Visualisasi data hasil uji kasus radiasi silinder dengan regularisasi Tikhonov	81
Gambar 4.12	Visualisasi data hasil uji kasus radiasi silinder dengan regularisasi GCV	82

DAFTAR TABEL

Tabel	4.1	Data referensi untuk kasus radiasi bola homogen untuk $k=2.5$	50
Tabel	4.2	Titik-titik penyusun tiap elemen pada permukaan bola	52
Tabel	4.3	Koordinat dan nilai tekanan data input kasus radiasi bola homogen	53
Tabel	4.4	Hasil uji kasus radiasi bola homogen tanpa regularisasi	55
Tabel	4.5	Hasil uji kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi Tikhonov	58
Tabel	4.6	Hasil uji kasus radiasi bola homogen dengan regularisasi GCV	61
Tabel	4.7	Data referensi untuk kasus radiasi silinder	65
Tabel	4.8	Titik-titik penyusun tiap elemen pada permukaan untuk uji kasus silinder	66
Tabel	4.9	Koordinat dan nilai tekanan untuk data input kasus radiasi silinder	67
Tabel	4.10	Hasil uji kasus radiasi silinder tanpa regularisasi	69
Tabel	4.11	Hasil uji kasus radiasi silinder dengan regularisasi Tikhonov	72
Tabel	4.12	Hasil uji kasus radiasi silinder dengan regularisasi GCV	74