

ABSTRAK

Masalah dalam akustik dapat berupa masalah langsung (*direct*) dan masalah tidak langsung (*inversi*). Dikatakan masalah *direct* bila tekanan akustik pada sembarang titik dimedan akustik dapat ditentukan dengan mengetahui tekanan atau potensial kecepatan permukaan sumber dan sebaliknya untuk masalah *inversi*.

Masalah dalam menganalisa akustik ini juga dipengaruhi oleh jarak titik ukur, kadangkala pengukuran di sumber akustik tidak dapat diperoleh secara langsung sehingga pengukuran dilakukan di luar sumber akustik, dan diinginkan parameter di sumber akustik, sehingga perlu dicari jarak titik ukur yang paling optimum untuk menekan kesalahan sekecil mungkin.

Pada tugas akhir ini pengujian dilakukan untuk mencari jarak titik ukur optimum pada kasus radiasi bola bergetar homogen dengan menggunakan metode *Conjugate Gradient*.

Dari hasil uji kasus, rata-rata kesalahan terkecil untuk kasus bola homogen dengan metode *Conjugate Gradient* untuk bola 50 *node* didapat pada rentang jarak 1.07670m-1.3068m dengan rentang kesalahan 0.386%-0.177% untuk $k=0.01\text{m}^{-1}$, dan untuk $k=1$ kesalahan terkecil didapat pada jarak 1.10603m dengan kesalahan 0.218%, sedangkan untuk bola 62 *node* rata-rata kesalahan terkecil didapat pada rentang jarak 1.07853m-1.09817m dengan rentang kesalahan 19.819%-17.199% pada $k=1\text{m}^{-1}$.

ABSTRACT

The problems in acoustics can be a problem of directness or a problem of inversion. It is said to be a problem of directness if the acoustic pressure at any point in acoustic field can be confirmed through pressure identification or velocity potential of the source surface and the reverse occurrences happen with inversion problems.

The problems in analyzing this acoustic is affected with the distance of the measuring point, occasionally assessing at the source of the acoustic cannot be obtain directly, the measurement must be done outside the source of the acoustic and the parameter preferred at the source of the acoustic, thus we need to find the optimum distance of measuring point to minimize error.

In this assignment, the assessment is to find the optimum distance of the measuring point for the case of homogenous radiation of the ball vibration using the Conjugate Gradient.

The test result is, the smallest average of error for the case of homogeneous ball using the Conjugate Gradient method for ball 50 node range between 1.07670m-1.3068m with range of error 0.386%-0.177% at $k=0.01\text{m}^{-1}$, and for $k=1\text{m}^{-1}$ the smallest of error at distance 1.10603m with error 0.218%, meanwhile for 62 node the average of smallest error is range from 1.07853m-1.09817m with error range of 19.819%-17.199% at $k=1\text{m}^{-1}$.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang Masalah	1
I.2 Identifikasi Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Pembatasan Masalah	2
I.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
II.1 Persamaan Integral Helmholtz	4
II.2 Diskritisasi Permukaan dengan Elemen Isoparametrik	7
II.3 Persamaan Matrik Integral Helmholtz	9
II.4 Formulasi Gaussian Quadrature	10
II.5 Operasi Matrik Formulasi Inversi	11
II.6 Singular Value Decomposition (SVD)	12
II.7 Metode Conjugate Gradient (CG)	14
II.8 Sistem Koordinat Bola	15
BAB III IMPLEMENTASI PROGRAM	16
III.1 Distribusi Titik untuk Input Program	16
III.1.1 Distribusi Titik Permukaan Benda	17
III.1.2 Distribusi Titik Ukur	19

III.2 Nilai Tekanan pada Jarak r dari Pusat Bola Berjari-jari a ($P(r)$)	21
III.3 Program IA3D (Inversi Akustik 3 Dimensi)	22
III.3.1 Main Program	23
III.3.2 Subrutin INPDAT	24
III.3.3 Subrutin GAUSS dan FAIR	25
III.3.4 Subrutin DEGSEV dan NMDS	25
III.3.5 Subrutin CHAPE	26
III.3.6 Subrutin COEF	26
III.3.7 Subrutin SOLVE	27
III.3.8 Subrutin SVD	27
III.4 Program Solusi Inversi Menggunakan MATLAB	27
III.4.1 Solusi Inversi Menggunakan Metode SVD	28
III.4.2 Solusi Inversi MEB dengan Menggunakan Metode Conjugate Gradient (CG)	29
III.5 Visualisasi Data	31
BAB IV UJI KASUS DAN ANALISIS DATA	32
IV.1 Langkah-langkah Uji Kasus	32
IV.2 Data Koordinat Bola	33
IV.3 Tekanan Pada Data Input	37
IV.4 Uji Kasus	38
IV.4.1 Kasus 1	40
IV.4.2 Kasus 2	51
IV.4.3 Kasus 3	61
IV.4.4 Kasus 4	67
IV.4.5 Kasus 5	72
IV.4.6 Kasus 6	78
IV.4.7 Kasus 7	89
IV.4.8 Kasus 8	95
IV.4.9 Kasus 9	101
IV.4.10 Kasus 10	107
IV.5 Hasil Rekonstruksi	113
IV.5.1 Hasil Rekonstruksi Kasus 1	113

IV.5.2 Hasil Rekonstruksi Kasus 2	115
IV.5.3 Hasil Rekonstruksi Kasus 3	116
IV.5.4 Hasil Rekonstruksi Kasus 4	118
IV.5.5 Hasil Rekonstruksi Kasus 5	119
IV.5.6 Hasil Rekonstruksi Kasus 6	121
IV.5.7 Hasil Rekonstruksi Kasus 7	122
IV.5.8 Hasil Rekonstruksi Kasus 8	124
IV.5.9 Hasil Rekonstruksi Kasus 9	125
IV.5.10 Hasil Rekonstruksi Kasus 10	127
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	129
V.1 Kesimpulan	129
V.2 Saran	129
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN A GRAFIK PERBANDINGAN KESALAHAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3II.1	Koordinat titik permukaan bola homongen dengan 50 titik	18
Tabel III.2	Nilai kordinat titik-titik ukur (<i>field</i>) dengan jarak titik ukur (jari-jari) =1.10603	20
Tabel IV.1	Titik-titik penyusun tiap elemen pada permukaan bola untuk 50 titik	33
Tabel IV.2	Koordinat titik permukaan bola homongen dengan 62 titik	36
Tabel IV.3	Titik-titik penyusun tiap elemen pada permukaan bola untuk 62 titik	36
Tabel IV.4	Besarnya nilai tekanan pada data input	37
Tabel IV.5	Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan optimasi CG kasus 1	40
Tabel IV.6	Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan metode SVD kasus 1	42
Tabel IV.7	Koordinat dan tekanan titik ukur pada R=1.1534m	44
Tabel IV.8	Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 5 kasus 1	45
Tabel IV.9	Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 1	48
Tabel IV.10	Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan optimasi CG kasus 2	51
Tabel IV.11	Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan metode SVD kasus 2	53
Tabel IV.12	Koordinat dan tekanan titik ukur pada R=1.10603m	54
Tabel IV.13	Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 2 kasus 2	56
Tabel IV.14	Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 2	58
Tabel IV.15	Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 4 kasus 3	61
Tabel IV.16	Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 3	64

Tabel IV.17 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 2 kasus 4	67
Tabel IV.18 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 4	70
Tabel IV.19 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 1 kasus 5	73
Tabel IV.20 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 5	75
Tabel IV.21 Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan optimasi CG kasus 6	78
Tabel IV.22 Perbandingan rata-rata kesalahan dengan menggunakan metode SVD kasus 6	80
Tabel IV.23 Koordinat dan tekanan titik ukur pada $R=1.08835m$	81
Tabel IV.24 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 5 kasus 6	83
Tabel IV.25 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 6	86
Tabel IV.26 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 2 kasus 7	89
Tabel IV.27 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 7	92
Tabel IV.28 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 1 kasus 8	95
Tabel IV.29 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 8	98
Tabel IV.30 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 1 kasus 9	101
Tabel IV.31 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 9	104
Tabel IV.32 Data tekanan hasil komputasi metode optimasi CG iterasi 1 kasus 10	107
Tabel IV.33 Data tekanan hasil komputasi metode SVD kasus 10	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Titik ukur P untuk kasus <i>Eksterior</i> , <i>Interior</i> dan titik dengan nilai tangen yang unik	5
Gambar II.2	Elemen isoparametrik segiempat	8
Gambar II.3	Elemen isoparametrik segitiga	8
Gambar II.4	Koordinat bola	15
Gambar III.1	Distribusi koordinat titik bola homogen 50 titik	17
Gambar III.2	Distribusi titik ukur	19
Gambar III.3	Diagram alir program utama	24
Gambar IV.1	Koordinat bola homogen 62 node	35
Gambar IV.2	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real) kasus 1	113
Gambar IV.3	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner) kasus 1	114
Gambar IV.4	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Magnituda) kasus1	114
Gambar IV.5	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real) kasus 2	115
Gambar IV.6	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner) kasus 2	115
Gambar IV.7	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Magnituda) kasus 2	116
Gambar IV.8	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real) kasus 3	116
Gambar IV.9	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner) kasus 3	117
Gambar IV.10	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Magnituda) kasus 3	117
Gambar IV.11	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real) kasus 4	118

Gambar IV.12	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 4	118
Gambar IV.13	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber	
	(Magnituda) kasus 4	119
Gambar IV.14	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real)	
	kasus 5	119
Gambar IV.15	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 5	120
Gambar IV.16	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber	
	(Magnituda) kasus 5	120
Gambar IV.17	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real)	
	kasus 6	121
Gambar IV.18	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 6	121
Gambar IV.19	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber	
	(Magnituda) kasus 6	122
Gambar IV.20	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real)	
	kasus 7	122
Gambar IV.21	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 7	123
Gambar IV.22	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber	
	(Magnituda) kasus 7	123
Gambar IV.23	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real)	
	kasus 8	124
Gambar IV.24	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 8	124
Gambar IV.25	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber	
	(Magnituda) kasus 8	125
Gambar IV.26	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real)	
	kasus 9	125
Gambar IV.27	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner)	
	kasus 9	126

Gambar IV.28	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Magnituda) kasus 9	126
Gambar IV.29	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Real) kasus 10	127
Gambar IV.30	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Imajiner) kasus 10	127
Gambar IV.31	Perbandingan hasil rekonstruksi tekanan sumber (Magnituda) kasus 10	128

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan optimasi CG kasus 1	41
Grafik IV.2	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan optimasi CG kasus 1	41
Grafik IV.3	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan optimasi CG kasus 1	42
Grafik IV.4	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan SVD kasus 1	43
Grafik IV.5	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan SVD kasus 1	43
Grafik IV.6	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan SVD kasus 1	43
Grafik IV.7	Perbandingan tekanan (Real) Referensi dengan metode CG kasus 1	47
Grafik IV.8	Perbandingan tekanan (Imajiner) Referensi dengan metode CG kasus 1	47
Grafik IV.9	Perbandingan tekanan (Magnituda) Referensi dengan metode CG kasus 1	48
Grafik IV.10	Perbandingan tekanan (Real) Referensi dengan metode SVD kasus 1	50
Grafik IV.11	Perbandingan tekanan (Imajiner) Referensi dengan metode SVD kasus 1	50
Grafik IV.12	Perbandingan tekanan (Magnituda) Referensi dengan metode SVD kasus 1	50
Grafik IV.13	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan optimasi CG kasus 2	52
Grafik IV.14	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan optimasi CG kasus 2	52
Grafik IV.15	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan optimasi CG kasus 2	52

Grafik IV.16	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan SVD kasus 2	53
Grafik IV.17	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan SVD kasus 2	54
Grafik IV.18	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan SVD kasus 2	54
Grafik IV.19	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 2	57
Grafik IV.20	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 2	58
Grafik IV.21	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 2	58
Grafik IV.22	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 2	60
Grafik IV.23	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 2	60
Grafik IV.24	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 2	61
Grafik IV.25	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 3	63
Grafik IV.26	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 3	63
Grafik IV.27	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 3	64
Grafik IV.28	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 3	66
Grafik IV.29	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 3	66
Grafik IV.30	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 3	66
Grafik IV.31	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 4	69

Grafik IV.32	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 4	69
Grafik IV.33	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 4	69
Grafik IV.34	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 4	71
Grafik IV.35	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 4	72
Grafik IV.36	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 4	72
Grafik IV.37	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 5	74
Grafik IV.38	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 5	75
Grafik IV.39	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 5	75
Grafik IV.40	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 5	77
Grafik IV.41	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 5	77
Grafik IV.42	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 5	78
Grafik IV.43	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan optimasi CG kasus 6	79
Grafik IV.44	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan optimasi CG kasus 6	79
Grafik IV.45	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan optimasi CG kasus 6	79
Grafik IV.46	Perbandingan rata-rata kesalahan (Real) dengan SVD kasus 6	80
Grafik IV.47	Perbandingan rata-rata kesalahan (Imajiner) dengan SVD kasus 6	80

Grafik IV.48	Perbandingan rata-rata kesalahan (Magnituda) dengan SVD kasus 6	81
Grafik IV.49	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 6	85
Grafik IV.50	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 6	85
Grafik IV.51	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 6	85
Grafik IV.52	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 6	88
Grafik IV.53	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 6	88
Grafik IV.54	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 6	88
Grafik IV.55	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 7	91
Grafik IV.56	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 7	91
Grafik IV.57	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 7	91
Grafik IV.58	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 7	94
Grafik IV.59	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 7	94
Grafik IV.60	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 7	94
Grafik IV.61	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 8	97
Grafik IV.62	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 8	97
Grafik IV.63	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 8	97

Grafik IV.64	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 8	100
Grafik IV.65	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 8	100
Grafik IV.66	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 8	100
Grafik IV.67	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 9	103
Grafik IV.68	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 9	103
Grafik IV.69	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 9	103
Grafik IV.70	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 9	106
Grafik IV.71	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 9	106
Grafik IV.72	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 9	106
Grafik IV.73	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode CG kasus 10	109
Grafik IV.74	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode CG kasus 10	109
Grafik IV.75	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode CG kasus 10	109
Grafik IV.76	Perbandingan tekanan (Real) referensi dengan metode SVD kasus 10	112
Grafik IV.77	Perbandingan tekanan (Imajiner) referensi dengan metode SVD kasus 10	112
Grafik IV.78	Perbandingan tekanan (Magnituda) referensi dengan metode SVD kasus 10	112