



### **Hak cipta dan penggunaan kembali:**

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk mengubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

### **Copyright and reuse:**

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

# **ANALISIS ALGORITMA INTERPOLASI BILINEAR DAN INTERPOLASI TETRAHEDRAL PADA HEAD RELATED TRANSFER FUNCTION**



## **SKRIPSI**

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia  
Nusantara untuk Memenuhi  
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**

**Jovan Anggara  
12110210010**

**PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA  
TANGERANG  
2015**

## **LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

# **ANALISIS ALGORITMA INTERPOLASI BILINEAR DAN INTERPOLASI TETRAHEDRAL PADA HEAD RELATED TRANSFER FUNCTION**

Oleh

Nama : Jovan Anggara

NIM : 12110210010

Fakultas : Teknik dan Informatika

Program Studi : Sistem Komputer

Telah Diujikan pada hari Selasa, tanggal 9 Agustus 2016 dan dinyatakan lulus  
dengan susunan Tim Penguji sebagai berikut,

Tangerang, 22 Agustus 2016

Ketua Sidang

Dosen Pembimbing

Penguji

Hargyo Tri Nugroho  
Ignatius, S.Kom., M.sc.

Dr. Hugeng, S.T., M.T.

Kanisius Karyono, S.T.,  
M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sistem Komputer

Hargyo Tri Nugroho Ignatius, S.Kom., M.sc.

## **PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT**

Dengan ini saya,

Nama : Jovan Anggara

NIM : 12110210010

Fakultas : Teknik dan Informatika

Program Studi : Sistem Komputer

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah karya ilmiah saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya ilmiah yang ditulis orang lain atau lembaga lain, dan semua karya ilmiah orang lain yang dirujuk dalam skripsi ini telah disebutkan sumber kutipannya serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti melakukan kecurangan / penyimpangan baik dalam pelaksanaan skripsi maupun dalam penulisan skripsi, saya bersedia menerima konsekuensi dinyatakan TIDAK LULUS untuk mata kuliah Skripsi yang telah saya tempuh

Tangerang, 22 Juli 2016

Jovan Anggara

## ABSTRAK

Suara tiga dimensi sangat banyak digunakan dalam berbagai macam media saat ini, seperti perfilman, *video game*, dan musical. Dalam menghasilkan suara tiga dimensi, interpolasi Head Related Transfer Function (HRTF) sangat diperlukan karena keterbatasan *real-time system* dalam menampung HRTF yang didapat dari pengukuran. Selain itu juga dapat mengurangi keperluan untuk mengukur HRTF yang jumlahnya sangat banyak. Penelitian ini menggunakan PKU-IOA HRTF Database dan membahas tiga teknik interpolasi yakni *rectangular*, *triangular*, dan *tetrahedral*. Dari hasil percobaan, yang dilakukan, teknik *rectangular* memiliki nilai *mean square error* terbaik sebesar 4,3363 %, dan *spectral distortion* terbaik sebesar 2,8246 dB. Teknik *triangular* memiliki nilai *mean square error* terbaik sebesar 4,9626 %, dan *spectral distortion* terbaik sebesar 3,2646 dB. Teknik *tetrahedral* memiliki nilai *mean square error* sebesar 3,7231 %, dan *spectral distortion* sebesar 2,7852 dB. Berdasarkan hasil MSE dan SD, teknik *tetrahedral* merupakan teknik interpolasi terbaik.

Kata kunci: Pengolahan sinyal digital, Head-related Transfer Function, Head-related Impulse Response, PKU-IOA HRTF Database.

## **ABSTRACT**

Nowadays, 3D sounds are used in various media, such as movies, video games, and musicals. In producing 3D sounds, Head Related Transfer Function (HRTF) interpolation is very needed due to real-time system's limitation in storing measured HRTF. Besides that, it can reduce the requirement of measuring lots of HRTF. This research uses PKU-IOA HRTF Database, and covers three interpolation techniques, rectangular, triangular, and tetrahedral. From the experiment, we can get that rectangular technique's best mean square error value is 4,3363 %, and best spectral distortion value is 2,8246 dB. Triangular technique's best mean square error value is 4,9626 %, and best spectral distortion value is 3,2646 dB. Tetrahedral technique's mean square error value is 3,7231 %, and spectral distortion value is 2,7852 dB. Based on the MSE and SD results, tetrahedral is the best interpolation technique.

Keywords: Digital Signal Processing, Head-related Transfer Function, Head-related Impulse Response, PKU-IOA HRTF Database.



## KATA PENGANTAR

Sungguh melimpah rahmat dan berkat penyertaan yang diberikan oleh Tuhan Yang Mahakuasa kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Algoritma Interpolasi Bilinear dan Interpolasi Tetrahedral pada Head Related Transfer Function”. Oleh karena itu, penulis mengucapkan puji dan syukur kepada-Nya. Skripsi ini diajukan kepada Program Strata I Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.

Penulis dapat menyelesaikan laporan kerja magang ini berkat dukungan, kerja sama dan bimbingan dari pihak-pihak yang terlibat. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara,
2. Hira Meidia, Ph.D., selaku Wakil Rektor Bidang Akademik,
3. Ir. Andrey Andoko, M.Sc., selaku Wakil Rektor Bidang Administrasi Umum dan Keuangan,
4. Ika Yanuarti, S.E., MSF, selaku Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan,
5. Prof. Dr. Muliawati G. Siswanto, M.Eng.Sc., selaku Wakil Rektor Bidang Hubungan dan Kerjasama
6. Kanisius Karyono, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika,
7. Hargyo Tri Nugroho Ignatius, S.Kom., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Sistem Komputer
8. Dr. Hugeng, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang selalu dapat

membantu dan mendampingi penulis dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan skripsi ini,

9. Seluruh dosen yang telah memberikan waktu dan ilmunya kepada penulis,
10. Keluarga dari penulis yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini,
11. Teman-teman Sistem Komputer angkatan 2012 dan para staff ICT LAB UMN yang menemani dan memberikan semangat kepada penulis selama pembuatan skripsi,
12. Syahfirman Manaf, Darwin Wirawan, Adrian Hartanto, Edwin Handoko, Raymond, dan teman-teman lain yang menghibur dan menemani penulis saat suka maupun duka,

Semoga laporan skripsi ini bermanfaat bagi pembaca, terutama mahasiswa UMN dalam mengembangkan Teknik dan Informatika.

Tangerang, 7 Desember 2015



Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT .....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.    Rumusan Masalah .....	3
1.3.    Tujuan Penelitian .....	3
1.4.    Manfaat Penelitian .....	4
1.5.    Batasan Masalah .....	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1.    Bunyi.....	5
2.1.1.    Sifat Fisik Bunyi .....	5
2.1.2.    Bunyi dalam Matematika .....	6
2.1.3.    Analisis Fourier.....	6
2.1.4.    Sistem Linear .....	9
2.1.5.    Sistem Koordinat.....	11
2.2.    Head Related Transfer Function (HRTF) .....	14
2.3.    PKU-IOA HRTF Database .....	15
2.4.    Interpolasi .....	16
2.4.1.    Interpolasi Bilinear.....	17
2.4.2.    Interpolasi Tetrahedral .....	20
2.5.    MATLAB.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	25

3.1.	Metode Penelitian .....	25
3.1.1.	Skema Penelitian.....	25
3.2.	Instrumen Penelitian .....	28
3.3.	Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.4.	Pengumpulan Data Penelitian .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1.	Interpolasi Bilinear Rectangular .....	31
4.1.1.	Azimuth-Elevasi.....	31
4.1.2.	Jarak-Elevasi .....	42
4.1.3.	Jarak-Azimuth.....	53
4.2.	Interpolasi Bilinear Segitiga.....	66
4.2.1.	Azimuth-Elevasi.....	66
4.2.2.	Distance-Elevasi.....	77
4.2.3.	Distance-Azimuth .....	88
4.3.	Interpolasi Tetrahedral .....	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		112
5.1.	Kesimpulan .....	112
5.2.	Saran .....	113
DAFTAR PUSTAKA .....		114
LAMPIRAN.....		116



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Head-Centered Rectangular-Coordinate System .....	11
Gambar 2. 2 Sistem Vertical-Polar .....	12
Gambar 2. 3 Sistem Interaural-Polar.....	12
Gambar 2. 4 <i>Graphical Interpretation</i> dari Interpolasi Bilinear <i>Rectangular</i> .....	18
Gambar 2. 5 <i>Graphical Interpretation</i> dari Interpolasi Bilinear <i>Triangular</i> .....	20
Gambar 2. 6 Jarak Angular untuk mencari nilai $W_A$ , $W_B$ , dan $W_C$ .....	20
Gambar 2. 7 <i>Graphical Interpretation</i> dari Interpolasi <i>Tetrahedral</i> .....	21
Gambar 2. 8 Delaunay Triangulation pada Titik-Titik Pengukuran di PKU-IOA HRTF Database .....	22
Gambar 4. 1 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (10,0,75) .....	41
Gambar 4. 2 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (350,0,75) .....	41
Gambar 4. 3 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (180,0,75) .....	42
Gambar 4. 4 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (100,0,75) .....	52
Gambar 4. 5 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (200,0,75) .....	52
Gambar 4. 6 Grafik HRIR dan HRTF pada koordinat (300,0,75) .....	53
Gambar 4. 7 HRIR dan HRTF pada koordinat (20,50,75).....	64
Gambar 4. 8 HRIR dan HRTF pada koordinat (180,50,75).....	65
Gambar 4. 9 HRIR dan HRTF pada koordinat (340,50,75).....	65
Gambar 4. 10 HRIR dan HRTF pada koordinat (100,-10,75) .....	76
Gambar 4. 11 HRIR dan HRTF pada koordinat (180,-10,75) .....	76
Gambar 4. 12 HRIR dan HRTF pada koordinat (260,-10,75) .....	77
Gambar 4. 13 HRIR dan HRTF pada koordinat (100,-30,75) .....	87
Gambar 4. 14 HRIR dan HRTF pada koordinat (180,-30,75) .....	87
Gambar 4. 15 HRIR dan HRTF pada koordinat (260,-30,75) .....	88
Gambar 4. 16 HRIR dan HRTF pada koordinat (5,30,75).....	98
Gambar 4. 17 HRIR dan HRTF pada koordinat (180,30,75).....	99
Gambar 4. 18 HRIR dan HRTF pada koordinat (355,30,75).....	99
Gambar 4. 19 HRIR dan HRTF pada koordinat (40,50,75).....	109
Gambar 4. 20 HRIR dan HRTF pada koordinat (180,50,75).....	109
Gambar 4. 21 HRIR dan HRTF pada koordinat (320,50,75).....	110

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Azimuth .....	31
Tabel 4. 2 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Elevasi. ....	33
Tabel 4. 3 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Azimuth.....	34
Tabel 4. 4 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Elevasi .....	36
Tabel 4. 5 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Azimuth. ....	37
Tabel 4. 6 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per Elevasi ... ....	38
Tabel 4. 7 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Azimuth-Elevasi ... ....	40
Tabel 4. 8 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Azimuth ....	42
Tabel 4. 9 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Elevasi ..... ....	44
Tabel 4. 10 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Azimuth.....	45
Tabel 4. 11 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Elevasi .....	47
Tabel 4. 12 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Azimuth ....	48
Tabel 4. 13 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per Elevasi.....	49
Tabel 4. 14 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Elevasi.....	51
Tabel 4. 15 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Azimuth ..	53
Tabel 4. 16 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Elevasi ..	55
Tabel 4. 17 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Azimuth.....	56
Tabel 4. 18 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Elevasi .....	58
Tabel 4. 19 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Azimuth ..	59
Tabel 4. 20 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Rectangular Jarak-Azimuth per Elevasi ....	62
Tabel 4. 21 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth.....	63
Tabel 4. 22 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Azimuth ..	66
Tabel 4. 23 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Elevasi .	67
Tabel 4. 24 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Azimuth.....	69
Tabel 4. 25 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Elevasi .....	71
Tabel 4. 26 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Azimuth .	72
Tabel 4. 27 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Azimuth-Elevasi per Elevasi....	73
Tabel 4. 28 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi....	75
Tabel 4. 29 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Azimuth ....	77
Tabel 4. 30 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Elevasi.....	79

Tabel 4. 31 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Azimuth .....	80
Tabel 4. 32 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Elevasi .....	82
Tabel 4. 33 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Azimuth.....	83
Tabel 4. 34 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Jarak-Elevasi per Elevasi .....	85
Tabel 4. 35 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi .....	86
Tabel 4. 36 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Azimuth ..	88
Tabel 4. 37 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Elevasi ....	90
Tabel 4. 38 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Azimuth.....	91
Tabel 4. 39 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Elevasi .....	93
Tabel 4. 40 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Azimuth.....	94
Tabel 4. 41 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Triangular Jarak-Azimuth per Elevasi.....	96
Tabel 4. 42 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth .....	97
Tabel 4. 43 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Tetrahedral per Azimuth .....	100
Tabel 4. 44 Rata-Rata MSE HRIR Interpolasi Tetrahedral per Elevasi.....	101
Tabel 4. 45 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Tetrahedral per Azimuth .....	102
Tabel 4. 46 Rata-Rata SD HRTF Magnitude Interpolasi Tetrahedral per Elevasi.....	104
Tabel 4. 47 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Tetrahedral per Azimuth.....	105
Tabel 4. 48 Rata-Rata SD HRTF Interpolasi Tetrahedral per Elevasi .....	106
Tabel 4. 49 Rata-Rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth .....	107
Tabel 4. 50 Hasil Terbaik Setiap Algoritma Interpolasi .....	110
Tabel 4. 51 Keunggulan dan Kekurangan setiap Algoritma Interpolasi .....	111

