



### **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 TETRAHEDRAL DENGAN PCA MODELING PADA  
HEAD RELATED TRANSFER FUNCTION**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik**



**Irfan Naufal  
13110210014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER  
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA  
UNIVERSITAS MULTIMEDIA NUSANTARA  
TANGERANG  
2018**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**ANALISIS ALGORITMA INTERPOLASI BILINEAR DAN**  
**TETRAHEDRAL DENGAN PCA MODELING PADA HEAD**  
**RELATED TRANSFER FUNCTION**

Oleh

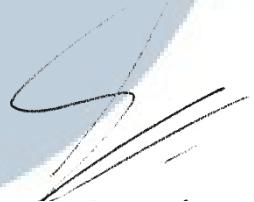
Nama : Irfan Naufal  
NIM : 13110210014  
Fakultas : Teknik dan Informatika  
Program Studi : Teknik Komputer

Tangerang, 27 April 2018

Ketua Sidang

Dosen Pengaji

  
Dareen Kusuma Halim, S.Kom.,  
M.Eng.Sc.

  
Samuel Hutagalung, M.T.I

Dosen Pembimbing I

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

Disahkan oleh,

Ketua Program Studi Sistem Komputer

Hargyo Tri Nugroho, S.Kom., M.Sc.

## **PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT**

Dengan ini saya,

Nama	:	Irfan Naufal
NIM	:	13110210014
Program Studi	:	Teknik Komputer
Fakultas	:	Teknik dan Informatika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**ANALISIS ALGORITMA INTERPOLASI BILINEAR DAN TETRAHEDRAL DENGAN PCA MODELING PADA HEAD RELATED TRANSFER FUNCTION**” ini adalah karya ilmiah saya sendiri, bukan plagiat dari karya ilmiah yang ditulis oleh orang lain atau lembaga lain, dan semua karya ilmiah orang lain atau lembaga lain yang dirujuk dalam skripsi ini telah disebutkan sumber kutipannya serta dicantumkan di Daftar Pustaka.

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

Tangerang, 16 April 2018

Irfan Naufal

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menyertai selama masa penggerjaan skripsi dan laporan skripsi berjudul “ANALISIS ALGORITMA INTERPOLASI BILINEAR DAN TETRAHEDRAL DENGAN PCA MODELING PADA HEAD RELATED TRANSFER FUNCTION” sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan benar. Skripsi ini diajukan kepada Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara.

Penyelesaian skripsi ini juga dibantu dan didukung oleh berbagai pihak, seperti teman-teman, dosen-dosen pembimbing, dan keluarga. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya diucapkan kepada:

1. Dr. Ninok Leksono, selaku Rektor Universitas Multimedia Nusantara,
2. Hira Meidia, Ph. D., selaku Wakil Rektor Bidang Akademik dan Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia Nusantara,
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. Hargyo Tri Nugroho, S.Kom., M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Komputer Universitas Multimedia Nusantara,
7. Dr. Hugeng, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang selalu dapat membantu, memberikan saran dan motivasi selama proses penggerjaan skripsi,
8. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendukung selama proses penggerjaan skripsi,

9. Seluruh rekan mahasiswa program studi Sistem Komputer yang telah mendukung dan membantu,

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, baik sebagai informasi maupun sumber inspirasi, terutama untuk mahasiswa Universitas Multimedia Nusantara dalam mengembangkan teknologi informasi dan komunikasi.

Tangerang, 16 April 2018

Irfan Naufal



## ABSTRAK

Pengimplementasian HRTF pada masa kini dapat dirasakan oleh semua orang. Teknik HRTF tersebut sudah diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti virtualisasi suara, musik dan juga untuk video. Akan tetapi jumlah data yang ada dalam database HRIR yang diperlukan untuk HRTF terbilang cukup besar, maka dari itu untuk membuat pengaplikasian HRTF lebih efisien bahkan dalam sistem komputasional yang terbatas dalam segi memori dibutuhkannya suatu metode reduksi dimensi dari data HRIR tersebut. Penelitian ini menggunakan metode pemodelan *Principal Component Analysis* (PCA) pada database HRTF PKU-IOA dan melakukan analisis tiga teknik interpolasi yaitu *bilinear rectangular*, *bilinear triangular* dan *tetrahedral* dengan menggunakan data hasil pemodelan PCA. Dengan dilakukannya pemodelan PCA pada data HRIR maka hasil dari teknik interpolasi *tetrahedral* memiliki nilai *mean square error* sebesar 7.5034% dan nilai *spectral distortion* sebesar 4.7677 dB, teknik interpolasi *rectangular* memiliki nilai *mean square error* sebesar 8,5847% dan *spectral distortion* 4.93 dB Dan teknik interpolasi *triangular* memiliki nilai *mean square error* sebesar 8.9897 % dan nilai *spectral distortion* sebesar 4.7932 dB.

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

Kata Kunci: *Head-related Transfer Function*, *Head-related Impulse Response*, PCA, PKU-IOA HRTF Database.

## ABSTRACT

Implementation of HRTF in the present can be felt by many people.

HRTF technique has been applied in various fields, such as voice virtualization, music and also for video. However, the amount of data available in the HRIR database required for HRTF is substantial, hence to make HRTF application more efficient even in computational systems that are limited in memory require a dimension reduction method from the HRIR data. This research used Principal Component Analysis (PCA) modeling method in HRTF PKU-IOA database and analyzed three interpolation technique's which is bilinear rectangular, bilinear triangular and tetrahedral interpolation technique's. By applying PCA modeling on HRIR data, the best result of tetrahedral interpolation technique has mean square error value of 7.5034% and spectral distortion value of 4.7677 dB. The best result of rectangular interpolation technique has mean square error value of 8.5847% and spectral distortion 4.93 dB. The best result of triangular interpolation technique has mean square error value of 8.9897% and spectral distortion value of 4.7932 dB.

Keywords: *Head-related Transfer Function, Head-related Impulse Response, PCA, PKU-IOA HRTF Database*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	I
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT .....	II
KATA PENGANTAR .....	III
ABSTRAK .....	V
ABSTRACT .....	VI
DAFTAR ISI .....	VII
DAFTAR GAMBAR .....	X
DAFTAR TABEL .....	XIV
BAB I PENDAHULUAN .....	15
1.1. Latar Belakang .....	15
1.2. Rumusan Masalah .....	16
1.3. Batasan Masalah.....	17
1.4. Tujuan Penelitian.....	17
1.5. Manfaat Penelitian.....	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	18
2.1. Principal Components Analysis .....	18
2.2. Metode Reduksi Dimensi .....	19
2.3. Head-Related Transfer Function .....	20
2.4. Interpolasi .....	21
2.4.1. Interpolasi Bilinear.....	21
2.4.2. Interpolasi Tetrahedral .....	24

2.5. PKU-IOA HRTF Database.....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>27</b>
3.1. Metode Penelitian.....	27
3.1.1. Skema penelitian .....	27
3.2. Instrumen Penelitian.....	28
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.4. Pengolahan Data Penelitian.....	29
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Proses PCA.....	30
4.1.1. Varians <i>Principal Component</i> HRIR Fasa Minimum .....	30
4.1.2. Varians <i>Principal Component</i> HRTF .....	31
4.2. Interpretasi Hasil Interpolasi .....	32
4.3. Interpolasi Bilinear Rectangular .....	34
4.3.1. Azimuth-Elevasi.....	34
4.3.2. Jarak-Elevasi .....	41
4.3.3. Jarak-Azimuth.....	48
4.4. Interpolasi Bilinear Triangular .....	55
4.4.1. Azimuth-Elevasi.....	55
4.4.2. Jarak-Elevasi .....	62
4.4.3. Jarak-Azimuth.....	69
4.5. Interpolasi Tetrahedral.....	76
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>85</b>

5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran .....	86
DAFTAR PUSTAKA .....	87
LAMPIRAN.....	89



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interpretasi perhitungan interpolasi bilinear rectangular [1].....	22
Gambar 2.2 Interpretasi perhitungan interpolasi triangular[11] .....	23
Gambar 2.3 Jarak angular untuk menemukan nilai $W_A$ , $W_B$ dan $W_C$ .[11] .....	23
Gambar 2.4 Interpretasi interpolasi tetrahedral[12] .....	24
Gambar 4.1 Contoh Grafik Hasil Interpolasi HRIR .....	32
Gambar 4.2 Contoh Grafik Hasil Interpolasi HRTF.....	32
Gambar 4.3 MSE HRIR Reduksi interpolasi bilinear rectangular Azimuth-elevasi per azimuth.....	34
Gambar 4.4 MSE HRIR Reduksi interpolasi bilinear rectangular Azimuth-elevasi per elevasi.....	35
Gambar 4.5 SD HRTF Reduksi Interpolasi Rectangular Azimuth-Elevasi per azimuth.....	36
Gambar 4.6 SD HRTF Reduksi Interpolasi Rectangular Azimuth-elevasi per elevasi.....	37
Gambar 4.7 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Rectangular Azimuth-elevasi per azimuth.....	38
Gambar 4.8 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Rectangular azimuth-elevasi per elevasi .....	39
Gambar 4.9 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	41
Gambar 4.10 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Elevasi per elevasi.....	42
Gambar 4.11 SD HRTF Reduksi Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	43

Gambar 4.12 SD HRTF Reduksi Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per elevasi .....	44
Gambar 4.13 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	45
Gambar 4.14 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Rectangular Jarak-Elevasi per elevasi.....	46
Gambar 4.15 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Recctangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	48
Gambar 4.16 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth per elevasi.....	49
Gambar 4.17 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	50
Gambar 4.18 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth per elevasi.....	51
Gambar 4.19 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	52
Gambar 4.20 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak-Azimuth per elevasi.....	53
Gambar 4.21 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per azimuth .....	55
Gambar 4.22 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per elevasi .....	56
Gambar 4.23 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per azimuth.....	57

Gambar 4.24 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per elevasi.....	58
Gambar 4.25 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per azimuth.....	59
Gambar 4.26 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi per elevasi .....	60
Gambar 4.27 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	62
Gambar 4.28 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi per elevasi.....	63
Gambar 4.29 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	64
Gambar 4.30 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi per elevasi.....	65
Gambar 4.31 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi per azimuth.....	66
Gambar 4.32 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular jarak-Elevasi per elevasi.....	67
Gambar 4.33 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	69
Gambar 4.34 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth per elevasi.....	70
Gambar 4.35 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	71

Gambar 4.36 SD HRTF Reduksi Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth per elevasi.....	72
Gambar 4.37 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth per azimuth.....	73
Gambar 4.38 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Bilinear Triangular jarak-Azimuth per elevasi.....	74
Gambar 4.39 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Tetrahedral per azimuth .....	76
Gambar 4.40 MSE HRIR Reduksi Interpolasi Tetrahedral per elevasi .....	77
Gambar 4.41 SD HRTF Reduksi Interpolasi Tetrahedral per azimuth.....	78
Gambar 4.42 SD HRTF Reduksi Interpolasi Tetrahedral per elevasi.....	79
Gambar 4.43 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Tetrahedral per azimuth	80
Gambar 4.44 SD HRTF Reduksi Magnitude Interpolasi Tetrahedral per elevasi	81



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Persentase Varians Principal Component Basis dari HRIR fasa minimum .....	30
Tabel 4.2 Persentase Varians Principal Component Basis dari HRTF .....	31
Tabel 4.3 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Azimuth – Elevasi tanpa Reduksi [10] dan Reduksi.....	40
Tabel 4.4 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak –Elevasi tanpa Reduksi [10] dan Reduksi .....	47
Tabel 4.5 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Rectangular Jarak –Azimuth tanpa Reduksi [10] dan Reduksi .....	54
Tabel 4.6 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Azimuth-Elevasi tanpa Reduksi [10] dan Reduksi .....	61
Tabel 4.7 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Elevasi tanpa Reduksi [10] dan Reduksi .....	68
Tabel 4.8 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Bilinear Triangular Jarak-Azimuth tanpa Reduksi [10] dan Reduksi .....	75
Tabel 4.9 Rata-rata MSE dan SD Interpolasi Tetrahedral tanpa Reduksi [10] dan Reduksi.....	82
Tabel 4.10 Rata-rata MSE dan SD Seluruh Interpolasi .....	83

**UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA**