

TESIS

**STUDI APLIKASI VARIABEL FISIK  
UNTUK DESAIN AKUSTIK STUDENT CENTER  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA**



FRENGKY BENEDIKTUS OLA  
No. Mhs.: 135402041

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2015



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK  
ARSITEKTUR

PENGESAHAN TESIS

Nama : FRENGKY BENEDIKTUS OLA  
Nomor Mahasiswa : 135402041  
Konsentrasi : Arsitektur Digital  
Judul Tesis : Studi Aplikasi Variabel Fisik untuk Desain Akustik  
Student Center Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Nama Pembimbing

Tanggal

Tanda Tangan

P. Satungs

9.2 '15



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK  
ARSITEKTUR

PENGESAHAN TESIS

Nama : FRENCKY BENEDIKTUS OLA  
Nomor Mahasiswa : 135402041  
Konsentrasi : Arsitektur Digital  
Judul Tesis : Studi Aplikasi Variabel Fisik untuk Desain Akustik  
Student Center Universitas Atma Jaya Yogyakarta

| Nama Penguji                      | Tanggal  | Tanda Tangan       |
|-----------------------------------|----------|--------------------|
| <i>F. Binarti, H. D. M. A. B.</i> | 6.2.2015 | <i>[Signature]</i> |
| <i>A. Djoko Ist</i>               | 6.2.2015 | <i>[Signature]</i> |

Ketua Program Studi



*[Signature]*  
Amor Setiadi  
PROGRAM  
PASCASARJANA



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
**PROGRAM PASCASARJANA**  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK  
ARSITEKTUR

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : FRENGKY BENEDIKTUS OLA

Nomor Mahasiswa : 135402041

Konsentrasi : Arsitektur Digital

Judul Tesis : Studi Aplikasi Variabel Fisik untuk Desain Akustik  
Student Center Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan tesis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya oranglain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain dirujuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam tesis ini terkandung unsur plagiat dan bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar aturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 08 Januari 2015



Frenky Benediktus Ola

## INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan variabel fisik pada perubahan nilai parameter ukur akustika ruang objek studi Student Center UAJY. Variabel fisik yang akan diteliti adalah variabel volume, variabel reverberant chamber, dan variabel material. Desain objek studi didesain untuk fungsi kegiatan olah raga, pertemuan skala besar (fungsi pidato), dan pentas musik dengan penguat bunyi. Ketiga fungsi tersebut memiliki tuntutan kualitas akustik yang berbeda dan menerapkan desain akustik ruang untuk mencapai standar nilai yang disyaratkan adalah hal yang sulit dilakukan.

Studi dilakukan dengan metode simulasi menggunakan program CATT Acoustic v8. Studi diawali dengan menentukan jenis dan letak speaker, kemudian menentukan penerapan variabel fisik. Tiap variabel fisik dibagi kedalam beberapa tipe model. Parameter yang akan dijadikan tolak ukur penilaian adalah  $RT_{60}$ , STI, dan EDT. Hasil simulasi kemudian dikomparasi untuk mencari kesimpulan yang dapat digunakan pada objek studi atau digunakan oleh perencana lain.

Hasil percobaan numerik menunjukkan penggunaan variabel fisik mampu memberikan perubahan pada nilai parameter ukur dengan kecenderungan yang beragam. Penerapan variabel fisik pada objek studi memanfaatkan desain ruang yang memiliki koridor serta ruang diatas plafon sebagai variabel volume dan reverberant chamber serta penggunaan variabel material. Hasil simulasi pada objek studi menunjukkan peningkatan nilai parameter ukur  $RT_{60}$  dari fungsi pidato ke fungsi musik progresif dan musik orkestra sebesar rata-rata 14% dan 28%. Penurunan nilai STI juga terjadi sebanding dengan peningkatan nilai  $RT_{60}$ .

**Kata-kata kunci: kualitas akustik, ruang multifungsi, simulasi CATT Acoustic, variabel fisik**

## ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the application of physical variables on changes in the value of the parameter measuring the object of study hall acoustics UAJY Student Center. Physical variables to be studied is a variable volume, variable reverberant chamber, and material variables. Object of study designs are designed for sports activities, large-scale meetings (speech function), and performing music with a sound amplifier. All three of these functions have different acoustic quality demands and applying acoustic design space to achieve the required standard of value is the hard thing to do.

The study was conducted by using a simulation program CATT Acoustic v8. The study begins by determining the type and location of the speakers, and then determine the application of physical variables. Each physical variables are divided into several types of models. The parameters to be used as a benchmark assessment is  $RT_{60}$  (T-30), STI, and EDT. The simulation result will be compared to seek a conclusion that can be used on the object study or used by other planners.

The results of numerical experiments demonstrate the use of physical variables capable of providing a change in the value of the parameter measuring the diverse tendencies. Application of physical variables on the object study utilizing design that has a corridor space and the space above the ceiling as a variable volume and variable reverberant chamber also the use of material variables. The simulation results on the object of study showed an increase in the value of the parameter  $RT_{60}$  measurement of speech functions to the function of progressive music and orchestral music by an average of 14% and 28%. Decline in STI value also occurs in proportion to the increase in  $RT_{60}$  value.

**Keywords: acoustic quality, CATT Acoustic simulation, multifunctional space, physical variables.**

## KATA PENGANTAR

Tujuan dari penulisan tesis ini tidak sekedar sebagai syarat untuk mencapai gelar Strata II dalam bidang arsitektur. Bagi penulis proses yang dilalui dan segala yang diperoleh selama masa penelitian merupakan tambahan ilmu dan pematangan pemikiran dalam usaha ber-arsitektur dengan lebih baik. Penulis juga berharap hasil penelitian dapat berguna bagi perencana lain bahwa dalam mendesain akustik ruang banyak hal yang harus dijadikan bahan pemikiran untuk menghasilkan ruang yang lebih fungsional.

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa untuk segala pengetahuan, kesehatan, dan cinta kasih sampai detik ini.

Terima kasih dan peluk cium untuk kedua orang tua yang berada jauh disana. Tanpa doa, semangat, dan dukungan kalian, saya tidak akan sampai ke titik ini.

Terima kasih dan cinta untuk ♥Brigitta Devi♥ yang selalu menemani dalam suka dan duka, selalu memberikan semangat dan dukungan serta pengertian yang besar.

Terima kasih yang sebesar besarnya untuk Bapak Prof. Prasasto Satwiko , Bapak Djoko Istiadji dan Ibu Floriberta Binarti, untuk ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bekal keterampilan yang telah dibagikan, serta telah menjadi inspirasi bagi saya. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Amos Setiadi dan segenap jajaran pengajar serta seluruh staff admisi pascasarjana UAJY, khususnya Mas Antok, maturnuwun mas untuk pengertiannya.

Kepada segenap teman seperjuangan di MDA UAJY, saya juga mengucapkan terima kasih untuk kebersamaan yang menyenangkan dan segala bantuannya. Semoga hubungan baik ini berlangsung selamanya. Penulis juga berterima kasih kepada segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu kelancaran penelitian dan penulisan ini.





## INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan variabel fisik pada perubahan nilai parameter ukur akustika ruang objek studi Student Center UAJY. Variabel fisik yang akan diteliti adalah variabel volume, variabel reverberant chamber, dan variabel material. Desain objek studi didesain untuk fungsi kegiatan olah raga, pertemuan skala besar (fungsi pidato), dan pentas musik dengan penguat bunyi. Ketiga fungsi tersebut memiliki tuntutan kualitas akustik yang berbeda dan menerapkan desain akustik ruang untuk mencapai standar nilai yang disyaratkan adalah hal yang sulit dilakukan.

Studi dilakukan dengan metode simulasi menggunakan program CATT Acoustic v8. Studi diawali dengan menentukan jenis dan letak speaker, kemudian menentukan penerapan variabel fisik. Tiap variabel fisik dibagi kedalam beberapa tipe model. Parameter yang akan dijadikan tolak ukur penilaian adalah  $RT_{60}$ , STI, dan EDT. Hasil simulasi kemudian dikomparasi untuk mencari kesimpulan yang dapat digunakan pada objek studi atau digunakan oleh perencana lain.

Hasil percobaan numerik menunjukkan penggunaan variabel fisik mampu memberikan perubahan pada nilai parameter ukur dengan kecenderungan yang beragam. Penerapan variabel fisik pada objek studi memanfaatkan desain ruang yang memiliki koridor serta ruang diatas plafon sebagai variabel volume dan reverberant chamber serta penggunaan variabel material. Hasil simulasi pada objek studi menunjukkan peningkatan nilai parameter ukur  $RT_{60}$  dari fungsi pidato ke fungsi musik progresif dan musik orkestra sebesar rata-rata 14% dan 28%. Penurunan nilai STI juga terjadi sebanding dengan peningkatan nilai  $RT_{60}$ .

**Kata-kata kunci: kualitas akustik, ruang multifungsi, simulasi CATT Acoustic, variabel fisik**

## ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the application of physical variables on changes in the value of the parameter measuring the object of study hall acoustics UAJY Student Center. Physical variables to be studied is a variable volume, variable reverberant chamber, and material variables. Object of study designs are designed for sports activities, large-scale meetings (speech function), and performing music with a sound amplifier. All three of these functions have different acoustic quality demands and applying acoustic design space to achieve the required standard of value is the hard thing to do.

The study was conducted by using a simulation program CATT Acoustic v8. The study begins by determining the type and location of the speakers, and then determine the application of physical variables. Each physical variables are divided into several types of models. The parameters to be used as a benchmark assessment is  $RT_{60}$  (T-30), STI, and EDT. The simulation result will be compared to seek a conclusion that can be used on the object study or used by other planners.

The results of numerical experiments demonstrate the use of physical variables capable of providing a change in the value of the parameter measuring the diverse tendencies. Application of physical variables on the object study utilizing design that has a corridor space and the space above the ceiling as a variable volume and variable reverberant chamber also the use of material variables. The simulation results on the object of study showed an increase in the value of the parameter  $RT_{60}$  measurement of speech functions to the function of progressive music and orchestral music by an average of 14% and 28%. Decline in STI value also occurs in proportion to the increase in  $RT_{60}$  value.

**Keywords: acoustic quality, CATT Acoustic simulation, multifunctional space, physical variables.**

## KATA PENGANTAR

Tujuan dari penulisan tesis ini tidak sekedar sebagai syarat untuk mencapai gelar Strata II dalam bidang arsitektur. Bagi penulis proses yang dilalui dan segala yang diperoleh selama masa penelitian merupakan tambahan ilmu dan pematangan pemikiran dalam usaha ber-arsitektur dengan lebih baik. Penulis juga berharap hasil penelitian dapat berguna bagi perencana lain bahwa dalam mendesain akustik ruang banyak hal yang harus dijadikan bahan pemikiran untuk menghasilkan ruang yang lebih fungsional.

Terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa untuk segala pengetahuan, kesehatan, dan cinta kasih sampai detik ini.

Terima kasih dan peluk cium untuk kedua orang tua yang berada jauh disana. Tanpa doa, semangat, dan dukungan kalian, saya tidak akan sampai ke titik ini.

Terima kasih dan cinta untuk ♥Brigitta Devi♥ yang selalu menemani dalam suka dan duka, selalu memberikan semangat dan dukungan serta pengertian yang besar.

Terima kasih yang sebesar besarnya untuk Bapak Prof. Prasasto Satwiko , Bapak Djoko Istiadji dan Ibu Floriberta Binarti, untuk ilmu pengetahuan, pengalaman, dan bekal keterampilan yang telah dibagikan, serta telah menjadi inspirasi bagi saya. Terima kasih juga saya sampaikan kepada Bapak Amos Setiadi dan segenap jajaran pengajar serta seluruh staff admisi pascasarjana UAJY, khususnya Mas Antok, maturnuwun mas untuk pengertiannya.

Kepada segenap teman seperjuangan di MDA UAJY, saya juga mengucapkan terima kasih untuk kebersamaan yang menyenangkan dan segala bantuannya. Semoga hubungan baik ini berlangsung selamanya. Penulis juga berterima kasih kepada segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu kelancaran penelitian dan penulisan ini.



## DAFTAR ISI

|   |    |
|---|----|
| Daftar Isi.....   | 1  |
| Daftar Tabel .....  | 5  |
| Daftar Gambar .....   | 7  |
| Daftar Grafik .....   | 10 |
| Daftar Bagan .....  | 12 |
| Daftar Lampiran .....   | 13 |
| I. PENDAHULUAN.....   | 15 |
| A. Latar Belakang .....   | 15 |
| B. Latar Belakang Masalah.....  | 19 |
| C. Perumusan Masalah .....  | 20 |
| D. Batasan Masalah.....   | 20 |
| E. Keaslian Penelitian.....   | 21 |
| F. Manfaat Penelitian .....   | 22 |
| G. Tujuan Penelitian .....  | 22 |
| H. Sistematika Penulisan .....  | 22 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA.....   | 24 |
| A. Bunyi pada Fungsi Pidato dan Musik .....                           | 24 |
| B. Parameter Kualitas Akustik Ruang untuk Olah raga, Pidato dan Musik | 29 |
| 1. Waktu Dengung (Reverberation Time - $RT_{60}$ ).....               | 29 |
| 2. Kekuatan bunyi (Sound Pressure Level/SPL) .....                    | 31 |
| 3. Initial Time Delay Gap (ITDG).....                                 | 31 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 4.  | Kejernihan bunyi ( <i>Clarity/ C50 – C80</i> ).....                      | 31 |
| 5.  | Kejelasan lafal ( <i>Definition/ D50 – D80</i> ) .....                   | 33 |
| 6.  | Speech Transmission Index (STI) dan Rapid STI (RaSTI).....               | 33 |
| 7.  | Early Decay Time (EDT) .....   | 34 |
| 8.  | <i>Sound Strength (G)</i> .....  | 35 |
| 9.  | <i>Lateral Fraction (LF)</i> .....                                       | 36 |
| 10. | <i>Brilliance (Br)</i> .....   | 37 |
| 11. | Bass Ratio & Treble Ratio (BR & TR).....                                 | 37 |
| C.  | Material Akustik Ruang .....   | 39 |
| 1.  | Penyerap Bunyi ( <i>Absorb</i> ) .....                                   | 39 |
| 2.  | Penyebar Bunyi ( <i>Diffuse</i> ).....                                   | 41 |
| 3.  | Pemantul Bunyi ( <i>Reflektor</i> ) .....                                | 43 |
| D.  | Variabel Fisik Akustik Ruang.....  | 44 |
| 1.  | Volume ruang yang dapat berubah-ubah.....                                | 44 |
| 2.  | Ruang dengung.....   | 45 |
| 3.  | Material penyerap bunyi yang dapat disesuaikan.....                      | 45 |
| 4.  | Reflektor bunyi yang dapat disesuaikan.....                              | 46 |
| 5.  | Material penyebar ( <i>scattering</i> ) bunyi yang dapat disesuaikan.... | 47 |
| 6.  | Pengaturan jumlah audience.....  | 48 |
| 7.  | Sistem akustika buatan. ....   | 49 |
| E.  | Tinjauan Software Simulasi Akustik .....                                 | 50 |
| 1.  | Autodesk Ecotect 2010.....   | 50 |
| 2.  | CATT Acoustic .....  | 53 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| F.   | Pernyataan Penelitian.....                            | 56 |
| III. | METODE PENELITIAN.....                                | 57 |
| A.   | Bahan dan Materi Penelitian.....                      | 57 |
| B.   | Alat Penelitian.....                                  | 57 |
| C.   | Langkah Penelitian.....                               | 59 |
| D.   | Variabel yang Ditinjau.....                           | 61 |
| E.   | Metode Analisis Hasil.....                            | 62 |
| F.   | Jadwal Penelitian.....                                | 63 |
| IV.  | HASIL PENELITIAN NUMERIK VARIABEL FISIK.....          | 64 |
| A.   | Variabel Tetap Kondisi Percobaan.....                 | 64 |
| 1.   | Model dasar bangunan.....                             | 64 |
| 2.   | Sumber bunyi.....                                     | 65 |
| 3.   | Spesifikasi material ruang.....                       | 65 |
| 4.   | Posisi pendengar.....                                 | 67 |
| 5.   | Initial Condition Ruang.....                          | 68 |
| B.   | Model Variabel Fisik.....                             | 69 |
| 1.   | Model normal.....                                     | 69 |
| 2.   | Variabel volume.....                                  | 69 |
| 3.   | Variabel reverberant chamber.....                     | 71 |
| 4.   | Variabel reflektor.....                               | 71 |
| 5.   | Variabel material absorb, diffuse, dan reflektif..... | 73 |
| C.   | Hasil Simulasi dan Pembahasan.....                    | 75 |
| 1.   | Variabel volume.....                                  | 75 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 2.  | Variabel reverberant chamber .....                          | 80  |
| 3.  | Variabel reflektor .....                                    | 84  |
| 4.  | Variabel material absorb, diffuse, dan reflektif.....       | 88  |
| D.  | Kesimpulan .....  | 93  |
| V.  | SIMULASI & PEMBAHASAN PADA OBJEK STUDI .....                | 96  |
| A.  | Desain Objek Studi .....                                    | 96  |
| B.  | Initial Condition .....                                     | 97  |
| 1.  | Jenis dan peletakan speaker.....                            | 97  |
| 2.  | Material Akustika Ruang.....                                | 99  |
| 3.  | Audien .....  | 100 |
| 4.  | Kondisi ruang .....   | 101 |
| C.  | Aplikasi Penelitian Numerik.....                            | 101 |
| 1.  | Kombinasi variabel fisik untuk fungsi pidato .....          | 101 |
| 2.  | Kombinasi variabel fisik untuk fungsi musik progresif ..... | 103 |
| 3.  | Kombinasi variabel fisik untuk fungsi musik klasik .....    | 104 |
| 4.  | Kombinasi variabel fisik untuk model olah raga.....         | 105 |
| D.  | Hasil Simulasi dan Pembahasan.....                          | 106 |
| 1.  | $RT_{60}$ .....   | 106 |
| 2.  | STI/RaSTI .....   | 107 |
| 3.  | EDT .....   | 108 |
| 4.  | Nilai G pada fungsi olah raga.....                          | 109 |
| VI. | KESIMPULAN .....  | 110 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1: Frekuensi bunyi dan panjang gelombangnya (Cowan, 2000).....  | 25 |
| Tabel 2: Nilai C80 yang disarankan berdasarkan pembagian area penonton<br>(Makrinenko, 1993) .....                      | 33 |
| Tabel 3. Ringkasan hubungan antara parameter ukur dengan parameter subjektif<br>(diringkas dari Yilmaz, 2005).....      | 38 |
| Tabel 4: Evaluasi subjektif perbedaan koefisien serap oleh pendengaran<br>manusia.(Egan 1988) .....                     | 39 |
| Tabel 5: Hasil nilai RT pada beberapa gereja karena pengaruh okupansi<br>(Desarnaulds, 2002) .....                      | 48 |
| Tabel 6: Fungsi analisis akustika pada Autodesk Ecotect Analysis 2010 .....   | 52 |
| Tabel 7: Metode pengumpulan data (penulis, 2014).....   | 57 |
| Tabel 8: Alat penelitian simulasi dan analisa hasil (penulis, 2014).....  | 58 |
| Tabel 9: Variabel yang akan dipelajari dan parameter ukur yang digunakan untuk<br>analisa hasil (penulis, 2014).....    | 62 |
| Tabel 10: Parameter ukur objektif yang akan dijadikan patokan penilaian kualitas<br>akustika ruang (penulis, 2014)..... | 62 |
| Tabel 11: Jadwal Penelitian (sumber: penulis, 2014) .....   | 63 |
| Tabel 12: Rekomendasi level background noise pada tipe fungsi ruang (Everest,<br>2001) .....                            | 68 |
| Tabel 13: Tipe model uji variabel volume (modeling data primer, 2014).....  | 69 |
| Tabel 14: Model uji variabel reverberant chamber. (modeling data primer, 2014)<br>.....                                 | 72 |

|   |    |
|---|----|
| Tabel 15: Tipe model uji variabel reflektor. (modeling data primer, 2014) .....   | 72 |
| Tabel 16: Dasar kombinasi material bidang vertikal model uji var. material. (A =<br>Absorb; D = Diffuse; R = Reflektor ) (penulis, 2014)..... | 73 |
| Tabel 17: Tipe model uji variabel material. (Hijau = Pantul; Biru = Serap; Ungu =<br>Diffuse) (modeling data primer, 2014).....               | 74 |
| Tabel 18: Rekapitulasi nilai T-30 (RT60) variabel volume (analisis, 2014) .....   | 77 |
| Tabel 19: Rekapitulasi nilai T-30 (RT) model reverberant chamber.<br>(analisis data, 2014) .....  | 81 |
| Tabel 20: Rekapitulasi nilai T-30 (RT) model reflektor. (analisis data, 2014).....  | 85 |
| Tabel 21: Rekapitulasi nilai T-30 (RT) variabel material. (analisis data, 2014)...  | 89 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1: Penurunan dengung bunyi normal dalam ruang (a) dan penurunan yang di pengaruhi oleh <i>reverberant chamber</i> (b) (Barron, 2010). ..... | 17 |
| Gambar 2: Penerapan variabel material penyerap (Everest, 2001).....  | 18 |
| Gambar 3: Rentang frekuensi bunyi manusia, musik, dan percobaan laboratorium (Mehta, Johnson & Rocafort 1999). .....                               | 24 |
| Gambar 4: Batas sensitifitas telinga manusia terhadap kekuatan bunyi (SPL) dikaitkan dengan frekuensi bunyi (Everest, 2001) .....                  | 26 |
| Gambar 5: Proporsi kekuatan bunyi dikaitkan dengan frekuensi-nya pada rentang sensitifitas pendengaran manusia untuk pidato. (Everest, 2000).....  | 27 |
| Gambar 6: Proporsi kekuatan bunyi dikaitkan dengan frekuensi-nya pada rentang sensitifitas pendengaran manusia untuk musik. (Everest, 2000) .....  | 27 |
| Gambar 7: Interaksi antara bunyi yang dekat dengan sumbernya, bunyi langsung, dan bidang <i>reverberant</i> (Irvine & Richards, 1998). .....       | 28 |
| Gambar 8: Waktu dengung yang disarankan sesuai dengan fungsi ruang (sumber: Thorburn, 2008).....   | 30 |
| Gambar 9: Waktu dengung optimum untuk berbagai fungsi akustika berdasarkan volume ruang (sumber: Mehta, 1999).....                                 | 30 |
| Gambar 10: Lama waktu pengurangan kekuatan bunyi pada laval pertama berpengaruh pada kejelasan pada laval kedua. (sumber: Barron, 2010). 34        |    |
| Gambar 11: Penggolongan kualitas akustik ruang pidato berdasarkan nilai STI atau RaSTI (sumber: Kuttruff, 2009).....                               | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 12: Koefisien serap beberapa material bangunan (Satwiko, 2009).....  | 40 |
| Gambar 13: Kontruksi umum penyerap bunyi berongga atau Helmholtz<br>Resonator. (Everest, 2000).....   | 41 |
| Gambar 14: Perilaku pantulan pada material diffuser (Barron, 2010).....   | 42 |
| Gambar 15: Pola quadratic residue diffuser (Walker, 1990) .....   | 42 |
| Gambar 16: Pola quadratic residue diffuser yang telah dikembangkan<br>(Walker, 1990) .....  | 42 |
| Gambar 17: Refleksi permukaan cembung, bidang datar dan permukaan cekung<br>(Barron, 2010).....   | 43 |
| Gambar 18: Perubahan volume ruang karena plafon yang dapat disesuaikan,<br>Milton Keynes Theatre (Orlowski, 2002).....                                | 44 |
| Gambar 19: Konsep ruang dengung, Gallagher-Bluedorn Performing Arts Center<br>(www.e-sagephysics.com, diakses pada 02-10-2014).....                   | 45 |
| Gambar 20: Variasi material penyerap bunyi, Hong Kong Academy for<br>Performing Arts (Barron, 2010).....  | 46 |
| Gambar 21: Penempatan material pemantul bunyi (www.measurement-<br>testing.com, diakses pada 02-10-2014).....   | 47 |
| Gambar 22: Prinsip akustika buatan yang menggunakan eksternal reverberator,<br>Central Hall, York University (kanan). (Kuttruff, 2009. Barron, 2010). | 49 |
| Gambar 23: Penentuan batasan nilai $RT_{60}$ objek studi berdasarkan volume ruang.<br>.....   | 61 |
| Gambar 24. Model dasar ruang uji (model uji numerik, 2014) .....  | 64 |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 25. Polar distribusi <i>speaker</i> pada model uji (CATT Acoustic V8.0, 2014)   | 65  |
| Gambar 26. Potongan ruang uji dengan pewarnaan sesuai material (model uji numerik, 2014)                                     | 66  |
| Gambar 27: Posisi sumber bunyi (segitiga) dan pendengar (lingkaran) pada model uji. (model uji numerik, 2014)                | 67  |
| Gambar 28. Spesifikasi <i>speaker</i> yang digunakan pada kasus studi. (JBL-Pro VP7315 datasheet, 2014)                      | 98  |
| Gambar 29. Jenis <i>speaker</i> yang digunakan pada kasus studi. (JBL-Pro VP7315 datasheet, 2014)                            | 98  |
| Gambar 30. Posisi speaker pada model ruang objek studi (lingkaran hitam) (modeling model objek studi, CATT, 2014)            | 99  |
| Gambar 31: Posisi pendengar yang dijadikan sampel uji sebanyak delapan titik (model simulasi CATT objek studi, 2014)         | 101 |
| Gambar 32: Aplikasi studi numerik pada model objek studi untuk fungsi pidato (modeling model uji objek studi, 2014)          | 102 |
| Gambar 33: Aplikasi studi numerik pada model objek studi untuk fungsi musik progresif (modeling model uji objek studi, 2014) | 103 |
| Gambar 34: Aplikasi studi numerik pada model objek studi untuk fungsi musik orkestra (modeling model uji objek studi, 2014)  | 105 |

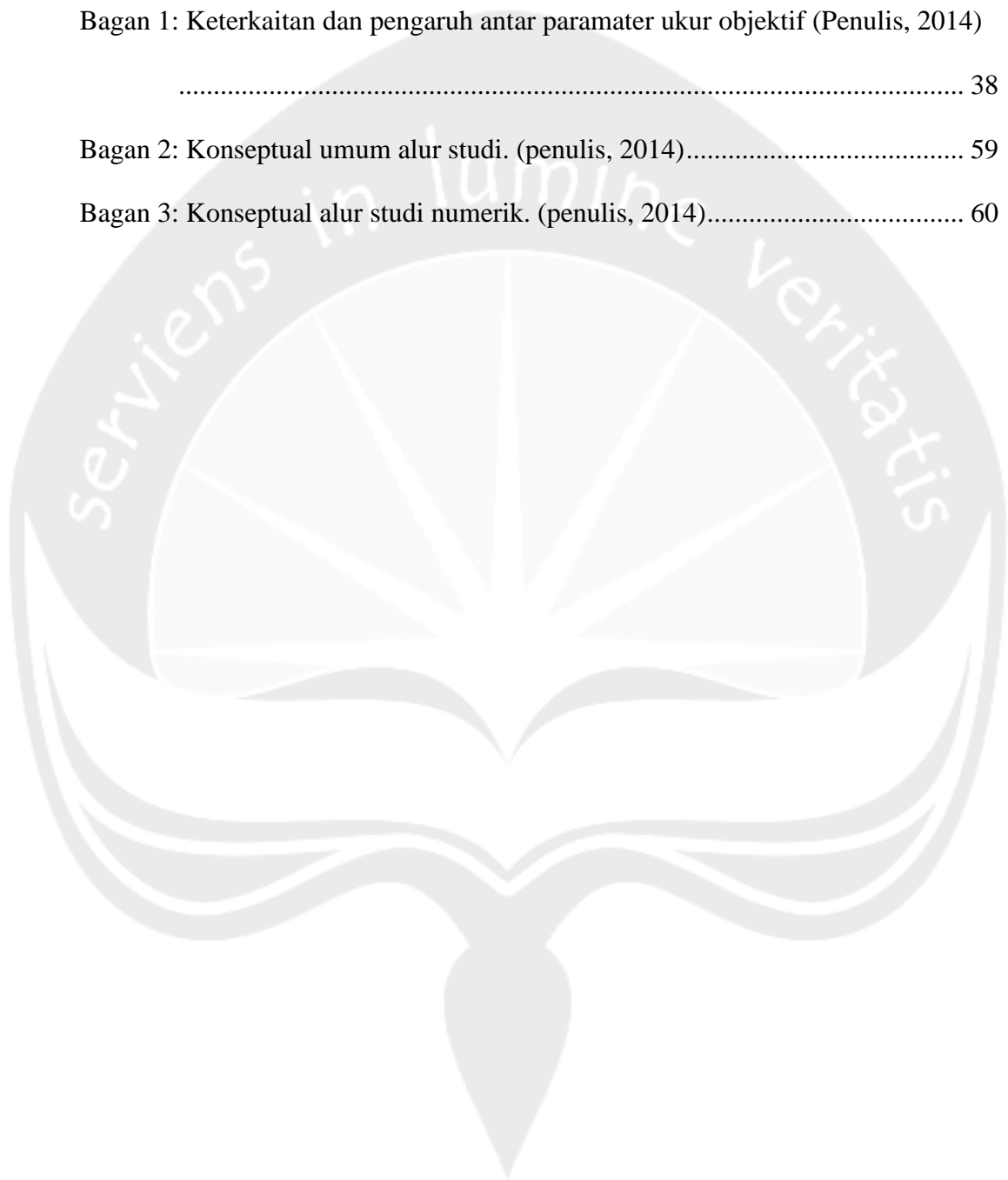
## DAFTAR GRAFIK

|  |    |
|--|----|
| Grafik 1. Nilai RT untuk pengujian variabel volume (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014).....   | 76 |
| Grafik 2: Selisih nilai penurunan atau kenaikan T-30 (RT) variabel volume (analisis, 2014).....  | 77 |
| Grafik 3. Nilai STI untuk pengujian variabel volume (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014).....  | 78 |
| Grafik 4. Nilai EDT untuk pengujian variabel volume freq bawah (atas) freq. tengah (tengah) freq. atas (bawah). (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014) ..... | 79 |
| Grafik 5. Nilai RT untuk pengujian variabel reverberant chamber (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014).....  | 81 |
| Grafik 6: Selisih penurunan dan kenaikan nilai T-30 pada model reverberant chamber (analisis data, 2014) .....   | 81 |
| Grafik 7. Nilai STI untuk pengujian variabel referberant chamber (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014).....   | 82 |
| Grafik 8. Nilai EDT untuk pengujian variabel reverberant chamber (atas-bawah) freq. bawah, tengah, dan atas. (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014) .....    | 83 |
| Grafik 9. Nilai RT untuk pengujian variabel reflektor (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014).....  | 84 |

|   |    |
|---|----|
| Grafik 10: Selisih penurunan dan kenaikan nilai T-30 pada model reflektor<br>(analisis data, 2014) .....  | 85 |
| Grafik 11. Nilai STI untuk pengujian variabel reflector (rekapitulasi hasil simulasi<br>CATT, 2014).....  | 86 |
| Grafik 12. Nilai EDT untuk pengujian variabel reflektor (atas-bawah) freq. bawah,<br>tengah, dan atas. (rekapitulasi hasil simulasi CATT, 2014) ..... | 87 |
| Grafik 13. Nilai RT untuk pengujian variabel material (rekapitulasi hasil simulasi<br>CATT, 2014).....  | 89 |
| Grafik 14: Selisih penurunan dan kenaikan nilai T-30 pada variabel material<br>(analisis data, 2014) .....  | 90 |
| Grafik 15. Nilai STI untuk pengujian variabel material (rekapitulasi hasil simulasi<br>CATT, 2014).....   | 90 |
| Grafik 16. Nilai EDT untuk pengujian variabel material freq. bawah (rekapitulasi<br>hasil simulasi CATT, 2014).....                                   | 91 |

## DAFTAR BAGAN

|   |    |
|---|----|
| Bagan 1: Keterkaitan dan pengaruh antar paramater ukur objektif (Penulis, 2014) |    |
| .....   | 38 |
| Bagan 2: Konseptual umum alur studi. (penulis, 2014).....                       | 59 |
| Bagan 3: Konseptual alur studi numerik. (penulis, 2014).....                    | 60 |





## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1: Mapping nilai $RT_{60}$ pada variasi model variabel volume.....  | 115 |
| Lampiran 2: Mapping nilai RT pada variasi model reverberant chamber .....  | 119 |
| Lampiran 3: Mapping nilai RT pada variasi model variabel reflektor.....  | 121 |
| Lampiran 4: Mapping nilai RT pada variasi model variabel material .....  | 123 |
| Lampiran 5: Gambar desain Student Center UAJY update 18 November 2014<br>(atas: denah lapangan, bawah: denah tribun) (tim perencana, 2014)....                                 | 127 |
| Lampiran 6: Spesifikasi speaker yang digunakan pada simulasi objek studi .....   | 129 |
| Lampiran 7: Overlapping bunyi dari speaker pada area audien.....   | 131 |
| Lampiran 8: Simulasi partikel bunyi dari sumber suara untuk penentuan posisi dan<br>kemiringan speaker (atas: speaker A1, tengah: speaker A2, bawah:<br>speaker A3 & A4) ..... | 132 |
| Lampiran 9: Jenis material yang digunakan dan nilai koefisien serapnya.....  | 133 |
| Lampiran 10: Hasil perhitungan dan desain model diffuser .....   | 134 |
| Lampiran 11: Model objek studi hasil kombinasi konsep variabel fisik yang akan<br>diuji .....  | 135 |
| Lampiran 12: Simulasi ray untuk menentukan desain reverberant chamber pada<br>plafon .....   | 136 |
| Lampiran 13: Konsep aplikasi teknis perubahan variabel material (atas: pidato,<br>tengah: musik progresif, bawah: musik panjang) .....   | 137 |
| Lampiran 14: Komparasi nilai T-30 hasil simulasi pada objek studi.....   | 138 |
| Lampiran 15: Komparasi mapping nilai RT hasil simulasi pada objek studi .....  | 140 |

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 16: Komparasi nilai STI hasil simulasi pada objek studi .....                       | 143 |
| Lampiran 17: Komparasi mapping nilai RaSTI hasil simulasi pada objek studi                   | 145 |
| Lampiran 18: Komparasi nilai EDT hasil simulasi pada objek studi.....                        | 146 |
| Lampiran 19: Nilai G titik pengamat untuk kombinasi variabel fisik fungsi Olah<br>Raga ..... | 148 |
| Lampiran 20: Mapping nilai G untuk kombinasi variabel fisik fungsi Olah Raga                 | 148 |

