

**SIMULASI LINGKUNGAN SONIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS BERBASIS REKAMAN AMBISONIK ORDE
PERTAMA DALAM KONTEKS SOUNDSCAPE**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister dari
Institut Teknologi Bandung**

**Oleh
RIFQI IKHWANUDDIN
NIM: 23315304
(Program Studi Magister Teknik Fisika)**



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Desember 2017**

ABSTRAK

SIMULASI LINGKUNGAN SONIK PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS BERBASIS REKAMAN AMBISONIK ORDE PERTAMA DALAM KONTEKS SOUNDSCAPE

Oleh

Rifqi Ikhwanuddin

NIM: 23315304

(Program Studi Magister Teknik Fisika)

Desain area perpustakaan idealnya menyesuaikan kebutuhan pengunjung terhadap fungsi ruang. Ketersediaan ruang khusus di perpustakaan menjadi aspek yang penting untuk mewujudkan suasana belajar kondusif. Perbaikan kondisi akustik pada umumnya terfokus pada peredaman tingkat bunyi ekuivalen tanpa melibatkan persepsi pengguna ruang perpustakaan. Metode ini juga tidak mempertimbangkan apakah ragam bunyi-bunyi di perpustakaan dianggap mengganggu atau tidak. Terdapat pendekatan alternatif yang dikembangkan untuk keperluan evaluasi dan desain dalam konteks lingkungan sonik urban yang dikenal dengan istilah soundscape. Pendekatan soundscape ini lebih lengkap menghubungkan interaksi antara bunyi, manusia, ruang, dan konteksnya, sehingga penilaian manusia yang tidak tunggal terhadap lingkungan sonik dapat terwadahi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi lingkungan sonik perpustakaan dari sisi persepsi dan memperbaiki kondisi lingkungan sonik yang ada. Pengukuran persepsi dan lingkungan sonik dilakukan di perpustakaan universitas di Yogyakarta (UGM) dan Bandung (ITB). Bunyi yang dianggap mengganggu berasal dari obrolan ringan (62%), diskusi intens (68%), dan percakapan telepon (78%). Dari hasil analisis menghasilkan tiga dimensi soundscape: **Preferensi** (19%), **Dinamika** (17%), dan **Komunalitas** (15%). Analisis *K-means* berdasarkan persepsi menunjukkan pembagian fungsi ruangan menjadi ruang belajar dan ruang diskusi. Perbaikan lingkungan sonik dilakukan dengan menambahkan bunyi hujan, kicau burung, dan musik pada simulator. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penambahan bunyi pada lingkungan sonik mampu meningkatkan skor **Preferensi** pengunjung. Bunyi yang secara signifikan meningkatkan **Preferensi** di area belajar adalah bunyi hujan (45 dBA) dan musik instrumental (53 dBA) dengan tempo 50-85 BPM. Adapun komposisi bunyi yang disukai untuk area diskusi adalah bunyi hujan (43 dBA) dan musik barat (60 dBA) dengan tempo 105-250 BPM.

Kata kunci: perpustakaan universitas, simulator, soundscape, ambisonik, dan skala semantik diferensial.

ABSTRACT

SIMULATION FOR SONIC ENVIRONMENT OF UNIVERSITY LIBRARY BASED ON FIRST ORDER AMBISONIC RECORDING IN SOUNDSCAPE CONTEXT

By

Rifqi Ikhwanuddin

NIM: 23315304

(Master's Program in Engineering Physics)

The library area design ideally adapts the visitor's needs to the space function. The availability of specific space in the library is an important aspect to create a conducive learning atmosphere. Acoustic condition improvements generally focus on attenuating equivalent sound levels without involving the library users' perceptions. This method also does not consider whether the variety of sounds in the library is considered intrusive or not. There is an alternative approach developed for evaluation and design purposes in the context of urban sonic environments known as soundscape. The soundscape approach fully connects interactions between sound, user, space, and context, so that multi-assessment of the sonic environment can be accommodated.

*This work aims to evaluate the sonic environment of university libraries from the perception perspective and also to improve the existing conditions. The perception assessment and sonic environment recording was done in university libraries in Yogyakarta (UGM) and Bandung (ITB). Disturbing and disruptive sounds come from small talk (62%), intense discussion (68%), and telephone conversation (78%). The results of principal component analysis suggest there are three soundscape dimensions: **Preferences** (19%), **Dynamics** (17%), and **Community** (15%). K-means clustering analysis based on perceived environments shows division of room function into study room and discussion room. The sonic environment enhancements were done by adding rain sounds, bird chirping, and music on the simulator. The simulation results show that the addition of sound to the sonic environments can increase visitors' satisfaction on **Preference** score. Sound which significantly increases the users' Preference in the study area is rain sounds (45 dBA) and instrumental music (53 dBA) with tempo range about 50-85 BPM. While the preferred sound compositions for the discussion area are rain sounds (43 dBA) and western music (60 dBA) with tempo range about 105-250 BPM.*

Keywords: university library, simulator, soundscape, ambisonics, and semantic differential scale.

**SIMULASI LINGKUNGAN SONIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS BERBASIS REKAMAN AMBISONIK ORDE
PERTAMA DALAM KONTEKS SOUNDSCAPE**

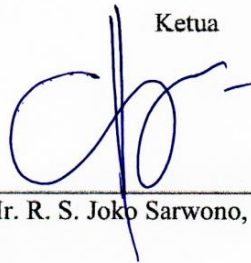
Oleh
Rifqi Ikhwanuddin
NIM: 23315304
(Program Studi Magister Teknik Fisika)

Institut Teknologi Bandung

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal 19 Desember 2017

Ketua



(Ir. R. S. Joko Sarwono, M.T., Ph.D)

Anggota



(Sentagi Sesotya Utami, S.T., M.Sc., Ph.D)

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis S2 yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Institut Teknologi Bandung, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Institut Teknologi Bandung. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tesis ini dapat ditulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Ikhwanuddin, R. (2017): *Simulasi lingkungan sonik perpustakaan universitas berbasis rekaman ambisonik orde pertama dalam konteks soundscape*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Ikhwanuddin, R. (2017): *Simulation for sonic environment of university library based on first order ambisonic recording in soundscape context*, Master's Thesis, Institut Teknologi Bandung.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizin Dekan Sekolah Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung.

*Tesis ini saya persembahkan untuk Abah, Ibu, dan adik-adik, serta keluarga besar
tercinta yang senantiasa mendukung lahir dan batin.*

*“Soon shall We show them Our Signs in the universe and in their own souls, until
it becomes clear to them that this Quran is indeed the Truth. Is it not enough that
your Rabb is a witness over everything?” (QS. 41: 53)*

KATA PENGANTAR

Saya menyelesaikan penelitian dalam bimbingan Ir. R. S. Joko Sarwono, Ph.D bersama Sentagi Sesotya Utami, Ph.D dari Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada. Saya ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua dosen pembimbing saya yang dengan sabar menuntun proses belajar penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga penulisannya. Serta kepada Anugrah Sabdono Sudarsono, Ph.D atas diskusi dan masukannya dalam hal teknis yang amat bermanfaat bagi penulis. Saya bersyukur dapat menyelesaikan karya ini dalam bimbingan beliau semua. Dan yang terpenting *alhamdulillah rabbil 'aalamiin* atas kemudahan dan perkenan-Nya.

Kesempatan aktif dalam penelitian di Laboratorium Fisika Bangunan & Akustik ITB ini adalah karena dukungan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia. Oleh sebabnya, menuntaskan pendidikan sebaik-baiknya adalah wujud tanggung jawab penulis terhadap bangsa dan masyarakat Indonesia. Jaya selalu LPDP, aku pasti mengabdikan!

Dalam menyelesaikan tesis ini, saya mendapat dukungan dan bantuan dari banyak pihak, kepada mereka yang tidak dapat disebutkan satu-persatu saya berterima kasih sebesar-besarnya, mudah-mudahan segala kebaikan dan ketulusannya diganjar-Nya dengan berkah yang berlipat-lipat. Kepada Drs. Agus Purwadi, M.Si dan Dra. Naimatul Fuadah, Abah dan Ibu yang tak hentinya menyelipkan baris-baris doa yang panjang untuk putra-putrinya; memberikan banyak dukungan agar penulis menuntaskan studi. Kepada adik-adik, Hanifatus Salwa, S.Ant dan Ahmad Faiq Fashihul Umam semoga karya ini memotivasi kalian agar senantiasa berkarya dan mencintai ilmu. Untuk teman-teman di Laboratorium Fisika Bangunan & Akustik atas keceriaan dan diskusinya. Terima kasih Pak Jack, Kevin, Randy, Ivan, Grady, Akmal, Eki, Iva, Elsa, Keysha, Ranti, Dita dan Kak Dara atas kebersamaannya yang berkesan.

Bandung, 19 Desember 2017

Rifqi Ikhwanuddin

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS	iv
HALAMAN PERUNTUKAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
Bab I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Permasalahan	3
I.3 Tujuan	4
I.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
I.5 Metodologi Penelitian	4
I.6 Sistematika Tesis	5
Bab II Tinjauan Pustaka	7
Bab III Dasar Teori	13
III.1 Fundamental Ambisonik	13
III.1.1 Sistem Koordinat	13
III.1.2 Spherical Harmonics	14
III.1.3 Normalisasi Ambisonik N3D	16
III.1.4 Mikrofon Ambisonik (A-Format)	16
III.1.5 Encoding (Pengkodean Sinyal)	17
III.1.6 Decoding (Penerjemahan Sinyal)	18
III.2 Tingkat Tekanan Bunyi Ekuivalen dan Persentil	20
III.3 Uji T Berpasangan	21
III.4 Uji Normalitas dan ANOVA	22
III.5 Analisis Gugus K-means	22
III.6 Analisis Komponen Utama	24
III.7 Sistem Simulator Soundscape	29
Bab IV Metode Penelitian	31
IV.1 Uji Dengar Soundscape Perpustakaan Universitas <i>In Situ</i>	32
IV.1.1 Kuesioner Uji Dengar	32
IV.1.2 Mikrofon Ambisonik	32
IV.1.3 Stan Mikrofon	32
IV.1.4 Audio Interface	33
IV.1.5 Reaper dan Plugin VST	33
IV.1.6 Pelaksanaan Uji Dengar <i>In Situ</i>	33
IV.2 Uji Dengar Reproduksi/Simulasi Soundscape di Laboratorium	34

IV.2.1	Kuesioner Uji Dengar	35
IV.2.2	Speaker Monitor.....	35
IV.2.3	Audio Interface	36
IV.2.4	Antar Muka Kendali TouchOSC (Tablet).....	36
IV.2.5	Pelaksanaan Uji Dengar di Laboratorium	37
Bab V	Hasil dan Analisis	40
V.1	Aktivitas di Perpustakaan Universitas.....	42
V.2	Bunyi-Bunyi di Perpustakaan Universitas	43
V.3	Tingkat Tekanan Bunyi Area	44
V.4	Kuesioner Persepsi <i>in situ</i>	47
V.5	Analisis Gugus K-means	49
V.6	Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis).....	52
V.7	Simulasi/Reproduksi Soundscape Perpustakaan	59
V.8	Komposisi Bunyi Tambahan pada Simulator Soundscape.....	64
Bab VI	Kesimpulan dan Pengembangan.....	70
VI.1	Kesimpulan.....	70
VI.2	Pengembangan Penelitian.....	70
	DAFTAR PUSTAKA	71
	LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 Sistem koordinat Kartesian dan bola (Kronlachner, 2014).	13
Gambar III.2 <i>Spherical harmonics</i> hingga orde $n = 3$ (Courville, 2017).	14
Gambar III.3 Representasi pola tangkapan sinyal ambisonik.	17
Gambar III.4 Direktivitas pola polar reproduksi ambisonik orde pertama (FOA) menggunakan speaker (Wiggins, 2004).	18
Gambar III.5 Ilustrasi kalibrasi level mikrofon ambisonik di ruang dengung.	20
Gambar III.6 Skema sistem simulator soundscape.	29
Gambar III.7 Komunikasi data berbasis <i>Open Sound Control</i> .	30
Gambar IV.1 Alur penelitian tahap 1: uji dengar soundscape <i>in situ</i> .	31
Gambar IV.2 Alur penelitian tahap 2: uji dengar soundscape di simulator.	31
Gambar IV.3 Alur pelaksanaan eksperimen uji dengar dan perekaman <i>in situ</i> .	33
Gambar IV.4 Pengaturan tinggi dan jarak speaker monitor terhadap responden.	35
Gambar IV.5 Konfigurasi speaker monitor segi delapan.	36
Gambar IV.6 Antar muka kendali TouchOSC pada tablet Android 6.0.1.	37
Gambar IV.7 Alur prosedur uji dengar soundscape di laboratorium.	38
Gambar IV.8 Penilaian reproduksi soundscape perpustakaan.	39
Gambar V.1 Denah Lantai 1 (1-a, 1-b, dan 1-c) PP ITB.	40
Gambar V.2 Denah Lantai 4 (4-a, 4-b, dan 4-c) PP ITB.	41
Gambar V.3 Denah Lantai 1 (1-a dan 1-b) PFT UGM.	41
Gambar V.4 Denah Lantai 2 (2-a dan 2-b) PFT UGM.	41
Gambar V.5 Denah Lantai 3 PFT UGM.	42
Gambar V.6 Persentase aktivitas di perpustakaan universitas ITB dan UGM.	42
Gambar V.7 Persepsi mahasiswa terhadap bunyi-bunyi yang dianggap mengganggu konsentrasi di perpustakaan universitas.	44
Gambar V.8 Grafik Tingkat Tekanan Bunyi Persentil berdasar Tabel V.1.	45
Gambar V.9 Grafik Tingkat Tekanan Bunyi Persentil berdasar Tabel V.2.	46
Gambar V.10 Profil gender responden kuesioner <i>in situ</i> di dua perpustakaan.	48
Gambar V.11 Profil usia responden kuesioner <i>in situ</i> di dua perpustakaan.	49
Gambar V.12 Persentase gugus K-means di kedua perpustakaan.	49
Gambar V.13 Profil soundscape perpustakaan di 4 lokasi dalam radar 3 sumbu.	55
Gambar V.14 Profil soundscape perpustakaan di empat lokasi.	55
Gambar V.15 Rerata Preferensi sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.	61
Gambar V.16 Rerata Dinamika sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.	62
Gambar V.17 Rerata Komunalitas sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.	63
Gambar V.18 Tahapan analisis komponen bunyi tambahan dalam simulator.	64
Gambar V.19 Tingkat kemunculan bunyi dalam reproduksi soundscape.	68
Gambar V.20 Rerata LA_{eq} objek-objek bunyi dalam simulasi soundscape.	69

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Implementasi objek-objek bunyi di dalam simulator soundscape konteks lingkungan sonik urban (Sudarsono dan Davies, 2016). ...8
Tabel II.2	Skala semantik diferensial pada konteks soundscape urban dikembangkan di Universitas Salford (Sudarsono dkk., 2016).9
Tabel II.3	Ringkasan pustaka untuk topik metode soundscape dengan objek kajian beragam (Aletta dkk., 2016).10
Tabel II.4	Ringkasan pustaka untuk topik performa kognitif, soundscape, dan lingkungan sonik perpustakaan universitas.11
Tabel III.1	<i>Spherical harmonics</i> dengan kode Y_{nm} hingga orde tiga. Identitas n sebagai orde dan m sebagai derajat.15
Tabel III.2	Penurunan level dB pada beberapa skema normalisasi berbeda. ...16
Tabel III.3	Orientasi kapsul-kapsul mikrofon ambisonik.17
Tabel III.4	Identitas nomor posisi n , derajat azimuth α° speaker terhadap pendengar, dan penerjemahan sinyal B-Format tiap speaker.19
Tabel III.5	Hasil uji kecukupan sampel data KMO dari <i>software</i> SPSS.25
Tabel III.6	Matriks korelasi untuk memeriksa indeks KMO per unit. Sel dengan warna kuning adalah indeks KMO per variabel.27
Tabel III.7	Uraian seluruh variansi komponen analisis utama dengan kriteria Eigenvalue > 1 dan rotasi Varimax.28
Tabel III.8	Alamat protokol internet dan gerbang komunikasi antar aplikasi. 30
Tabel IV.1	Urutan skenario reproduksi dan simulasi.34
Tabel IV.2	Rincian komponen skala semantik.38
Tabel V.1	Tingkat Tekanan Bunyi Persentil PP ITB Lantai 1 dan 4.45
Tabel V.2	Tingkat Tekanan Bunyi Persentil PFTUGM Lantai 1, 2, dan 3.46
Tabel V.3	Skala semantik diferensial untuk soundscape perpustakaan.48
Tabel V.4	Ringkasan analisis komponen utama semantik kuesioner <i>in situ</i> . 52
Tabel V.5	Kriteria kelayakan data untuk melanjutkan analisis komponen utama (Kaiser & Rice, 1974).53
Tabel V.6	Tingkat Keandalan <i>Cronbach's alpha</i> (Hair dkk, 2010).58
Tabel V.7	Leq reproduksi 4 area di laboratorium semi-anechoic, 2 area belajar dan 2 area diskusi Perpustakaan Pusat ITB.60
Tabel V.8	Karakter bunyi tambahan di ruang reproduksi soundscape.60
Tabel V.9	Uji T sampel berpasangan untuk persepsi Preferensi61
Tabel V.10	Uji T sampel berpasangan untuk persepsi Dinamika62
Tabel V.11	Uji T sampel berpasangan untuk persepsi Komunalitas63
Tabel V.12	Uji statistik deskriptif data tingkat level bunyi pada dua kondisi, yaitu: simulasi area belajar dan simulasi area diskusi.65
Tabel V.13	Uji normalitas data simulasi area belajar.65
Tabel V.14	Uji normalitas data simulasi area diskusi.65
Tabel V.15	Uji ANOVA variabel rintik hujan area belajar dan diskusi.66
Tabel V.16	Uji ANOVA variabel kicau burung area belajar dan diskusi.66
Tabel V.17	Uji ANOVA variabel musik bertempo pelan area belajar dan diskusi.66
Tabel V.18	Uji ANOVA variabel musik bertempo sedang area belajar dan diskusi.66

Tabel V.19	Uji ANOVA variabel musik bertempo cepat area belajar dan diskusi.....	66
Tabel V.20	Rangkuman uji statistik jumlah level dan rerata level bunyi.....	67

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
ANOVA	<i>Analysis of Variance</i>	12
BLD	<i>Back-Left-Down</i>	17
BPM	<i>Beats Per Minute</i>	35
BRU	<i>Back-Right-Up</i>	17
DAW	<i>Digital Audio Workstation</i>	28
FLU	<i>Front-Left-Up</i>	17
FOA	<i>First-Order Ambisonic</i>	18
FRD	<i>Front-Right-Down</i>	17
FuMa	<i>Furse-Malham</i>	32
HOA	<i>Higher-Order Ambisonic</i>	13
KMO	<i>Kaiser-Meyer-Olkin</i>	23
MIDI	<i>Musical Instrument Digital Interface</i>	8
N3D	<i>Full Three-Dimension Normalization</i>	16
OSC	<i>Open Sound Control</i>	28
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>	51
PFT UGM	Perpustakaan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada	39
PP ITB	Perpustakaan Pusat Institut Teknologi Bandung	39
SDS	Skala Semantik Diferensial	46
SH	<i>Spherical Harmonics</i>	16
SLM	<i>Sound Level Meter</i>	20
SN3D	<i>Schmidt Semi-Normalization</i>	16
SSID	<i>Service Set Identifier</i>	29
STI	<i>Speech Transmission Index</i>	11
TLX	<i>Task Load Index</i>	11
USB	<i>Universal Serial Bus</i>	32
VST	<i>Virtual Studio Technology</i>	5
LAMBANG		
a	Sudut arah horizontal, <i>azimuth</i>	13
\bar{c}	Rerata kovariansi inter-item di antara item-item	28
d	Faktor direktivitas bunyi	18
e	Sudut arah vertikal, <i>elevation</i>	13
$f(t)$	Sinyal audio ambisonik	15
g	Pembobotan sinyal ambisonik	18
L	Jumlah <i>speaker</i> untuk rekonstruksi medan bunyi	19
LA_{eq}	Tingkat tekanan bunyi ekuivalen dalam pembobotan A	7
LA_n	Tingkat tekanan bunyi persentil dalam pembobotan A	20
L_n	Sinyal keluaran pada speaker ke-n	18
m	Derajat ambisonik	15

$N_n^{[m]}$	Faktor normalisasi	15
n	Orde ambisonik	14
$P_n^{[m]}$	Fungsi Legendre terasosiasi	15
S	Sinyal audio mono	17
\bar{v}	Rerata variansi	28
W	Sinyal ambisonik orde 0 derajat 0	14
X	Sinyal ambisonik orde 1 derajat -1	14
Y	Sinyal ambisonik orde 1 derajat 1	14
Y_n^m	<i>Spherical Harmonics</i>	15
Z	Sinyal ambisonik orde 1 derajat 0	14
α	<i>Cronbach's alpha</i>	28
θ	Sudut dalam arah unit Kartesian	14
$\phi_n^m(t)$	Koefisien ekspansi	15

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perpustakaan terlibat dan mempengaruhi secara langsung tantangan, kemungkinan, dan perubahan proses pendidikan di perguruan tinggi. Di antaranya perkembangan dalam pedagogi dan pergeseran gaya belajar milenial dari terpusat menjadi kolaboratif, berkelompok dan bersosial sebagaimana dikembangkan Bandura (1963 dan 1977) juga memengaruhi bagaimana pustakawan mengembangkan dan mengatur pelayanan demi memenuhi kebutuhan akademik fakultas dan mahasiswa hari ini.

Konfigurasi interior perpustakaan kampus dirancang untuk menunjang kebutuhan lingkungan belajar, yang secara akustik tentu saja berbeda dengan jenis-jenis lingkungan lain. Bising di lingkungan perpustakaan sudah menjadi topik diskusi populer selama bertahun-tahun (Bird dan Puglisi, 1984). Perpustakaan diidentikkan dengan ruangan besar yang tenang, di mana umumnya gangguan suara berisik tidak dapat ditoleransi. Karena aspek suasana tenang di masa lalu menjadi standar, pustakawan hanya fokus pada metode-metode menekan suara gaduh di perpustakaan (Markham dkk., 2011: 38). Saat ini dengan pengaruh kemajuan teknologi dan perubahan filosofi pendidikan, perpustakaan dianggap tidak lagi harus menjadi ruangan yang sepi. Alih-alih tren lingkungan perpustakaan tingkat bunyi latar belakang lebih tinggi muncul, bahkan hal ini dianjurkan (Gordon-Hickey dkk., 2012: 365-369).

Tren lingkungan belajar kolaboratif hadir sebagai alternatif, namun gaya belajar konvensional di mana pengguna ruang membutuhkan suasana terisolasi dan hening tetap berlaku. Manajemen perpustakaan umumnya sudah menyediakan dua kondisi ruangan yang berbeda dengan memastikan partisi antar keduanya dengan insulasi akustik (Bailin, 2011: 342-359). Penelitian yang dilakukan Bird dan Puglisi (1984) menunjukkan bahwa menyediakan ruang khusus belajar kelompok (*study group*) terbukti berhasil menurunkan tingkat kebisingan dan meningkatkan kepuasan pengunjung perpustakaan.

Kebijakan bising lingkungan melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 48 Tahun 1996 mengatur bahwa kawasan sekolah atau tempat belajar harus memenuhi baku bising latar belakang sebesar 55 dB(A). Tentu saja pertimbangan ini melibatkan situasi, pemahaman, dan tren yang berkembang saat itu. Dalam kurun 20 tahun belakangan banyak hal telah berubah, di antaranya kemunculan metode atau paradigma soundscape untuk membantu memahami kebisingan lingkungan terbuka, baru-baru ini.

Definisi soundscape menurut ISO 12913-1:2014 adalah lingkungan sonik yang dipersepsi, dialami, atau dipahami manusia atau sekelompok orang dalam sebuah konteks. Soundscape berbeda dari lingkungan akustik, yang mana soundscape adalah konstruksi persepsi manusia sementara lingkungan akustik dipahami sebagai fenomena fisis objektif (Kang dkk., 2016: 284-294). Konteks yang dimaksud merujuk pada lokasi fisik lingkungan akustik tersebut berada, dan berdasar pada definisi ISO, maka konteks terdiri dari jalinan hubungan antara orang, ragam aktivitas, pada ruang dan waktu tertentu. Jalinan empat hal tersebut mempengaruhi karakteristik soundscape suatu konteks melalui (1) sensasi auditori, (2) interpretasi sensasi auditori, dan (3) respons terhadap lingkungan akustiknya (ISO, 2014).

Penelitian soundscape sebagian besar dihasilkan di Eropa dan Amerika, maka wajar bila sebagian hasil capaiannya tidak bisa langsung diterapkan di Indonesia. Alasannya kebudayaan dan pengertian masing-masing individu terhadap bunyi dari dua asal kebudayaan pasti berbeda. Peranan soundscape dari penelitian sejak 2009 yang dihimpun Working Group ISO/TC 43/SC 1 misalnya, baru dapat diaplikasikan untuk lingkungan terbuka terutama area perkotaan (Brown dkk., 1997). Adapun pada situasi lingkungan tertutup seperti perpustakaan kampus masih langka dijumpai, lebih khusus merujuk pada konteks Indonesia.

Dalam perkembangan ilmu akustik, tingkat tekanan bunyi saja sudah tidak lagi dijadikan tolok ukur bagi penentuan kualitas akustik ruang. Menuju pada pengertian yang baru, pendekatan soundscape yang menitikberatkan pada hubungan dan

interaksi antara bunyi dan pendengar rupanya lebih sesuai untuk menjelaskan kualitas akustik suatu lingkungan. Persepsi manusia yang unik menjadi kunci analisis, kaitannya dengan lingkungan akustik perpustakaan ialah untuk mengetahui soundscape kondisi belajar yang disukai pengguna.

Terdapat sejumlah artikel yang amat memadai dari berbagai disiplin ilmu mempelajari pengaruh suara-suara terhadap aspek-aspek performa manusia. Secara spesifik, penelitian berkenaan pada performa kognitif dengan kehadiran bising latar belakang didokumentasikan dengan beberapa keluaran berbeda, namun mayoritas hasil penelitian sepakat bahwa performa beban kerja kognitif terhambat dengan adanya bising latar belakang (Kjellberg dkk., 1997). Tingkat bising latar belakang di atas 85 dB terbukti menghambat performa belajar dibandingkan intensitas bising menengah sebesar 55 dB (Smith, 1988). Apabila tingkat bising berada rentang yang rendah sekitar 50 dB digambarkan Bird dan Puglisi sebagai kondisi yang terlalu hening, konsekuensinya adalah pengguna ruang terlalu mudah menyadari suara yang disruptif atau mengacaukan konsentrasi.

Pekerjaan spesifik yang terhambat karena bising latar belakang terdiri dari perhitungan di luar kepala, identifikasi kesalahan susunan gramatikal, dan mengingat hafalan (Banbury dan Berry, 1998 dan Weinstein, 1974). Lebih jauh, proses mencerna bahasa dan berulang-ulang menunjukkan terpengaruh bising latar belakang dengan parah, hasilnya adalah penurunan kemampuan memahami konten bacaan (Oswald dkk., 2000). Sebagai tambahan, peningkatan bising latar belakang berkorelasi positif dengan tingkat stres belajar serta kemampuan menyelesaikan tugas melambat (Evans dan Johnson, 2000; Kjellberg dkk., 1997; Weinstein, 1974).

I.2 Permasalahan

Lingkungan belajar yang kondusif dari segi fasilitas maupun konfigurasi area-area untuk belajar dan berdiskusi kelompok di perpustakaan universitas amat penting. Dengan demikian permasalahan yang harus dituntaskan di antaranya: objek bunyi apa saja yang dipersepsi mengganggu oleh pengguna perpustakaan? Bagaimanakah profil dimensi soundscape perpustakaan universitas? Dapatkah kualitas soundscape

ditingkatkan melalui simulasi lingkungan sonik dan penambahan bunyi-bunyi di lingkup laboratorium?

I.3 Tujuan

Penelitian ini diselenggarakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. mengevaluasi bunyi-bunyian di lingkungan sonik perpustakaan universitas yang dianggap mengganggu bagi pengunjung.
2. mengevaluasi profil dimensi soundscape perpustakaan universitas berdasarkan pada pengalaman *in situ* pengguna.
3. meningkatkan preferensi pengguna atas lingkungan sonik perpustakaan universitas dengan mensimulasikan soundscape di lingkup laboratorium.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menjaga ruang lingkup penelitian maka diambil batasan sebagai berikut:

- Objek kajian penelitian adalah lingkungan indoor perpustakaan universitas di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Gadjah Mada.
- Pengumpulan data persepsi dan perekaman dibatasi di rentang jam 9.00 - 15.00 WIB yaitu pada aktivitas puncak harian.
- Simulasi soundscape berbasis rekaman ambisonik orde pertama terbangun atas sistem *multi-speaker* segi delapan.
- Perbaikan soundscape menghadirkan komposisi bunyi yang dapat dipilih: rintik hujan, kicau burung, musik bertempo lambat, sedang, dan cepat.

I.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian terbagi ke dalam lima tahapan besar:

a) Studi Pustaka

Studi pustaka dilaksanakan untuk membangun dasar-dasar dan penunjang penelitian, yang meliputi studi terkini di bidang soundscape, reproduksi bunyi, dan persepsi-persepsi di dalam lingkungan sonik perpustakaan universitas.

b) Penilaian Soundscape *In Situ* oleh Responden Perpustakaan

Penilaian soundscape dilaksanakan untuk mengevaluasi persepsi pengunjung di situasi saat ini. Alat yang digunakan adalah skala semantik diferensial yang sudah dirancang dalam diskusi kelompok terfokus. Selain itu informasi data demografi, jenis aktivitas, dan persepsi lainnya dikumpulkan bersamaan dalam satu paket kuesioner.

c) Rancang-Bangun Sistem Simulator Soundscape di Laboratorium

Sistem reproduksi soundscape dibangun dengan basis aplikasi Reaper dan plugin VST WigWare dari beberapa rekaman ambisonik orde pertama. Antarmuka untuk mengendalikan reproduksi soundscape menggunakan tablet dengan aplikasi TouchOSC. Interaksi stasiun kerja antara Reaper dan TouchOSC mengandalkan komunikasi berbasis OSC (*open sound control*) melalui jaringan tanpa kabel (*wireless*).

d) Penilaian Simulasi Soundscape di Laboratorium oleh Responden

Partisipan di laboratorium dapat memperbaiki kualitas reproduksi lingkungan sonik perpustakaan dengan menambahkan beberapa objek bunyi pilihan ke dalam sistem simulator. Lalu, responden menilai pada dua kondisi yaitu sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan menggunakan kuesioner.

e) Analisis

Hasil penelitian dianalisis dengan statistik dan kualitatif.

I.6 Sistematika Tesis

Tesis ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, menerangkan latar belakang pemilihan judul penelitian, permasalahan, tujuan, ruang lingkup penelitian, dan garis besar metode penelitian.

Bab II Tinjauan Pustaka, menjelaskan riset-riset terdahulu yang berkaitan dengan soundscape di perpustakaan, reproduksi soundscape, beserta alat-alat uji persepsi soundscape yang telah dilakukan.

Bab III Dasar Teori, mengupas dasar-dasar teori ambisonik, *spherical harmonics*, formulasi reproduksi medan bunyinya, perekaman ambisonik, pengukuran tingkat tekanan bunyi, analisis statistik, dan rancangan sistem simulator soundscape.

Bab IV Metode Penelitian, menguraikan secara rinci prosedur penelitian, tahapan-tahapan, dan informasi apa saja yang diperoleh di setiap proses hingga menjadi hasil.

Bab V Hasil dan Analisis, menyajikan data-data persepsi hasil eksperimen *in situ* dan di laboratorium.

Bab VI Kesimpulan dan Pengembangan, memberi kesimpulan akhir yang menjawab pertanyaan serta tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini dan memberi saran pengembangan penelitian.

Bab II Tinjauan Pustaka

Sebagian besar penelitian terdahulu di bidang akustika dan getaran dilaksanakan untuk menanggulangi atau meredakan bunyi yang mengganggu seperti bising (Stockfelt, 1991). Dengan hanya mengandalkan peredaman tingkat bising (parameter akustik seperti SPL dengan pembobotan A dan LA_{eq}) rupanya tidak mengarah pada persepsi yang lebih baik (Dubois dkk., 2006 dan Schafer, 1969). Alih-alih meredakan bising, konsep soundscape sebagai paradigma alternatif untuk desain lingkungan sonik, telah meraih momentumnya di 15 tahun terakhir. Mula-mula didahului oleh Schafer (1969 dan 1977) untuk menggambarkan kesetaraan pengalaman auditori dengan lanskap visual, soundscape telah dipelajari untuk berbagai konteks jenis lingkungan berbeda, dari area urban (Davies dkk., 2007 dan 2013) hingga stasiun kereta api (Tardieu dkk., 2008), bahkan juga akuarium (Craven dkk., 2009).

Secara umum, konsep soundscape mengambil peran yang lebih menyeluruh dibandingkan sekedar menyoal dampak buruk dari bising, semisal gangguan tidur dan ketaknyamanan (Boteldooren dkk., 2006), konsep ini juga menaruh perhatian tentang bagaimana lingkungan akustik sebagai kejadian bermakna yang memengaruhi manusia (Dubois dkk., 2006 dan Schulte-Fortkamp, 2002). Paradigma soundscape dibangun dari komponen subjektif (Aesthetic Research Centre of Canada dkk., 1978) (persepsi individu dan masyarakat pada satu lingkungan tertentu) serta melibatkan beberapa aspek seperti ekspektasi (Bruce dkk., 2009), definisi, ingatan, sentimen, dan estetika suara (Liu dan Kang, 2016).

Satu-satunya penggunaan soundscape yang telah dipelajari sebagai metode penyelesaian masalah untuk lingkungan semi *indoor* ialah pada stasiun kereta api (Tardieu dkk., 2008), sedangkan untuk ruang *indoor* perpustakaan belum pernah ada. Soundscape sendiri sejak awal dicituskannya tumbuh dari kesadaran sebagian masyarakat akan pentingnya mendengar suara positif di ruang terbuka perkotaan (Cain dkk., 2013), sehingga luasan telaah tentang soundscape amat mudah dijumpai untuk sasaran ruang terbuka perkotaan. Guna soundscape amat jelas untuk

meningkatkan kualitas lingkungan sonik, sebagaimana di tahun 2009 Inggris mengeluarkan kebijakan tentang langkah-langkah mempraktikkan soundscape di ruang terbuka kota (Payne dkk., 2009). Atas dasar argumen ini semestinya soundscape juga dapat digunakan untuk memahami dan meningkatkan kualitas lingkungan akustik lain seperti ruang perpustakaan yang tertutup sesuai konteksnya.

Investigasi dan pengembangan soundscape simulator telah diuji coba (Sudarsono dan Davies, 2016) untuk mereproduksi dan mensimulasikan rekaman ambisonik dari lingkungan sonik urban di Manchester, Inggris. Komunikasi data dalam kendali sistemnya berbasis pada MIDI dan menggunakan PureData sebagai antar muka. Adapun *Digital Audio Workstation* yang digunakan adalah Reaper berikut dua plugin VST yang dibuat Wiggins (2010): *WigWare ambiPan* serta *WigWare Ambisonic Decoder*. Penelitian ini juga akan mengembangkan soundscape simulator untuk uji dengar di laboratorium. Pilihan kendali antar mukanya berbasis OSC karena kelebihanannya tidak perlu menggunakan kabel dengan antar muka TouchOSC yang lebih sederhana dan menarik. Sistem reproduksi menggunakan sistem ambisonik dua dimensi berupa delapan speaker disusun secara reguler, sama seperti yang dilakukan Sudarsono dan Davies (2016). Penerapan objek bunyi untuk konteks urban dalam simulator ditunjukkan Tabel II.1.

Tabel II.1 Implementasi objek-objek bunyi di dalam simulator soundscape konteks lingkungan sonik urban (Sudarsono dan Davies, 2016).

Objek bunyi latar belakang	Objek bunyi kejadian
Air mancur	Tram
Aliran air	Burung mengepak terbang
Kicauan burung	Kicauan burung
Musik akordion	Bus berlalu
Musik instrumen petik	Mobil berlalu
Obrolan sekelompok orang	Langkah kaki orang
Musik Pop	Wanita berbicara
Kemacetan kendaraan	Tarikan keranjang belanja
Bising konstruksi	Sepeda
	Anak berbicara

Tabel II.3 Ringkasan pustaka untuk topik metode soundscape dengan objek kajian beragam (Aletta dkk., 2016).

Peneliti	Metode						Alat				
	In situ	Simulator / reproduksi	Ingatan	Soundwalk	Laboratorium	Wawancara	Pengamatan Perilaku	Kuesioner	Skala Semantik	Protokol Wawancara	Protokol Pengamatan
Rainbault dkk. (2003)	X			X				X			
Schulte-Forkamp dan Fiebig (2006)			X							X	
Brambilla dan Marfei (2006)	X			X				X			
De Coensel dan Botteldooren (2006)	X			X					X		
Nilsson dan Berglund (2006)				X				X			
Lavander dan Defeville (2006)		X				X			X		
Rainbault (2006)	X			X				X	X		
Berglund dan Nilsson (2006)	X			X				X	X		
Semidor (2006)	X			X				X			
Axeisson dkk. (2010)		X				X			X		
Irwin dkk. (2011)		X						X			X
Brambilla, Gallo, dan Zamhon (2013)			X					X			
Brambilla, Gallo, Asdrubati dkk. (2013)	X			X		X		X			
Jambrosic dkk. (2013)	X			X				X			
Jeon dkk. (2013)	X			X				X			
Torija dkk. (2013)	X			X				X			
*Davies dkk. (2013)	X			X				X			
*Cain dkk. (2013)		X				X			X		
Hall dkk. (2013)		X				X			X		
Hume dan Antamad (2013)		X						X			X
*Payne (2013)		X				X		X			
*Payne (2013)	X			X				X			
*Marry dan DeFrance (2013)	X			X				X			
*Marry dan DeFrance (2013)			X							X	

* Mengindikasikan penggunaan metode yang berbeda di dalam studi yang sama.

Tabel II.4 Ringkasan pustaka untuk topik performa kognitif, soundscape, dan lingkungan sonik perpustakaan universitas.

No	Penulis	Judul, Penerbit, Tahun	Metode	Kontribusi
1	L. Brocolini, E. Parizet, dan P. Chevret	<i>Effect of masking noise on cognitive performance and annoyance in open plan offices</i> , Applied Acoustics, 2016	Eksperimen ingatan dan beban kerja di dalam pengaruh bising dengan pengukuran ruang dan kuesioner. Parameter akustik ruang yang diukur ialah STI (<i>Speech Transmission Index</i>) dan LA_{eq} . Adapun pengukuran beban kerja menggunakan NASA-TLX (<i>Task Load Index</i>).	Performa mengingat benda yang diurutkan menurun bersamaan dengan hadirnya suara gangguan berupa percakapan orang lain yang dapat dimengerti (<i>intelligible</i>).
2	A. S. Sudarsono, Y. W. Lam, dan W. J. Davies	<i>Soundscape Perception Analysis Using Soundscape Simulator</i> , Intermoise, 2016	Soundscape simulator diciptakan agar responden dapat mengendalikan parameter-parameter objek bunyi (termasuk bunyi latar belakang dan bunyi kejadian), hal ini mengizinkan pengguna simulator untuk menyusun lingkungan sonik kesukumannya berdasar pada pengetahuan dan ekspektasinya. Dimensi soundscape yang terlibat ialah Relaksasi , Dinamika , dan Komunikasi .	Soundscape simulator dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara dimensi-dimensi soundscape dengan objek-objek sumber bunyi berdasarkan pada harapan responden tentang ruang dan persepsi.
3	M. Zhang dan J. Kang	<i>Towards The Evaluation, Description, and Creation of Soundscapes in Urban Open Spaces</i> , Environment and Planning B: Planning and Design, 2006	Bersisi pembahasan hasil banyak riset tentang soundscape di ruang terbuka perkotaan yang mengandung empat elemen dasar pada soundscape, yaitu suara, ruang, manusia, dan interaksi antara akustik dan faktor fisik/lingkungan.	Temuan riset ini menunjukkan bahwa soundscape pada ruang terbuka urban tidak hanya menyol utusan pengendalian bising. Sejumlah aspek perlu dipertimbangkan, termasuk karakter sosial dan psikologis beragam suara, pengaruh batas ruang dan elemen-elemennya, serta kondisi umum fisik dan lingkungan.
4	J. Xiao dan F. Aletta	<i>A soundscape approach to exploring design strategies for acoustic comfort in modern public libraries: a case study of the Library of Birmingham</i> , Noise Mapping, 2016	Metode <i>soundscape</i> (berjalan kaki sembari menyimak soundscape) dipilih untuk mengeksplorasi karakter soundscape berikut desain interior perpustakaan. Sepanjang <i>soundscape</i> juga dilakukan perekaman audio dan pengukuran tingkat bunyi dengan pembobotan A.	Desain tata zona perpustakaan mempertimbangkan fungsi area, persepsi pengguna, dan kondisi akustik ruangnya. Selain itu ditemukan kognisi soundscape secara umum di perpustakaan ke dalam tiga macam: <i>interaksi-komunikasi</i> , <i>adaptif</i> , dan <i>back-pikir</i> . Strategi zonasi dapat menerapkan hirarki kognisi pada area-area perpustakaan. Pertimbangan soundscape diimplementasikan sebagai strategi arsitektural demi meningkatkan kenyamanan akustik.

5	P. Nur Dikmeçi dan J. Kang	<i>Indoor Soundscaping of Public Enclosed Space, Temporal Design in Architecture and The Environment</i> , 2011	Perkaman medan bunyi dilakukan di ruang-ruang dengan fungsi berbeda. Parameter psikoakustik di antaranya tingkat tekanan bunyi ekuivalen (L_{eq}), kelantangan (N), kekasaran (R), dan kejajaman (S) diperhatikan di dalam analisis arsitektural dan properti fungsinya. Metode <i>post-signal analysis</i> diterapkan menggunakan HEAD Acoustics Artemis.	Ditemukan bahwa kelantangan lebih baik terkait dengan studi soundscape indoor daripada parameter objektif seperti tingkat tekanan bunyi dan pembobotan A. Lebih lanjut, nilai kelantangan memiliki korelasi positif dengan hasil nilai kekasaran di ruang-ruang yang diteliti.
6	V. Acun dan S. Yilmazer	<i>Identification of individuals' emotional response to the indoor soundscape in public study areas via semantic differentiation</i> , Intermoise, 2017	Objek area belajar tersebar di empat lokasi berbeda di kampus. Persepsi individu diperoleh melalui survei kuesioner dan pengukuran level bunyi <i>in situ</i> . Terdiri dari identifikasi bunyi-bunyi serta skala semantik diferensial.	Komponen utama yang menjadi dimensi soundscape adalah <i>well-being</i> , <i>activity/communication</i> , dan <i>functionality</i> . Uji ANOVA menunjukkan bahwa tidak dijumpainya perbedaan signifikan antara area belajar dan kepuasan pengguna, sebab masing-masing area memiliki karakter lingkungan sonik sendiri-sendiri.

Tabel II.3 disusun Aletta, dkk. (2016) meringkaskan metode dan alat kerja soundscape yang populer digunakan, meski objek kajiannya hampir seluruhnya tentang lingkungan sonik urban. Berdasar Tabel II.3, metode soundscape yang sering digunakan ialah *in situ*, *soundwalk*, dan simulasi/reproduksi suara. Lalu Tabel II.4 menyajikan ringkasan pustaka untuk topik performa kognitif, soundscape, dan lingkungan sonik perpustakaan universitas. Penelitian ini akan mencoba melanjutkan pengembangan dan penggunaan metode yang telah dilakukan Sudarsono dan Davies (2016) dengan uji dengar di simulator soundscape dan *in situ*. Semantik persepsi soundscape yang digunakan Sudarsono dikembangkan lagi dari ruang terbuka perkotaan ke ruang perpustakaan.

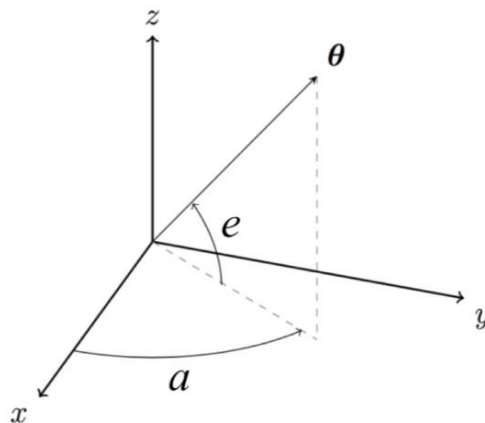
Bab III Dasar Teori

Pada bab ini diuraikan teori-teori yang meliputi seluruh tahapan penelitian di antaranya dari dasar-dasar pengetahuan ambisonik, pengukuran tingkat tekanan bunyi menggunakan hasil rekaman, analisis statistik, serta sistem antar muka dan komunikasi OSC pada simulator soundscape.

III.1 Fundamental Ambisonik

Pada subbab ini dikupas secara ringkas teori-teori ambisonik dan formulasi yang menyebabkan rekaman ambisonik sebagai model medan bunyi dapat direproduksi sebagaimana situasi nyatanya. Sedikit pengantar teori ambisonik disampaikan sebagai dasar pemilihan teknik mikrofon. Secara teoritis, medan bunyi *in situ* hanya dapat diproduksi ulang dengan menyimpan informasi sinyalnya secara ambisonik minimal pada orde pertama. Adapun ambisonik orde lebih tinggi (*Higher Order Ambisonic*, HOA) memiliki kompleksitas tersendiri dan di luar cakupan penelitian.

III.1.1 Sistem Koordinat



Gambar III.1 Sistem koordinat Kartesial dan bola (Kronlachner, 2014).

Sistem koordinat yang digunakan dalam formulasi ambisonik ditunjukkan Gambar III.1. Sumbu-x menunjuk ke arah depan, sumbu-y menunjuk ke arah kiri, dan sumbu-z menunjuk ke arah atas dari perspektif pengamat. Dalam ambisonik umumnya disepakati bahwa koordinat bola di mana a adalah sudut azimuth dalam orientasi matematis yang positif melawan arah jarum jam, dan e adalah sudut

elevasi dengan 0° menunjuk ke ekuator dan $+90^\circ$ menunjuk ke kutub utara. Meski demikian kebanyakan antar muka aplikasi spasialisasi menggunakan azimuth yang searah jarum jam.

Untuk menandai ketergantungan arah dari sinyal *surround* yang diwakili ambisonik, selanjutnya didefinisikan penukaran dengan vektor arah unit Kartesian,

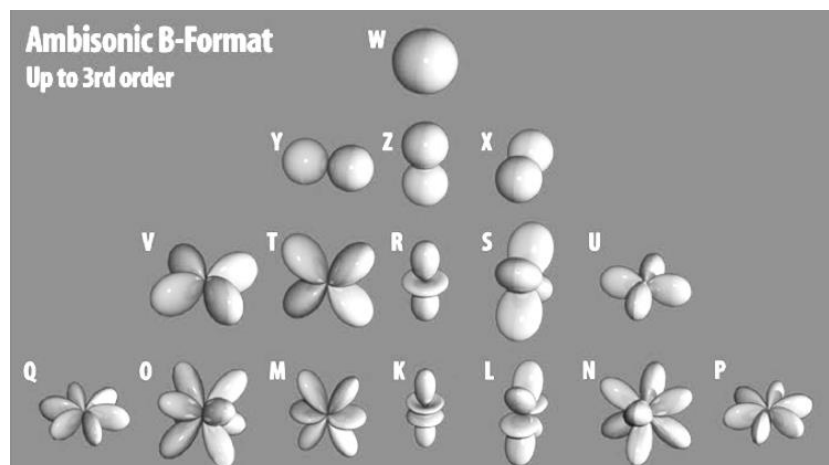
$$\boldsymbol{\theta} = \begin{pmatrix} \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos a \cos e \\ \sin a \cos e \\ \sin e \end{pmatrix} \quad \text{III.1}$$

dengan sudut azimuth dan elevasi (a, e) dari koordinat bola,

$$a = \arctan \frac{\theta_y}{\theta_x} \quad e = \arctan \frac{\theta_z}{\sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2}} \quad \text{III.2}$$

III.1.2 Spherical Harmonics

Spherical harmonics (Gambar III.2) membentuk seperangkat fungsi-fungsi basis ortogonal dan bisa digunakan untuk menerangkan segala fungsi di permukaan sebuah bola (Williams, 1999). Penurunan *spherical harmonics* telah dikupas dengan baik di beberapa literatur (Zotter, 2009a dan 2009b). Topik ini digunakan sebagai basis dalam Fisika, Kimia, dan Matematika. Secara khusus dalam bidang akustik lebih dikenal sebagai ambisonik, sebuah teknik menangkap bunyi datang dari segala arah (*full-sphere surround*), mencakup arah horizontal dan vertikal.



Gambar III.2 *Spherical harmonics* hingga orde $n = 3$ (Courville, 2017).

Tabel III.1 *Spherical harmonics* dengan kode Y_n^m hingga orde tiga. Identitas n sebagai orde dan m sebagai derajat.

		m						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
n	0				Y_0^0			
	1			Y_1^{-1}	Y_1^0	Y_1^{+1}		
	2		Y_2^{-2}	Y_2^{-1}	Y_2^0	Y_2^{+1}	Y_2^{+2}	
	3	Y_3^{-3}	Y_3^{-2}	Y_3^{-1}	Y_3^0	Y_3^{+1}	Y_3^{+2}	Y_3^{+3}

Semisal sinyal audio $f(t)$ datang dari arah tertentu $\theta = (a, e)$. Secara lengkap untuk merepresentasikan sinyal audio *surround* maka $f(a, e, t)$, ambisonik menerapkan ekspansi *spherical harmonics* hingga orde pemotongan N .

$$f(a, e, t) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=-n}^n Y_n^m(a, e) \phi_n^m(t) \quad \text{III.3}$$

di mana Y_n^m menjadi *spherical harmonics* orde n derajat m , dan $\phi_n^m(t)$ sebagai koefisien ekspansi. Dengan pertambahan orde N hasil ekspansi menjadikan representasi spasial yang semakin presisi.

Spherical harmonics tersusun atas faktor normalisasi $N_n^{|m|}$, fungsi Legendre terasosiasi $P_n^{|m|}$, serta fungsi trigonometri.

$$Y_n^m(a, e) = N_n^{|m|} P_n^{|m|}(\cos a) e^{i\omega} \quad \text{III.4}$$

$$Y_n^m(a, e) = N_n^{|m|} P_n^{|m|}(\cos a) \begin{cases} \sqrt{2} \sin(|m|e) & \text{jika } m < 0, \\ 1 & \text{jika } m = 0, \\ \sqrt{2} \cos(|m|e) & \text{jika } m > 0. \end{cases} \quad \text{III.5}$$

Di mana dalam penelitian ini dibatasi pada ambisonik orde pertama ($n = \{0, 1\}$) dan derajat $m = \{-1, 0, 1\}$) sehingga fungsi Legendre terasosiasi $P_n^{|m|}$ solusinya adalah sebagai berikut (Weisstein, 2017).

$$\begin{aligned} P_0^0(x) &= 1 \\ P_1^0(x) &= x \\ P_1^1(x) &= -(1-x^2)^{1/2} \end{aligned} \quad \text{III.6}$$

III.1.3 Normalisasi Ambisonik N3D

Faktor normalisasi $N_n^{|m|}$ didefinisikan untuk memastikan keteroperasiannya dalam software ambisonik dan reproduksi rekaman-rekaman ambisonik. *Spherical harmonics* (SH) yang ternormalisasi untuk segala arah (N3D) mengaplikasikan faktor normalisasi tertentu (Ward dan Abhayapala, 2001).

$$N_n^{|m|} = \sqrt{\frac{(2n+1)(n-|m|)!}{4\pi(n+|m|)!}} \quad \text{III.7}$$

$$Y_n^m(a, e) = \sqrt{\frac{(2n+1)(n-|m|)!}{4\pi(n+|m|)!}} P_n^{|m|}(\cos a) e^{i\omega} \quad \text{III.8}$$

Terdapat beragam skema normalisasi yang tersedia dan disepakati secara global dan digunakan dalam berbagai *software* pengolah ambisonik, di antaranya adalah SN3D, N3D, dan maxN. Secara praktis masing-masing skema normalisasi memberi dampak penskalaan terhadap level desibel keluaran masing-masing SH (*spherical harmonics*), lihat Tabel III.2.

Tabel III.2 Penurunan level dB pada beberapa skema normalisasi berbeda.

Orde	Derajat	SH	SN3D	N3D	maxN
0	0	Y_0^0	0.0 dB	-3.0 dB	0.0 dB
1	0	Y_1^0	-4.8 dB	-4.8 dB	
1	-1, +1	$Y_1^{\pm 1}$	-4.8 dB	-4.8 dB	
2	0	Y_2^0	-7.0 dB	-7.0 dB	
2	-1, +1	$Y_2^{\pm 1}$	-7.0 dB	-5.7 dB	
2	-2, +2	$Y_2^{\pm 2}$	-7.0 dB	-5.7 dB	

III.1.4 Mikrofon Ambisonik (A-Format)

Untuk menangkap sinyal bunyi secara ambisonik digunakan mikrofon khusus yang memiliki konfigurasi menghadap ke empat arah (*tetrahedral*). Tiap kapsul mikrofon secara independen menangkap bunyi dari bagiannya masing-masing. Konfigurasi penangkap bunyi ke empat arah ini biasa disebut A-Format. Untuk menjadi B-Format (Ambisonik Orde Pertama) harus diproses dulu sinyalnya.

Tabel III.3 Orientasi kapsul-kapsul mikrofon ambisonik.

Format	Kapsul	<i>Azimuth</i>	<i>Elevation</i>
A	FLU	45°	+45°
	FRD	315°	-45°
	BLD	135°	-45°
	BRU	225°	+45°

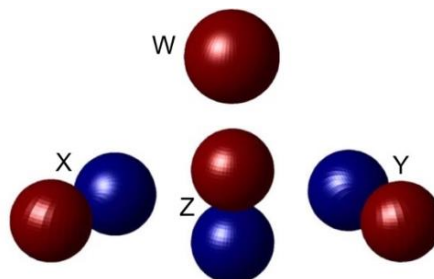
$$\begin{aligned}
 W &= FLU + FRD + BLD + BRU \\
 X &= FLU + FRD - BLD - BRU \\
 Y &= FLU - FRD + BRD - BRU \\
 Z &= FLU - FRD - BLD + BRU
 \end{aligned}
 \tag{III.9}$$

Persamaan III.9 menunjukkan bagaimana memproses sinyal A menjadi B-Format (W X Y Z). Penjelasan kode: **F** (*front*) adalah Depan, **B** (*back*) adalah Belakang, **L** (*left*) adalah Kiri, **R** (*right*) adalah Kanan, **U** (*up*) adalah Atas, dan **D** (*down*) adalah Bawah. Penggunaan kode **FLU** (*Front-Left-Up*) misalnya mengindikasikan kapsul mikrofon yang menghadap ke arah Depan-Kiri-Atas, dan begitu juga lainnya.

III.1.5 Encoding (Pengkodean Sinyal)

Sinyal mono S (1 kanal) dapat disandikan (*encode*) ke dalam bentuk B-Format (4 kanal) dengan formulasi berikut, dengan *a* sebagai *azimuth* dan *e* sebagai *elevation*. Representasi pola tangkapan sinyal B-Format ditunjukkan Gambar III.3.

$$\begin{aligned}
 W &= S \times 2^{-1} = S \times 0,707 \\
 X &= S \times \cos a \times \cos e \\
 Y &= S \times \sin a \times \cos e \\
 Z &= S \times \sin e
 \end{aligned}
 \tag{III.10}$$



Gambar III.3 Representasi pola tangkapan sinyal ambisonik.

Penyandian sinyal ini diterapkan pada objek bunyi mono pada uji dengar di simulator. Objek-objek bunyi mono tersebut adalah rintik hujan, kicau burung, dan beberapa variasi musik yang berbeda temponya.

III.1.6 Decoding (Penerjemahan Sinyal)

Agar rekaman ambisonik dengan loudspeaker dapat dimainkan kembali, maka perlu ditempuh tahap penerjemahan sinyal ambisonik. Dalam studi ini diatur posisi loudspeaker tersebar dengan pola segi delapan dengan jarak yang sama di sekeliling titik uji dengar. Dengan demikian *decoder* untuk bentuk poligon reguler (*octagon*) menggunakan Persamaan III.11 (Wiggins, 2004).

$$L_n = \frac{1}{2} [(2 - d_w)g_w W + d_{xyz}(g_x X + g_y Y + g_z Z)] \quad \text{III.11}$$

$$g_w = \sqrt{2}$$

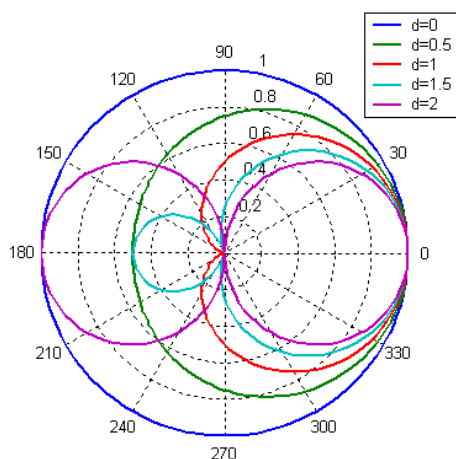
$$g_x = \cos a \cos e$$

$$g_y = \sin a \cos e$$

$$g_z = \sin e$$

$$d = \{0; 0,5; 1; 1,5; 2\} \text{ untuk } d_w = d_{xyz} = 1$$

- di mana:
- W, X, Y, dan Z adalah sinyal rekaman B-Format
 - L_n = Sinyal keluaran pada speaker sejumlah n
 - a = Derajat *azimuth*
 - e = Derajat *elevation*
 - d = Faktor direktivitas (0 - 2) lihat Gambar III.4



Gambar III.4 Direktivitas pola polar reproduksi ambisonik orde pertama (FOA) menggunakan speaker (Wiggins, 2004).

Bentuk Persamaan III.11 dapat disederhanakan menjadi Persamaan III.12.

$$L_n = \frac{1}{2}(W\sqrt{2} + X \cos a + Y \sin a) \quad \text{III.12}$$

Dengan n sebagai urutan posisi speaker berurutan dan a sebagai derajat *azimuth*. Berpedoman pada uraian III.1.1, $\cos e$ dan $\sin e$ pada arah horizontal ($e = 0^\circ$) masing-masing sama dengan satu dan nol.

Tabel III.4 Identitas nomor posisi n , derajat azimuth a° speaker terhadap pendengar, dan penerjemahan sinyal B-Format tiap loudspeaker.

Speaker ke- n	a°	L_n
1	22,5°	0,707 W + 0,462 X + 0,191 Y
2	67,5°	0,707 W + 0,191 X + 0,462 Y
3	112,5°	0,707 W - 0,191 X + 0,462 Y
4	157,5°	0,707 W - 0,462 X + 0,191 Y
5	202,5°	0,707 W - 0,462 X - 0,191 Y
6	247,5°	0,707 W - 0,191 X - 0,462 Y
7	292,5°	0,707 W + 0,191 X - 0,462 Y
8	337,5°	0,707 W + 0,462 X - 0,191 Y

Tampak pada Tabel III.4 yang berasal dari Persamaan III.12 tidak mengekspresikan komponen Z (sinyal ambisonik dari arah atas dan bawah), hal ini disebabkan oleh pilihan reproduksi atau simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua dimensi saja, yaitu dari sisi horizontalnya saja. Menurut Ward dan Abhayapala (2001) penentuan jumlah speaker secara eksak untuk mereproduksi medan bunyi sesungguhnya dapat mengikuti kriteria Persamaan III.13.

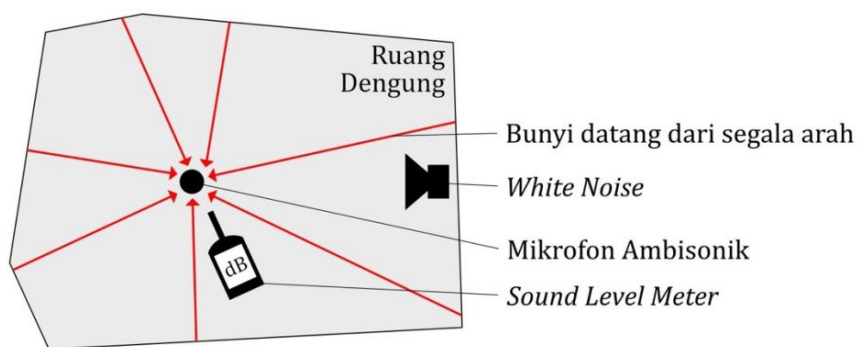
$$\begin{aligned} L &\geq (n + 1)^2, \text{ untuk rekonstruksi medan bunyi 3D} \\ L &\geq (2n + 1), \text{ untuk rekonstruksi medan bunyi 2D} \end{aligned} \quad \text{III.13}$$

Dengan catatan L adalah jumlah speaker dan n sebagai orde ambisonik. Pada studi ini ditentukan orde ambisonik pertama untuk merekonstruksi medan bunyi dua dimensi, sehingga minimum jumlah speakernya adalah tiga. Penentuan speaker sebanyak delapan buah sudah mencukupi kriteria di atas. Dasar pemilihan $L = 8$ adalah karena sistem simulator yang sudah pernah dikerjakan (Sudarsono dan

Davies, 2016) menggunakan sistem serupa, dengan demikian hasil pengembangan dalam penelitian ini dapat disejajarkan dengan hasil studi sebelumnya.

III.2 Tingkat Tekanan Bunyi Ekuivalen dan Persentil

Prosedur pengukuran tingkat tekanan bunyi ekuivalen (LA_{eq}) dan persentilnya (LA_n) diurai pada bagian ini. Pengukuran ini diperlukan untuk membandingkan profil kebisingan di beberapa area perpustakaan universitas.



Gambar III.5 Ilustrasi kalibrasi level mikrofon ambisonik di ruang dengung.

Sebagaimana alat ukur level bunyi, mikrofon berikut seperangkat sistem perekamannya harus melalui tahap kalibrasi level di ruang dengung. Pemilihan ruang dengung dikarenakan bunyi *white noise* di dalamnya terpantul sempurna ke segala arah, sehingga mikrofon ambisonik menerima bunyi tersebut dari segala arah dengan energi sama. Angka level dBA pada generator bunyi dikendalikan dan diketahui melalui alat ukur *Sound Level Meter* yang terkalibrasi dengan standar laboratorium (Gambar III.5).

Untuk mendapatkan nilai-nilai LA_{eq} dan LA_n , dapat dimanfaatkan sinyal ambisonik pada kanal pertama yaitu $W(t)$ yang merupakan wujud sinyal *omnidirectional* (segala arah) dari perekaman. Persamaan III.14 menunjukkan proses untuk menghitung LA_{eq} , keluarannya sudah terbobotkan A sehingga satuannya dBA.

$$W(t) = L_i(t)$$

$$LA_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i(t)}{10}} \right] \quad \text{III.14}$$

Dengan N adalah lamanya cacah detik selama durasi tertentu dari perekaman. Sebagai contoh perekaman selama 30 menit, maka terdapat $N = 1800$. Pada bagian menghitung persentil dapat memanfaatkan sintaks fungsi persentil di Excel.

$$LA_n = \text{PERCENTILE}(\text{array}, k_n) \quad \text{III.15}$$

$$k_n = 1 - \left(\frac{n}{100}\right)$$

$$k_{10} = 1 - \left(\frac{10}{100}\right) = 0,9$$

$$k_{50} = 1 - \left(\frac{50}{100}\right) = 0,5$$

$$k_{90} = 1 - \left(\frac{90}{100}\right) = 0,1$$

Dengan n terdiri dari 10, 50, dan 90. Argumen *array* berisi data level dBA rekaman pada seluruh periode waktu yang tersedia, atau dalam contoh di atas 1800 detik.

III.3 Uji T Berpasangan

Uji statistik T (*Student's t-test*) dilakukan untuk menguji kemiripan dua sampel data, dilihat dari kesamaan rata-rata antara keduanya. Uji T berpasangan dipilih sebab kasus yang ingin diuji adalah perbandingan data rating dimensi pada simulator soundscape antara sebelum dan sesudah partisipan menambahkan bunyi perbaikan. Mula-mula dilakukan uji T satu ekor untuk menentukan perbedaan rating dimensi antara dua simulasi apakah reratanya naik atau turun. Kemudian dilanjutkan dengan uji T dua ekor untuk menentukan signifikansi perubahan rerata rating yang terjadi. Persamaan III.16 adalah rumus uji T berpasangan.

$$t = \frac{\sum_i^n d_i}{\sqrt{\frac{n(\sum_i^n d_i^2) - (\sum_i^n d_i)^2}{n-1}}} \quad \text{III.16}$$

dengan $d_i = x_i - y_i$, di mana $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

x_i adalah data rating dimensi sebelum penambahan bunyi.

y_i adalah data rating dimensi setelah penambahan bunyi.

III.4 Uji Normalitas dan ANOVA

Untuk menentukan signifikansi pemilihan objek bunyi pada perbaikan lingkungan sonik perpustakaan universitas perlu dilakukan uji statistik ANOVA untuk kelima objek bunyi yang tersedia. Sebelum ANOVA dapat dilakukan terdapat syarat agar data terdistribusi normal, untuk itu harus diperiksa terlebih dahulu untuk menghindari asumsi dasar ini tidak terpenuhi.

Uji normalitas yang tersedia dan umum digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) dan uji Shapiro-Wilk (Shapiro dan Wilk, 1965). Kedua uji ini memutuskan apakah sebuah data memiliki distribusi normal atau tidak dengan pendefinisian hipotesis tertentu. Tingkat kepercayaan ditetapkan pada 95% atau pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

Hipotesis uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk:

H_0 : Data terdistribusi normal, $p > 0,05$.

H_1 : Data tidak terdistribusi normal, $p < 0,05$.

Setelah membuktikan bahwa data terdistribusi normal, selanjutnya diuji rerata lima data yang tersedia dengan ANOVA (*analysis of variance*). Uji ANOVA membandingkan signifikansi rerata antara lima pilihan bunyi tambahan. Tingkat kepercayaan ditetapkan pada 95% atau pada tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$. Adapun hipotesis ditentukan sebagai berikut.

Hipotesis uji ANOVA:

H_0 : Pilihan bunyi tambahan berbeda antara dua simulasi area, $p < 0,05$.

H_1 : Pilihan bunyi tambahan sama antara dua simulasi area, $p > 0,05$.

III.5 Analisis Gugus K-means

Secara umum analisis gugus adalah teknik statistik yang digunakan untuk mengelompokkan beberapa objek data sekaligus ke dalam sub-grup yang lebih homogen berdasar pada respons-respons variabelnya. Secara khusus dalam teknik K-means perlu ditentukan terlebih dahulu jumlah gugus yang diprediksi.

Algoritma untuk melakukan analisis gugus K-means (Tan, Steinbach, & Kumar, 2005) adalah sebagai berikut:

1. Pilih K buah titik *centroid* (titik pusat tiap gugus yang mewakili gugus) secara acak.
2. Kelompokkan data sehingga terbentuk K buah gugus dengan titik *centroid* dari setiap gugus merupakan titik *centroid* yang telah dipilih sebelumnya.
3. Perbarui nilai titik *centroid*.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai nilai dari titik *centroid* tidak lagi berubah.

Proses pengelompokan data ke dalam suatu gugus diselesaikan dengan menghitung jarak terdekat suatu data ke sebuah titik *centroid*. Perhitungan jarak Minkowski dapat digunakan untuk menghitung jarak tersebut.

$$d(x_i, x_j) = (|x_{i1} - x_{j1}|^g + |x_{i2} - x_{j2}|^g + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^g)^{\frac{1}{g}} \quad \text{III.17}$$

di mana: $g = 1$, untuk menghitung jarak Manhattan

$g = 2$, untuk menghitung jarak Euclidian

$g = \infty$, untuk menghitung jarak Chebychev

x_i, x_j adalah dua buah data yang akan dihitung jaraknya

p = dimensi dari sebuah data

Pembaruan suatu titik *centroid* dapat dilakukan dengan Persamaan III.18.

$$\mu_k = \frac{1}{N_k} \sum_{q=1}^{N_k} x_q \quad \text{III.18}$$

di mana: μ_k = titik centroid dari gugus ke-K

N_k = banyaknya data pada gugus ke-K

x_q = data ke-q pada gugus ke-K

Respons variabel yang dikelompokkan dalam penelitian ini adalah nilai skor semantik diferensial dari 182 responden kuesioner di perpustakaan universitas. Terdapat 19 semantik, di mana tiap semantik memiliki skor antara 0 sampai 6, atau tujuh titik. Dengan demikian variabel yang hendak dikelompokkan adalah respons

semantik dari 182 responden. Pengaturan gugus K ditentukan 2 buah, hal ini bersesuaian dengan dugaan bahwa terdapat dua gugus yang respons semantiknya berbeda disebabkan perbedaan fungsi ruang di perpustakaan universitas.

Hasil dari analisis gugus ini kemudian disajikan dalam diagram *pie* yang memiliki nilai total 100%. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui hubungan respons variabel semantik dengan lokasi ruang perpustakaan di mana responden mengisi.

III.6 Analisis Komponen Utama

Analisis komponen utama (PCA, *Principal Component Analysis*) adalah teknik statistik yang berguna untuk mengekstrak banyak variabel \mathbf{p} ke dalam satu set komponen utama \mathbf{m} , dengan $\mathbf{p} > \mathbf{m}$. Di mana faktor-faktor yang termuat dalam \mathbf{m} komponen mewakili variansi di dalam satu set variabel \mathbf{p} . Berkurangnya jumlah pengamatan data dari sejumlah \mathbf{p} menjadi hanya \mathbf{m} komponen utama amat berguna dalam studi soundscape untuk menelaah persepsi semantik yang dominan dan terkait dengan konteks setempat. Teknik analisis komponen utama ini digunakan banyak peneliti, di antaranya yang mula-mula adalah Kang (2006). Hal yang harus diperhatikan dari teknik ini adalah validitas kecukupan sampel data yang ditunjukkan dari indeks KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) nilainya antara 0 – 1. Kriteria indeks KMO yang diterima diuraikan di pembahasan V.6 pada Tabel V.5.

Persamaan III.19, III.20, III.21, dan III.22 menunjukkan tahapan kalkulasi uji sperisitas Bartlett dan penghitungan KMO (Bartlett's sphericity test and the KMO index, 2017). Kalkulasi pada III.19 menghendaki batalnya hipotesis H_0 sehingga $|R| = 0$. Kemudian Persamaan III.20 adalah perhitungan matriks korelasi parsial, bagian awal dari perhitungan KMO. Tahapan akhirnya adalah Persamaan III.21 dan III.22 yang berturut-turut menunjukkan perhitungan *KMO* keseluruhan dan *KMO* pervariabel dengan kode j sebagai kolom. Hasil dari III.21 ditunjukkan Tabel III.5 dan hasil dari III.22 ditunjukkan Tabel III.6.

$$\chi^2 = - \left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right) \times \ln |R| \quad \text{III.19}$$

dengan $H_0: |R| = 1$, variabel-variabel tidak berkorelasi.
 $H_1: |R| = 0$, variabel-variabel saling berkorelasi.

$$a_{ij} = -\frac{v_{ij}}{\sqrt{v_{ii} \times v_{jj}}} \quad \text{III.20}$$

dengan i adalah kode baris dari matriks.
 j adalah kode kolom dari matriks.

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} a_{ij}^2} \quad \text{III.21}$$

$$KMO_j = \frac{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_{j \neq i} a_{ij}^2} \quad \text{III.22}$$

dengan $R = [r_{ij}]$ adalah matriks korelasi.
 $A = [a_{ij}]$ adalah matriks korelasi parsial.

Tabel III.5 Hasil uji kecukupan sampel data KMO dari *software* SPSS.

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		.856
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1400.372
	df	171
	Sig.	.000

Pada Tabel III.6 merupakan hasil pemeriksaan indeks KMO total. Contoh yang ditampilkan merupakan hasil asli yang digunakan dalam penelitian ini. Tersedia 19 variabel semantik yang berasal dari respons nilai 182 responden.

$$\chi^2 = -\left(n - 1 - \frac{2p + 5}{6}\right) \times \ln |R| \quad \text{III.23}$$

dengan $H_0: |R| = 1$, variabel-variabel tidak berkorelasi.
 $H_1: |R| = 0$, variabel-variabel saling berkorelasi.

$$a_{ij} = -\frac{v_{ij}}{\sqrt{v_{ii} \times v_{jj}}} \quad \text{III.24}$$

dengan i adalah kode baris dari matriks.
 j adalah kode kolom dari matriks.

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_i \sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} a_{ij}^2} \quad \text{III.25}$$

$$KMO_j = \frac{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2}{\sum_{j \neq i} r_{ij}^2 + \sum_{j \neq i} a_{ij}^2} \quad \text{III.26}$$

dengan $R = [r_{ij}]$ adalah matriks korelasi.

$A = [a_{ij}]$ adalah matriks korelasi parsial.

Pada Tabel III.5 menunjukkan hasil indeks KMO keseluruhan variabel sebesar 0,856. Pemeriksaan indeks KMO per unit variabel juga dapat dilakukan dengan melihat matriks korelasi *anti-image* pada Tabel III.6. Pada sel di bagian diagonal yang diwarnai kuning merupakan nilai-nilai indeks KMO per unit variabelnya. Indeks KMO menentukan kebolehan sampel data yang ada untuk diuji analisis komponen utama. Apabila indeks KMO < 0,7 maka analisis komponen utama tidak boleh dilakukan dan hasilnya tidak valid (lihat Tabel V.5). Pada Tabel III.6, VAR 01 sampai VAR 19 berurutan adalah semantik persepsi yang ada di Tabel V.4. Ekstraksi analisis komponen utama diatur untuk menghasilkan matriks korelasi dengan basis *eigenvalue* > 1 serta solusi akhir dirotasi dengan metode Varimax. Varimax adalah salah satu metode rotasi untuk memaksimalkan skala bermuatan tinggi dan meminimalkan skala bermuatan rendah. Metode ini menyederhanakan dan memudahkan interpretasi dari komponen-komponen utama (Factor Analysis Rotation, 2017). Pada Tabel III.7 menunjukkan hasil ekstraksi seluruh variansi data. Sel berwarna kuning yang terdiri dari lima baris teratas adalah komponen utama yang memiliki *eigenvalue* > 1. Persentase masing-masing komponen adalah rasio antara nilai *eigenvalue* dengan total variabel (19 semantik). Semakin tinggi persentase berarti komponen tersebut banyak memuat variabel-variabel semantik. Lima komponen utama di atas memiliki persentase kumulatif sebesar 63% (pembulatan). Artinya dari 19 variabel semantik tersedia, hanya 63% variansi datanya yang terekstraksi. Komponen-komponen inilah yang disebut dimensi soundscape dan berisi beberapa persepsi semantik sekaligus. Adapun komponen matriks solusi terotasinya secara tuntas dibahas dalam Bab V, tepatnya ditunjukkan pada Tabel V.4.

Tabel III.6 Matriks korelasi untuk memeriksa indeks KMO per unit. Sel dengan warna kuning adalah indeks KMO per variabel.

	VAR 01	VAR 02	VAR 03	VAR 04	VAR 05	VAR 06	VAR 07	VAR 08	VAR 09	VAR 10	VAR 11	VAR 12	VAR 13	VAR 14	VAR 15	VAR 16	VAR 17	VAR 18	VAR 19
VAR 01	0.888	-0.38	-0.02	0.02	-0.12	-0.08	0.20	-0.06	-0.06	-0.04	0.01	-0.01	0.13	-0.01	0.04	-0.03	-0.10	0.00	0.07
VAR 02	-0.38	0.87	-0.14	-0.09	-0.29	-0.02	-0.09	-0.06	0.02	-0.02	0.11	0.01	-0.13	-0.05	-0.11	0.07	-0.16	0.05	0.02
VAR 03	-0.02	-0.14	0.89	0.03	-0.29	-0.42	0.14	-0.09	-0.12	0.05	-0.01	-0.01	0.09	0.09	-0.06	-0.08	0.02	-0.01	0.03
VAR 04	0.02	-0.09	0.03	0.84	-0.37	-0.05	-0.04	-0.13	0.06	-0.06	0.06	0.01	-0.14	-0.05	-0.11	0.09	0.08	-0.01	-0.02
VAR 05	-0.12	-0.29	-0.29	-0.37	0.85	0.02	-0.10	-0.10	-0.10	-0.02	-0.10	-0.02	0.09	-0.10	0.17	-0.11	0.10	0.02	0.08
VAR 06	-0.08	-0.02	-0.42	-0.05	0.02	0.91	-0.17	-0.02	-0.14	-0.14	-0.08	-0.02	0.13	-0.10	0.04	0.05	-0.05	-0.03	0.03
VAR 07	0.20	-0.09	0.14	-0.04	-0.10	-0.17	0.89	-0.23	-0.08	-0.11	0.10	-0.09	0.05	-0.09	-0.04	-0.04	0.09	-0.04	-0.11
VAR 08	-0.06	-0.06	-0.09	-0.13	-0.10	-0.02	0.92	-0.09	-0.09	-0.14	-0.09	-0.08	0.13	-0.10	0.00	-0.07	-0.05	0.09	0.03
VAR 09	-0.06	0.02	-0.12	0.06	0.02	-0.14	-0.09	0.86	-0.55	-0.55	-0.02	0.03	-0.01	-0.04	0.00	-0.10	0.16	0.04	-0.01
VAR 10	-0.04	-0.02	0.05	-0.06	0.11	-0.14	-0.14	-0.55	0.84	-0.84	-0.02	0.01	0.01	0.00	0.08	0.00	-0.07	0.10	0.15
VAR 11	0.01	0.11	0.14	0.06	-0.15	-0.10	0.10	-0.02	-0.02	0.77	0.01	-0.02	-0.14	-0.20	-0.33	0.08	-0.15	-0.01	-0.10
VAR 12	-0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.13	-0.08	0.03	-0.12	0.01	0.78	0.03	-0.02	-0.14	-0.14	-0.16	0.01	-0.16	-0.01
VAR 13	0.13	-0.13	-0.01	-0.14	-0.01	0.09	0.05	-0.01	0.01	-0.14	-0.02	0.13	0.85	-0.06	-0.03	0.04	-0.11	-0.20	0.05
VAR 14	-0.01	-0.05	0.09	-0.05	-0.06	-0.04	0.03	0.28	-0.04	0.00	-0.60	-0.06	0.80	-0.09	0.00	0.09	0.04	-0.04	-0.04
VAR 15	0.04	-0.11	-0.06	-0.11	0.17	0.04	-0.02	0.00	0.00	0.08	-0.33	-0.14	-0.03	-0.09	0.83	-0.01	0.02	-0.02	0.09
VAR 16	-0.03	0.07	-0.08	0.09	-0.11	0.05	0.01	-0.07	-0.10	0.00	0.08	-0.16	0.04	0.00	-0.01	0.65	-0.06	-0.11	0.00
VAR 17	-0.10	-0.16	0.02	0.08	0.10	-0.05	-0.04	-0.05	0.16	-0.07	-0.15	-0.12	-0.11	0.09	0.02	-0.06	0.45	0.06	-0.08
VAR 18	0.00	0.05	-0.01	-0.01	0.02	-0.03	-0.04	0.09	0.04	0.10	-0.01	-0.16	-0.20	0.04	-0.02	-0.11	0.06	0.89	-0.01
VAR 19	0.07	0.02	0.03	-0.02	0.08	0.03	-0.11	0.03	0.15	-0.10	-0.01	-0.01	0.05	-0.04	0.09	0.00	-0.08	-0.01	0.90

Tabel III.7 Uraian seluruh variansi komponen analisis utama dengan kriteria Eigenvalue > 1 dan rotasi Varimax.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Var.	Cum. %	Total	% of Var.	Cum. %	Total	% of Var.	Cum. %
1	6.0	31.8	31.8	6.0	31.8	31.8	3.6	18.8	18.8
2	2.4	12.5	44.3	2.4	12.5	44.3	3.2	16.7	35.5
3	1.3	6.8	51.1	1.3	6.8	51.1	2.8	14.9	50.4
4	1.1	6.0	57.0	1.1	6.0	57.0	1.2	6.3	56.7
5	1.1	5.6	62.6	1.1	5.6	62.6	1.1	5.9	62.6
6	1.0	5.1	67.7						
7	0.9	4.5	72.2						
8	0.7	3.9	76.1						
9	0.7	3.7	79.8						
10	0.6	3.3	83.1						
11	0.5	2.9	86.0						
12	0.5	2.7	88.7						
13	0.5	2.6	91.3						
14	0.4	2.1	93.3						
15	0.3	1.7	95.0						
16	0.3	1.5	96.5						
17	0.2	1.2	97.7						
18	0.2	1.2	98.9						
19	0.2	1.1	100.0						

Method: Principal Component Analysis. Analyze: Correlation matrix. Extract: Based on Eigenvalue > 1.0.

Rotation Method: Varimax. Display: Rotation Solution.

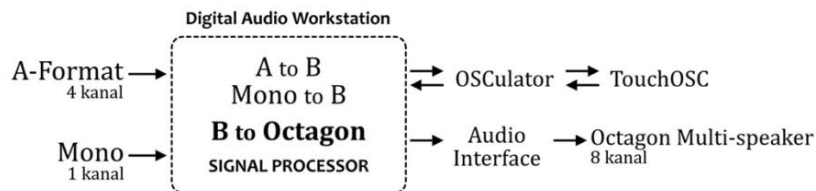
Tahap berikutnya adalah menguji keandalan antar item pada masing-masing komponen utama. Uji keandalan (*Cronbach's alpha*) mengukur konsistensi internal, seberapa dekat hubungan satu set item sebagai satu komponen utama.

$$\alpha = \frac{N \cdot \bar{c}}{\bar{v} + (N - 1) \cdot \bar{c}} \quad \text{III.27}$$

Dengan N adalah sejumlah item, \bar{c} adalah rerata kovariansi *inter-item* di antara item-item, dan \bar{v} adalah rerata variansinya. Adapun kriteria *Cronbach's alpha* diterangkan di pembahasan V.6 atau tepatnya pada Tabel V.6.

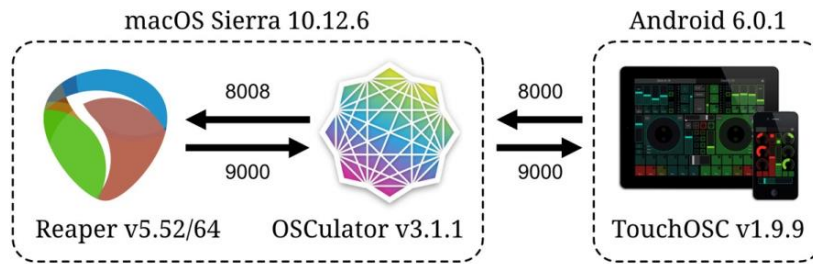
III.7 Sistem Simulator Soundscape

Modal dasar dalam membangun sistem simulator ini berasal dari rekaman ambisonik (A-Format) serta rekaman *dry sound* (Mono). Prasyarat reproduksi ke dalam multi-speaker *octagon* adalah semua sinyal harus di-*encode* ke dalam bentuk B-Format (WXYZ, 4 kanal). Spesifikasi sinyal rekaman memiliki *sampling rate* 44.100 Hz atau 48.000 Hz dengan resolusi 24 bit. Pada wujud B-Format, sinyal dapat dirotasi pada sumbu X, Y, maupun Z menggunakan *signal processor* (*plugin*) di dalam *Digital Audio Workstation*. Artinya representasi ambisonik orde pertama di sini sangat menguntungkan sebab potensi *post-processing*-nya tidak dibatasi.



Gambar III.6 Skema sistem simulator soundscape.

Antar muka kendali eksperimen intervensi soundscape menggunakan sebuah tablet Android yang terinstal aplikasi TouchOSC. Sistem kendali interaktif dibangun menggunakan komunikasi OSC (*Open Sound Control*) antara Reaper DAW (*Digital Audio Workstation*), aplikasi OSCulator, dan tablet android yang terinstal TouchOSC. Komunikasi data mengandalkan koneksi *wifi*. Diagram komunikasi ditunjukkan pada Gambar III.7. Pada komunikasi OSC kehadiran OSCulator diperlukan untuk merute ulang jalur data antara Reaper dan TouchOSC.



Gambar III.7 Komunikasi data berbasis *Open Sound Control*.

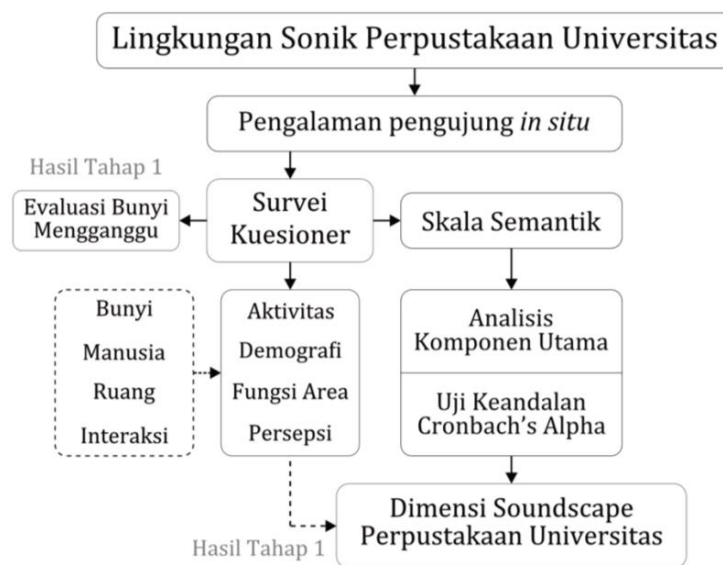
Tabel III.8 Alamat protokol internet dan gerbang komunikasi antar aplikasi.

Software	Receive	Port	Send	Port
Reaper v5.52/64	192.168.43.149	8008	192.168.43.1	9000
OSCulator v3.1.1	192.168.43.149	8000	192.168.43.149	8008
			192.168.43.1	9000
TouchOSC v1.9.9	192.168.43.1	8000	192.168.43.149	9000

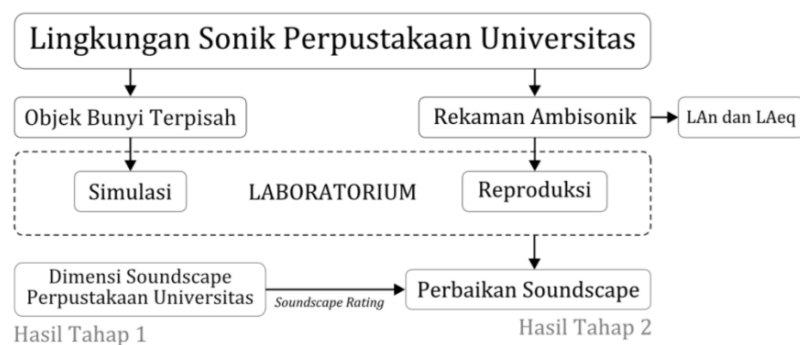
Tabel III.8 dan Gambar III.7 menampilkan pengaturan yang harus dilakukan, alamat gerbang yang tidak tepat menyebabkan kegagalan pengiriman dan penerimaan data OSC. Alamat-alamat protokol internet dapat berubah tergantung dari jenis perangkat dan koneksi SSID wifi yang digunakan.

Bab IV Metode Penelitian

Pada bab ini akan diuraikan secara rinci proses pelaksanaan penelitian yang terdiri dari perlengkapan dan pelaksanaannya. Secara keseluruhan alur penelitian ditunjukkan dalam Gambar IV.1, dengan tujuan akhir penelitian berupa profil dimensi soundscape serta rekomendasi peningkatan preferensi di lingkungan perpustakaan universitas.



Gambar IV.1 Alur penelitian tahap 1: uji dengar soundscape *in situ*.



Gambar IV.2 Alur penelitian tahap 2: uji dengar soundscape di simulator.

IV.1 Uji Dengar Soundscape Perpustakaan Universitas *In Situ*

Berikut diuraikan perlengkapan apa saja yang digunakan selama melaksanakan eksperimen uji dengar soundscape perpustakaan universitas *in situ*. Secara garis besar hal-hal yang dilakukan ialah mengumpulkan informasi persepsi dari pengunjung perpustakaan universitas. Selain itu, juga dilaksanakan perekaman lingkungan soniknya untuk keperluan reproduksi soundscape dan mengukur tingkat tekanan bunyi persentil seperti L_{Aeq} .

IV.1.1 Kuesioner Uji Dengar

Kuesioner digunakan untuk memperoleh persepsi subjektif dari pengguna perpustakaan. Konten isian kuesioner tersedia di lampiran. Informasi yang dikumpulkan melalui kuesioner di antaranya ialah: zona dan fungsi perpustakaan, latar belakang sekilas pengisi kuesioner, aktivitas dan kecenderungan di perpustakaan, persepsi terhadap objek-objek bunyi, dan pengisian rating soundscape dengan skala semantik diferensial.

IV.1.2 Mikروفon Ambisonik

Sennheiser AMBEO VR Microphone (selanjutnya disebut Ambeo saja) dikenal juga sebagai mikروفon 3D Audio atau mikروفon ambisonik karena kemampuannya menangkap medan bunyi dari segala arah dengan menjaga informasi spasialnya. Konfigurasi kapsul mikروفon tersusun dalam A-Format 4 kanal (FLU, FRD, BLD, BRU). Umumnya mikروفon ambisonik memiliki gerbang keluaran yang berbentuk XLR sebanyak empat buah. Perlengkapan lapangan yang harus digunakan lainnya adalah pelindung *wind shield* sertaudukan penahan getaran pada stan mikروفon. Topik ini secara memadai sudah diterangkan dalam III.1.4.

IV.1.3 Stan Mikروفon

Stan digunakan untuk mempertahankan kedudukan mikروفon ambisonik setinggi telinga manusia saat duduk di kursi (kira-kira 1,20 meter). Posisi ini penting diperhatikan karena hasil rekaman berusaha mewakili situasi nyata sebagaimana pengunjung perpustakaan mendengar dan mempersepsi lingkungan sonik yang ada di perpustakaan universitas.

IV.1.4 Audio Interface

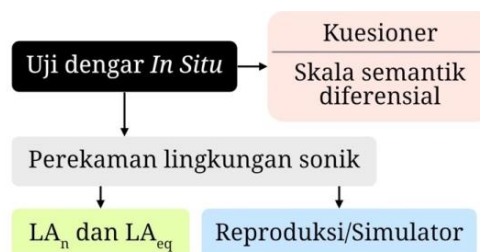
Audio interface yang digunakan adalah Zoom H6. Alat perekam lapangan ini dapat langsung terhubung ke mikrofon ambisonik. Tersedia gerbang input XLR sebanyak empat buah, hal ini mendukung kebutuhan perekaman A/B-Format (4 kanal). Sumber daya dapat menggunakan baterai AA, koneksi USB ke komputer laptop, atau jaringan listrik AC.

IV.1.5 Reaper dan Plugin VST

Untuk mengolah data audio, software yang digunakan adalah *digital audio workstation* Reaper. Hasil rekaman *.WAV yang terdiri dari 4 kanal A-Format harus diubah ke B-Format agar pengolahan sinyal lebih fleksibel. Output format dipilih *Classic FuMa* yang memiliki normalisasi N3D. Dari B-Format di-*decode* ke sistem multi-speaker 8 kanal, untuk itu digunakan WigWare Ambisonic Decoder.

IV.1.6 Pelaksanaan Uji Dengar *In Situ*

Pada subbab di atas sudah disebutkan perlengkapan yang digunakan. Selanjutnya akan diringkaskan prosedur pelaksanaannya. Tampak pada Gambar IV.3, uji dengar *in situ* secara paralel melaksanakan dua hal yaitu pengumpulan data persepsi melalui kuesioner serta perekaman lingkungan sonik di tempat tersebut. Kuesioner terdiri dari 3 halaman dengan lama pengisian 10 menit. Sasaran pengunjung ialah mahasiswa di Perpustakaan Pusat ITB dan Perpustakaan Fakultas Teknik UGM. Guna dari perekaman untuk mengukur LA_n dan LA_{eq} , serta membangun dasar sistem reproduksi atau simulator soundscape di eksperimen berikutnya.



Gambar IV.3 Alur pelaksanaan eksperimen uji dengar dan perekaman *in situ*.

Batasan waktu pengambilan data diatur antara pukul 09.00 – 15.00 WIB, disebabkan aktivitas manusia di dalam perpustakaan universitas tidak dapat dikendalikan untuk itu yang dibatasi adalah rentang waktu pengambilan datanya.

IV.2 Uji Dengar Reproduksi/Simulasi Soundscape di Laboratorium

Berikut diuraikan perlengkapan apa saja yang digunakan selama melaksanakan eksperimen uji dengar reproduksi soundscape perpustakaan universitas di laboratorium. Sistem reproduksi soundscape dikenal juga sebagai simulator soundscape, sebab di dalamnya pengguna dapat memberi objek bunyi tambahan dan mengatur tingkat kelantangan masing-masing bunyi. Secara garis besar hal-hal yang dilakukan ialah mengumpulkan informasi persepsi dari partisipan eksperimen pada dua kondisi, yaitu sebelum dan sesudah partisipan mengintervensi simulator. Urutan skenario tersebut ditampilkan pada Tabel IV.1.

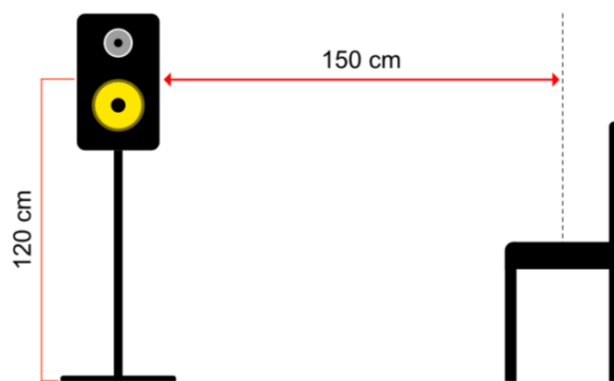
Tabel IV.1 Urutan skenario reproduksi dan simulasi.

No	Aktivitas yang dilakukan saat uji dengar
1	Partisipan memasuki ruang dan menyesuaikan diri. Dilanjutkan dengan mengisi data diri di kuesioner uji dengar.
2	Rekaman 1 (Area Baca A) dimainkan lalu partisipan menilai persepsi reproduksinya.
3	Partisipan menambahkan objek bunyi untuk memperbaiki kondisi. Dilanjutkan dengan partisipan menilai dimensi simulasinya.
4	Rekaman 2 (Area Diskusi C) dimainkan lalu partisipan menilai persepsi reproduksinya.
5	Partisipan menambahkan objek bunyi untuk memperbaiki kondisi. Dilanjutkan dengan partisipan menilai dimensi simulasinya.
6	Rekaman 3 (Area Baca B) dimainkan lalu partisipan menilai persepsi reproduksinya.
7	Partisipan menambahkan objek bunyi untuk memperbaiki kondisi. Dilanjutkan dengan partisipan menilai dimensi simulasinya.
8	Rekaman 4 (Area Diskusi D) dimainkan lalu partisipan menilai persepsi reproduksinya.
9	Partisipan menambahkan objek bunyi untuk memperbaiki kondisi. Dilanjutkan dengan partisipan menilai dimensi simulasinya.
10	Eksperimen disimpan dan uji dengar selesai.

IV.2.1 Kuesioner Uji Dengar

Kuesioner uji dengar berisi skala semantik yang harus diisi pada dua kondisi, yaitu sebelum dan sesudah partisipan mengintervensi reproduksi rekaman lingkungan soniknya. Poin isian adalah identitas singkat dan isian rating dimensi untuk semua skenario eksperimen.

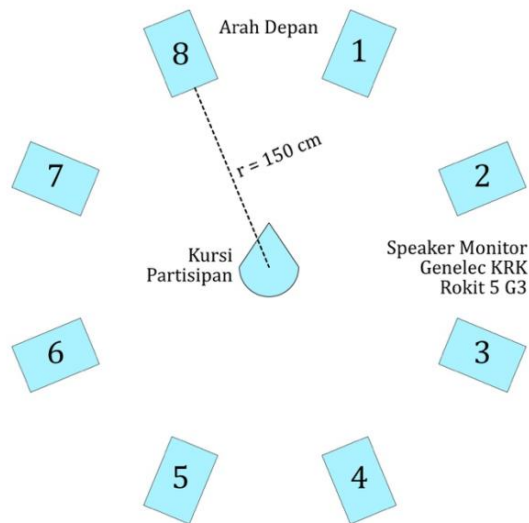
IV.2.2 Speaker Monitor



Gambar IV.4 Pengaturan tinggi dan jarak speaker monitor terhadap responden.

Reproduksi soundscape menggunakan speaker monitor berjumlah 8 buah yang ditata dalam konfigurasi segi delapan (Gambar IV.5). Ketinggian speaker dijaga dengan stan penyangga setinggi 120 cm dari lantai, yaitu kira-kira posisi telinga manusia saat duduk di atas kursi (Gambar IV.4).

Konfigurasi pada Gambar IV.5 menunjukkan bahwa sistem ini hanya mendukung reproduksi rekaman ambisonik secara horizontal atau dua dimensi. Informasi spasial (depan-belakang dan kanan-kiri) muncul, sementara informasi tinggi dari B-Format tidak ada karena kebutuhan reproduksinya pada konteks soundscape sudah memadai dua dimensi saja.



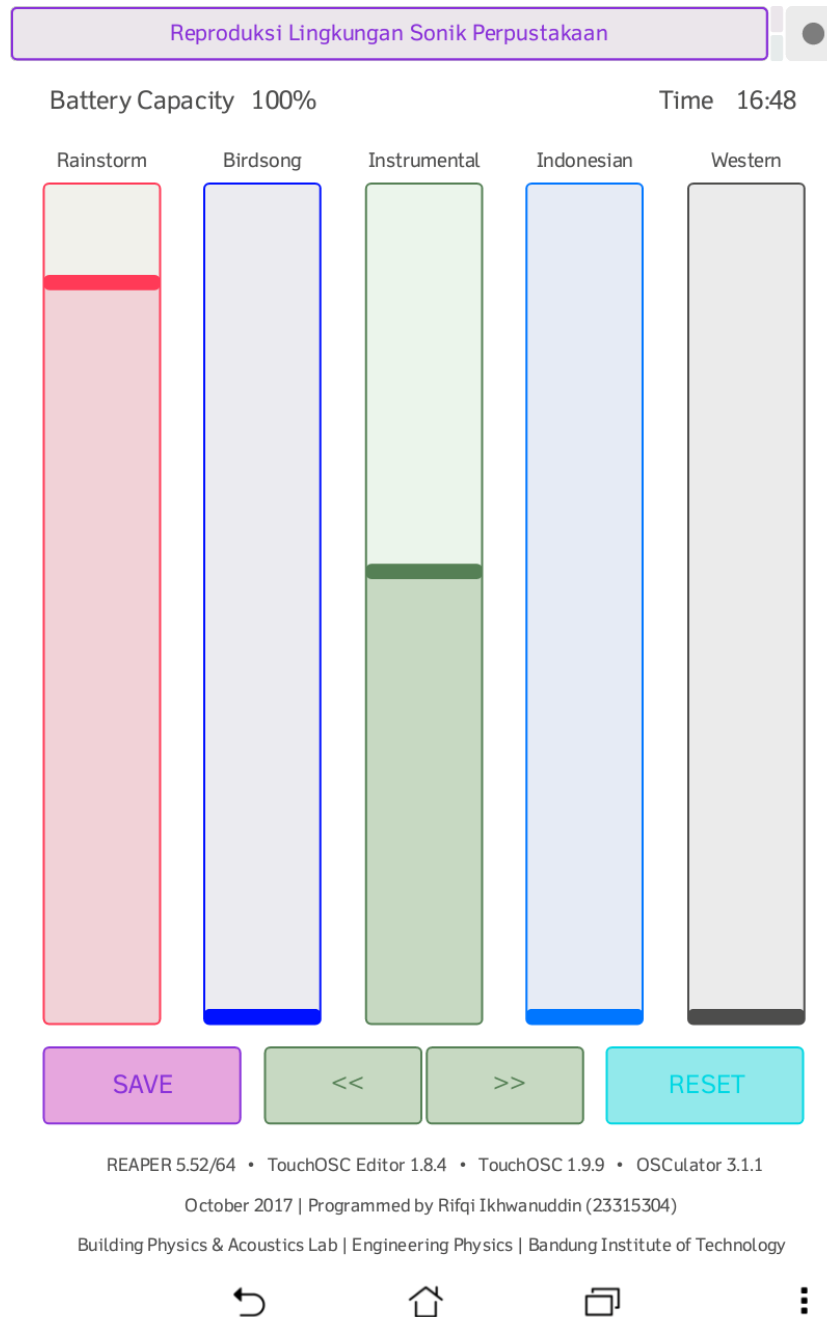
Gambar IV.5 Konfigurasi speaker monitor segi delapan.

IV.2.3 Audio Interface

Komunikasi perangkat keras gerbang input-output dilayani *audio interface* PreSonus Studio 192. Reproduksi soundscape memerlukan gerbang output sebanyak 8 kanal yang masing-masing akan terhubung ke speaker monitor. *Audio interface* ini berjalan dan dikendalikan dari komputer melalui koneksi gerbang USB. Pengaturan *audio hardware* pada Reaper harus menuju pada gerbang output yang berjumlah 8 kanal secara berurutan. Oleh sebabnya harus disepakati konfigurasi segi delapan seperti apa yang diperlukan, pada penelitian ini pengaturan segi delapan dan urutan speaker mengacu pada Gambar IV.5.

IV.2.4 Antar Muka Kendali TouchOSC (Tablet)

Gambar IV.6 adalah desain antar muka yang digunakan partisipan untuk mengintervensi rekaman soundscape perpustakaan universitas. Terdapat tiga jenis bunyi tambahan yang dapat diberikan, yaitu: rintik hujan, kicau burung, dan musik. Pilihan musik tersedia tiga macam dengan ragam tempo lambat, pertengahan, dan cepat. Tempo dihitung secara manual menggunakan www.tempotap.com dengan keluaran satuan BPM (*beats per minute*) atau denyut permenit. Responden mengendalikan *slide* level lalu menyimpan kemudian mengulangi uji dengarnya sebanyak empat skenario.



Gambar IV.6 Antar muka kendali TouchOSC pada tablet Android 6.0.1.

IV.2.5 Pelaksanaan Uji Dengar di Laboratorium

Secara praktis sebagaimana tampak pada Gambar IV.7, partisipan diminta untuk memberi rating reproduksi soundscape sebelum dan sesudah ia menambahkan bunyi-bunyi pilihan. Partisipan eksperimen dapat memperbaiki reproduksi

soundscape dengan menambahkan bunyi-bunyi melalui tablet (TouchOSC) sebagaimana antar muka pada Gambar IV.6.

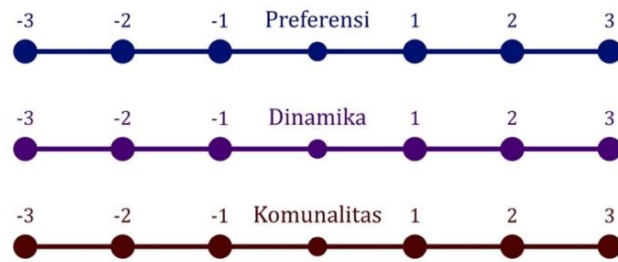


Gambar IV.7 Alur prosedur uji dengar soundscape di laboratorium.

Rentang rating ditentukan berkisar dari -3 hingga 3 untuk dimensi persepsi **Preferensi**, **Dinamika**, dan **Komunalitas**. Partisipan dapat mengubah tingkat kelantangan masing-masing jenis bunyi sesuai kenyamanannya lalu memberi rating dari kondisi tersebut. Rating sebagaimana Gambar IV.8 tersedia di dalam kuesioner.

Tabel IV.2 Rincian komponen skala semantik.

Semantik Persepsi (-3)	Dimensi Utama	Semantik Persepsi (3)
Tidak Nyaman	Preferensi -3 -2 -1 0 1 2 3	Nyaman
Tidak Suka		Suka
Tidak Menenangkan		Menenangkan
Tidak Penting		Penting
Tidak Menyenangkan		Menyenangkan
Gaduh	Dinamika -3 -2 -1 0 1 2 3	Sunyi
Cepat		Lambat
Keras		Lembut
Distraksi		Fokus
Kasar		Halus
Individual	Komunalitas -3 -2 -1 0 1 2 3	Kolektif
Kosong		Penuh
Tetap		Berubah
Privat		Komunal
Monoton		Variatif



Gambar IV.8 Penilaian reproduksi soundscape perpustakaan.

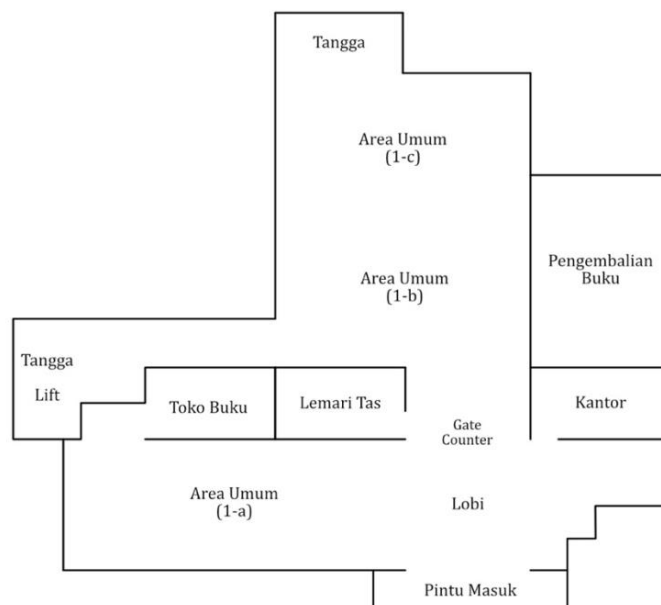
Maksud dari **Preferensi**, **Dinamika**, dan **Komunalitas** dapat dijelaskan melalui Tabel IV.2 yang berisi rincian skala-skala semantik. Sebagai contoh definisi **Komunalitas** dapat dipahami dari persepsi yang muncul dari kesan Kosong hingga Penuh pada skala -3 sampai 3. Begitu juga definisi **Preferensi** dapat dipahami sebagai kesan Tidak Suka hingga Suka pada skala -3 sampai 3, dan seterusnya. Tentu saja beberapa persepsi sekaligus dapat terikat menjadi satu semisal kesan Gaduh-Sunyi dan Distraksi-Fokus bernaung dalam dimensi utama **Dinamika**. Dengan demikian responden diminta untuk menilai dimensi-dimensi tersebut berdasar rincian komponen skala semantik pada Tabel IV.2. Beberapa skala semantik sekaligus yang terikat dalam satu istilah dimensi persepsi merupakan keluaran penelitian tahap uji dengar soundscape *in situ*. Analisis komponen utama terkait Tabel IV.2 dapat merujuk pada V.6.

Reproduksi soundscape yang disiapkan berjumlah empat macam terdiri dari dua rekaman B-Format di area belajar dan dua rekaman di area diskusi Perpustakaan Pusat ITB. Ditentukannya area-area ini berdasar jenis fungsi ruang perpustakaan yang telah diketahui berbeda. Durasi reproduksi lingkungan sonik adalah sekitar 15 menit dan rekaman ini dapat dimainkan secara berulang-ulang.

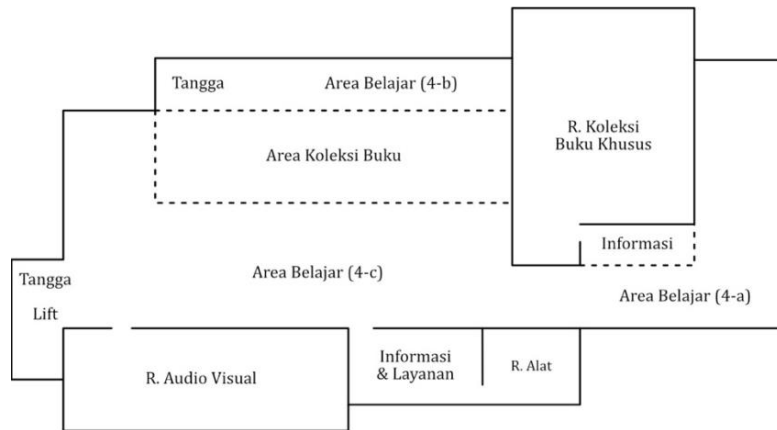
Bab V Hasil dan Analisis

Terdapat 4 jenis area yang berasal dari dua kampus, yaitu Perpustakaan Pusat ITB (PP ITB) dan Perpustakaan Fakultas Teknik UGM (PFT UGM). Dengan masing-masing kampus tersebut memiliki 2 jenis area. Zonasi di PP ITB terdiri dari area umum dan area belajar. Disebut umum karena zona tersebut digunakan pengunjung secara fleksibel untuk belajar, berdiskusi, dan aktivitas lainnya. Adapun zonasi di PFT UGM secara tegas terbagi menjadi 2 dengan corak warna pada area tersebut, yaitu zona hijau dan zona merah. Pada zona hijau pengunjung diperbolehkan membuat kegaduhan sewajarnya, sementara di zona merah pengunjung sama sekali dilarang bercakap-cakap dan diminta untuk menjaga keheningan.

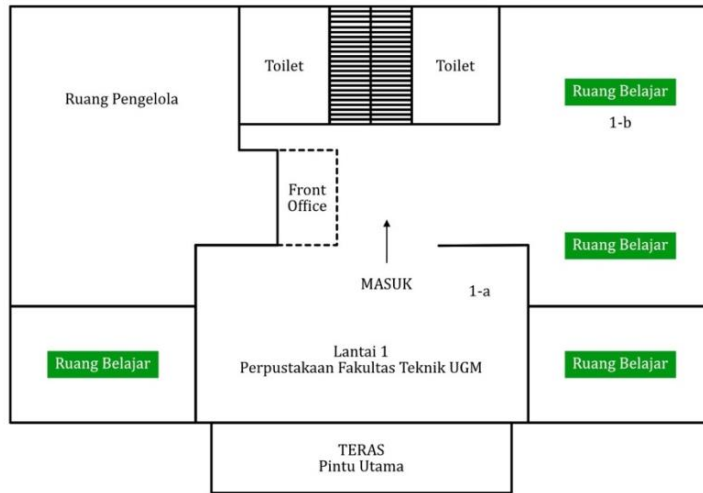
Denah PP ITB dan PFT UGM ditunjukkan pada Gambar V.1, Gambar V.2, Gambar V.3, Gambar V.4, dan Gambar V.5. Pada area tertulis informasi yang menunjukkan lokasi perekaman ambisonik bersamaan dengan dilaksanakannya pembagian dan pengisian kuesioner oleh pengunjung. Selain itu pada denah di Perpustakaan Fakultas Teknik UGM diberi warna khusus sebagai kode zona yang menandakan bahwa hijau lebih menolerasi kebisingan ketimbang zona merah.



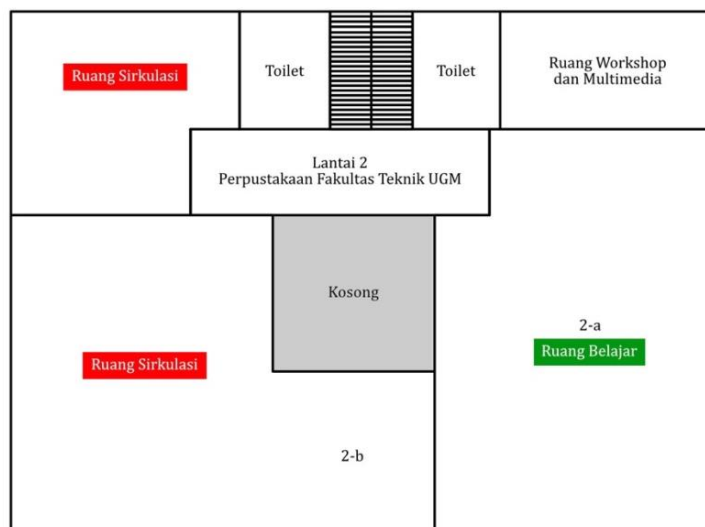
Gambar V.1 Denah Lantai 1 (1-a, 1-b, dan 1-c) PP ITB.



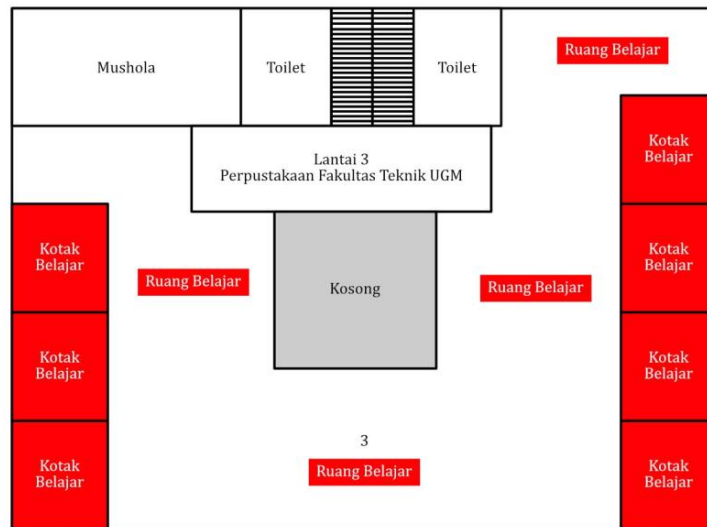
Gambar V.2 Denah Lantai 4 (4-a, 4-b, dan 4-c) PP ITB.



Gambar V.3 Denah Lantai 1 (1-a dan 1-b) PFT UGM.



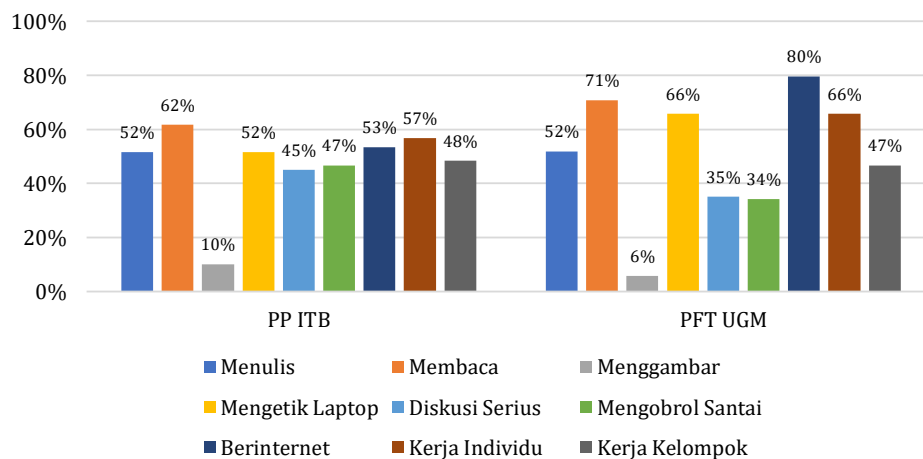
Gambar V.4 Denah Lantai 2 (2-a dan 2-b) PFT UGM.



Gambar V.5 Denah Lantai 3 PFT UGM.

V.1 Aktivitas di Perpustakaan Universitas

Gambar V.6 adalah persentase ragam aktivitas yang muncul di ruang-ruang perpustakaan. Di dalam kuesioner responden diminta menandai lebih dari satu jenis-jenis kegiatan yang dapat ia lakukan di perpustakaan universitas. Jawaban isian telah disiapkan beberapa poin, dan poin lainnya dapat ditambahkan sendiri oleh responden. Ragam aktivitas pada Gambar V.6 merupakan ekspektasi pengguna ruang terhadap fasilitas perpustakaan yang sedang ia gunakan.



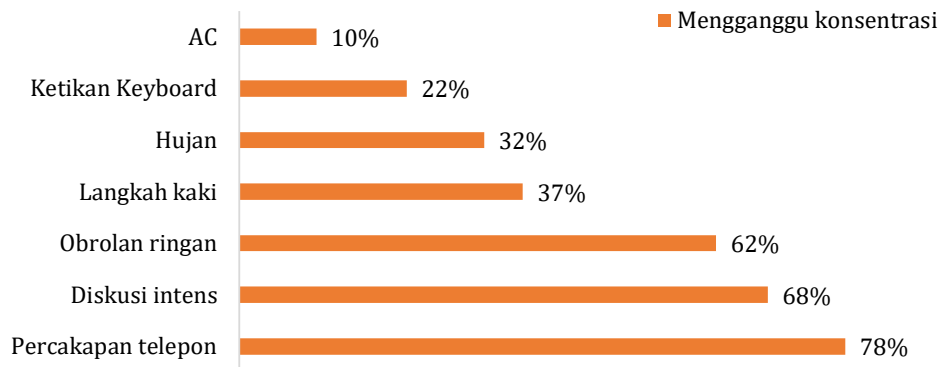
Gambar V.6 Persentase aktivitas di perpustakaan universitas ITB dan UGM.

Ragam aktivitas di ITB hampir merata dengan persentase berkisar antara 45%-62%, kecuali menggambar (10%). Aktivitas di PFT UGM memiliki persentase yang lebih beragam, dan ada indikasi bahwa pengunjung memandang kegiatan diskusi serius dan mengobrol santai tidak seharusnya dilakukan di perpustakaan universitas dengan persentase 35% dan 34%.

Jika dibandingkan persentase aktivitas diskusi serius dan mengobrol santai di PFT UGM (35% dan 34%) lebih rendah daripada di PP ITB (45% dan 47%). Kemudian persentase kerja individu di UGM (66%) lebih tinggi daripada di PP ITB (57%). Secara unik, kerja kelompok di kedua perpustakaan memiliki ekspektasi yang mirip, 47% di PFT UGM dan 48% di PP ITB. Dua contoh studi kasus ini memiliki kebijakan yang berbeda dalam pengelolaannya, PFT UGM mengatur secara tegas pembagian area dengan zonasi warna di ruang-ruangnya, sedangkan di PP ITB tidak dilakukan pembedaan zonasi. Hal ini menyebabkan kesan atau ekspektasi pengguna terhadap PP ITB cenderung lebih cocok untuk segala aktivitas. Konsekuensinya adalah kebisingan lingkungan yang tidak terlokalisasi dan pengguna beranggapan aktivitas diskusi dan mengobrol cukup tepat jika dilakukan di perpustakaan. Sebaliknya pada kasus PFT UGM, aktivitas kerja individu (66%) seperti membaca (71%) dan berselancar di internet (80%) menduduki persentase tertinggi, dan aktivitas diskusi dan mengobrol santai dianggap tidak tepat jika dilakukan di perpustakaan.

V.2 Bunyi-Bunyi di Perpustakaan Universitas

Secara umum responden *in situ* diminta untuk menuliskan bunyi-bunyi yang ia dengar di perpustakaan universitas. Pada Perpustakaan Pusat ITB (PP ITB) diperoleh data persepsi terhadap bunyi-bunyi mengganggu. Responden sebanyak 60 orang menilai bunyi khusus yang hanya ada di lingkungan sonik perpustakaan sebagai mengganggu atau tidak. Tampak pada Gambar V.7 persentase bunyi-bunyi yang dianggap mengganggu oleh para pengunjung selama berada di perpustakaan.



Gambar V.7 Persepsi mahasiswa terhadap bunyi-bunyi yang dianggap mengganggu konsentrasi di perpustakaan universitas.

Bunyi-bunyi di lingkungan perpustakaan dapat dibagi ke dalam tiga golongan yaitu golongan bunyi dari alam, dari manusia, dan dari mesin. Dari grafik di atas terdapat tujuh bunyi yang terkait dengan tiga golongan bunyi-bunyian. Untuk bunyi dari alam ada hujan; bunyi dari manusia ada ketikan keyboard, langkah kaki, obrolan ringan, diskusi intens, dan percakapan telepon; sementara bunyi dari mesin ada AC. Bunyi-bunyi dari manusia terbagi menjadi dua, yaitu yang ucap dan bukan-ucap. Rupanya bunyi jenis ucap manusialah yang menduduki peringkat tiga tertinggi bunyi yang dianggap mengganggu, yaitu: obrolan ringan (62%), diskusi intens (68%), dan percakapan telepon (78%).

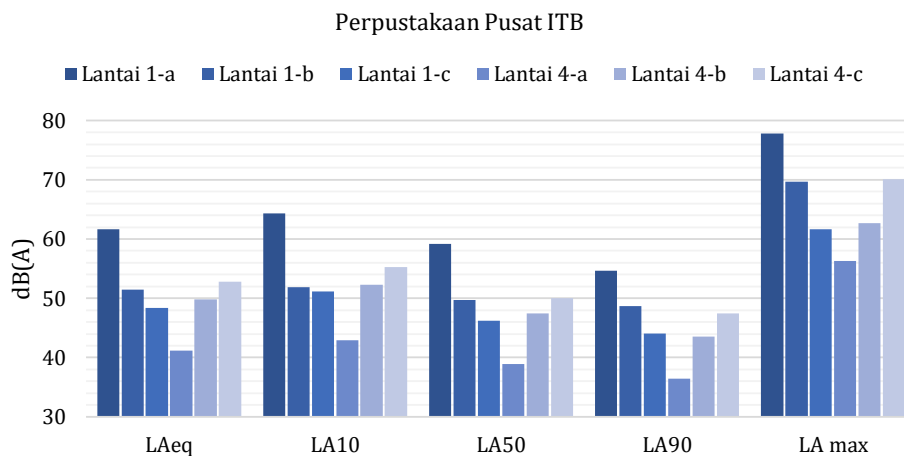
V.3 Tingkat Tekanan Bunyi Area

Pengukuran kebisingan area dengan tingkat tekanan bunyi persentil dilakukan untuk memperoleh data kuantitatif situasi lingkungan sonik di masing-masing area. Terdapat 6 parameter yang dihitung di antaranya adalah LA_{eq} , LA_{10} , LA_{50} , LA_{90} , LA_{max} , dan LA_{min} . Lalu ditampilkan dalam grafik untuk 5 parameter pertama tersebut. LA_{eq} dan LA_{50} digunakan untuk memeriksa rata-rata tingkat bunyi di area dalam durasi waktu tertentu. LA_{10} menjelaskan bunyi puncak yang fluktuatif sementara LA_{90} menjelaskan ambien latar belakang yang selalu ada dan menjadi karakter aktivitas dari area.

Hasil tingkat tekanan bunyi area penelitian ini dianalisis berdasar Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 pada 25 November 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Standar yang diatur untuk lingkungan pendidikan atau sejenisnya (dalam hal ini perpustakaan kampus) harus memenuhi $LA_{eq} \leq 55$ dB(A).

Tabel V.1 Tingkat Tekanan Bunyi Persentil PP ITB Lantai 1 dan 4.

	1-a	1-b	1-c	4-a	4-b	4-c
LA_{eq}	61,7	51,5	48,4	41,2	49,8	52,8
LA_{10}	64,3	51,9	51,2	42,9	52,3	55,3
LA_{50}	59,2	49,7	46,2	38,9	47,5	50,0
LA_{90}	54,7	48,7	44,1	36,4	43,5	47,4
LA_{max}	77,8	69,7	61,7	56,3	62,7	70,1
LA_{min}	50,2	47,8	42,1	34,3	40,0	45,0



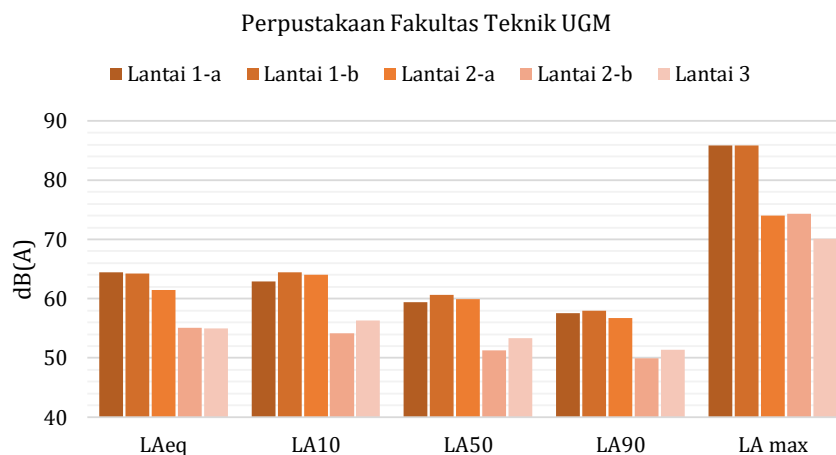
Gambar V.8 Grafik Tingkat Tekanan Bunyi Persentil berdasar Tabel V.1.

Tampak pada data Tabel V.1 maupun Gambar V.8 PP ITB di atas area Lantai 1-a memiliki LA_{eq} lebih dari 55 dB(A), sehingga tidak memenuhi ketentuan Kementerian Lingkungan Hidup No. 48. Adapun LA_{eq} di area Lantai 1-b, 1-c, 4-a, 4-b, maupun 4-c sudah memenuhi kriteria baku bising yang ditetapkan pemerintah. Parameter LA_{max} juga disajikan di atas untuk menggambarkan bahwa lingkungan PP ITB memiliki aktivitas bunyi puncak mencapai 77,8 dB(A) di Lantai 1-a hingga 56,3 dB(A) di Lantai 4-a. Adapun LA_{90} yang menggambarkan ambien karakter aktivitas ruang di seluruh zona sudah bernilai kurang dari 55 dB(A).

Bunyi mengganggu di Perpustakaan Pusat ITB (PP ITB) jika dikaitkan dengan data LAeq di atas menjadi unik. Sebab LAeq di semua area pengukuran (kecuali Lantai 1-a yang dekat dengan pintu masuk dan area lemari tas) telah memenuhi standar Kementerian Lingkungan Hidup dengan batas 55 dB(A). Namun demikian persepsi pengguna terhadap bunyi mengganggu di lingkungan tersebut masih ada yaitu dari jenis bunyi-bunyi yang diucapkan manusia. Dikonfirmasi dari studi Bird dan Puglisi (1984) bahwa lingkungan tenang sekitar 50 dB(A) dianggap terlalu hening dan justru membuat pengguna ruang mudah menyadari gangguan, dalam hal ini jenis bunyi ucap manusia. Meski level bunyi di Perpustakaan Pusat ITB telah memenuhi kriteria LAeq, kepuasan pengguna ruang bukan jaminan.

Tabel V.2 Tingkat Tekanan Bunyi Persentil PFTUGM Lantai 1, 2, dan 3.

	1-a	1-b	2-a	2-b	3
LAeq	64.4	64.2	61.5	55.1	55.0
LA10	62.9	64.4	64.0	54.2	56.3
LA50	59.4	60.6	59.9	51.3	53.3
LA90	57.6	58.0	56.7	49.9	51.4
LAmax	85.8	85.9	74.0	74.3	70.1
LAmin	55.9	55.6	54.4	48.3	48.4



Gambar V.9 Grafik Tingkat Tekanan Bunyi Persentil berdasar Tabel V.2.

Tampak pada data Tabel V.2 maupun Gambar V.9, zona hijau Lantai 1-a, 1-b, dan 2-a PFT UGM memiliki LAeq lebih dari 55 dB(A), sehingga tidak sesuai dengan ketentuan Kementerian Lingkungan Hidup No. 48. Untuk LAeq di zona merah

Lantai 2-b dan 3 sudah memenuhi kriteria baku bising yang ditetapkan pemerintah. Parameter LA_{max} juga disajikan di Gambar V.9 untuk menggambarkan bahwa lingkungan PFT UGM memiliki aktivitas bunyi puncak mencapai 85,9 dB(A) di Lantai 1-b hingga 70,1 dB(A) di Lantai 3. Adapun LA_{90} kurang dari 55 dB(A) hanya terjadi di zona merah Lantai 2-b dan Lantai 3.

Berdasarkan karakternya, zona-zona di PP ITB ini tidak dibagi secara tegas. Zona yang dimaksud adalah satu lantai penuh saling terhubung tanpa sekat, sehingga masing-masing zona memiliki volume area yang amat besar. Secara luas area, zona di PP ITB lebih luas dari sebuah zona di PFT UGM. Dampaknya adalah LA_{eq} di PP ITB cenderung seragam, sementara LA_{eq} di PFT UGM amat jauh berbeda tergantung pada zonasinya. Aktivitas pengunjung di PP ITB tidak secara aktif dikendalikan pengelola perpustakaan, tingkat kebisingan yang terjadi menyesuaikan kenyamanan dan kesadaran masing-masing orang. Adapun aktivitas pengunjung di PFT UGM secara aktif dijaga pengelola dan lingkungan masing-masing zonasi diisolasi akustiknya dengan baik.

V.4 Kuesioner Persepsi *in situ*

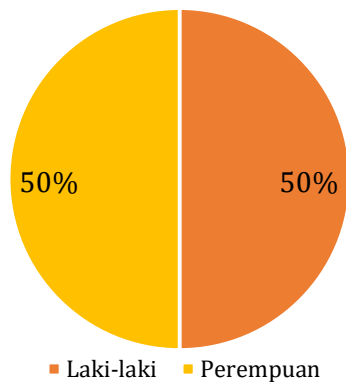
Kuesioner dibagikan kepada 182 responden dari dua perpustakaan kampus. Rinciannya 60 partisipan dari Perpustakaan Pusat ITB (PP ITB) dan 122 partisipan dari Perpustakaan Fakultas Teknik UGM (PFT UGM). Pengisian kuesioner dilakukan secara langsung di lokasi dengan durasi kira-kira 10-15 menit. Eksperimen *in situ* ini secara seragam dilakukan pada jam-jam puncak aktivitas layanan perpustakaan universitas setempat. Periode pengambilan data di PP ITB pada Maret 2017, sedangkan pengambilan data di PFT UGM pada Oktober 2017. Skala semantik diferensial (SDS) dikembangkan dalam diskusi kelompok khusus yang membahas persepsi semantik khusus di perpustakaan. Skala semantik diferensial 7 titik berjumlah 19 buah yang digunakan ditunjukkan pada Tabel V.3.

Tabel V.3 Skala semantik diferensial untuk soundscape perpustakaan.

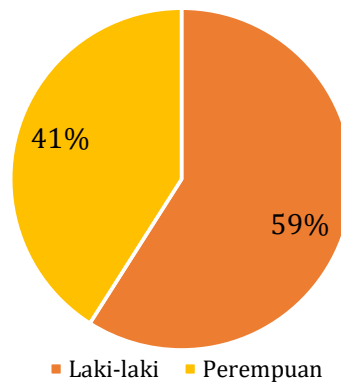
Tidak Menyenangkan	3	2	1	0	1	2	3	Menyenangkan
Tidak Nyaman – Nyaman				Distraksi – Fokus				
Tidak Reflektif – Reflektif				Individual – Kolektif				
Tidak Mengganggu – Mengganggu				Sempit – Luas				
Tidak Suka – Suka				Kosong – Penuh				
Tidak Menenangkan – Menenangkan				Keras – Lembut				
Tidak Penting – Penting				Kasar – Halus				
Sederhana – Rumit				Tetap – Berubah				
Gaduh – Sunyi				Monoton – Variatif				
Cepat – Lambat				Privat – Komunal				

Sebanyak 60 responden di PP ITB terdiri dari 30 laki-laki dan 30 perempuan (Gambar V.10). Sebanyak 122 responden di PFT UGM terdiri dari 72 laki-laki dan 50 perempuan. Profil usia responden di kedua kampus disajikan pada gambar berikut. Pada PP ITB pengisi kuesioner dominannya berada dalam rentang usia 16 hingga 21 tahun atau mahasiswa S1, sementara di PFT UGM pengisi kuesioner dominannya berada dalam rentang usia 17 hingga 22 tahun atau juga mahasiswa S1. Dapat diringkas bahwa pengisi kuesioner di kedua perpustakaan dominannya berasal dari mahasiswa S1 (Gambar V.11).

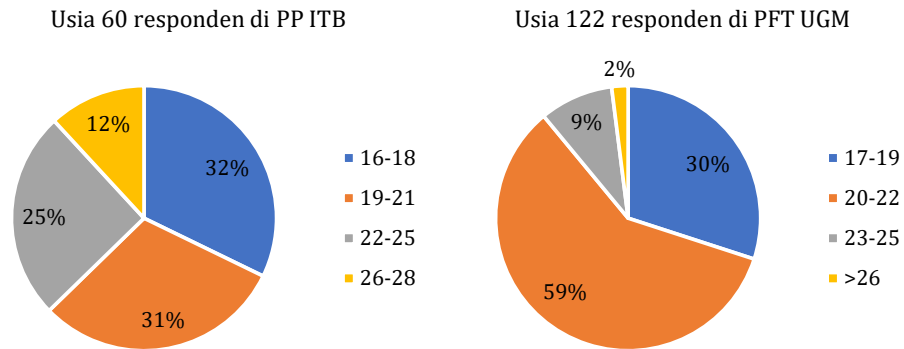
Gender responden di PP ITB



Gender responden di PFT UGM



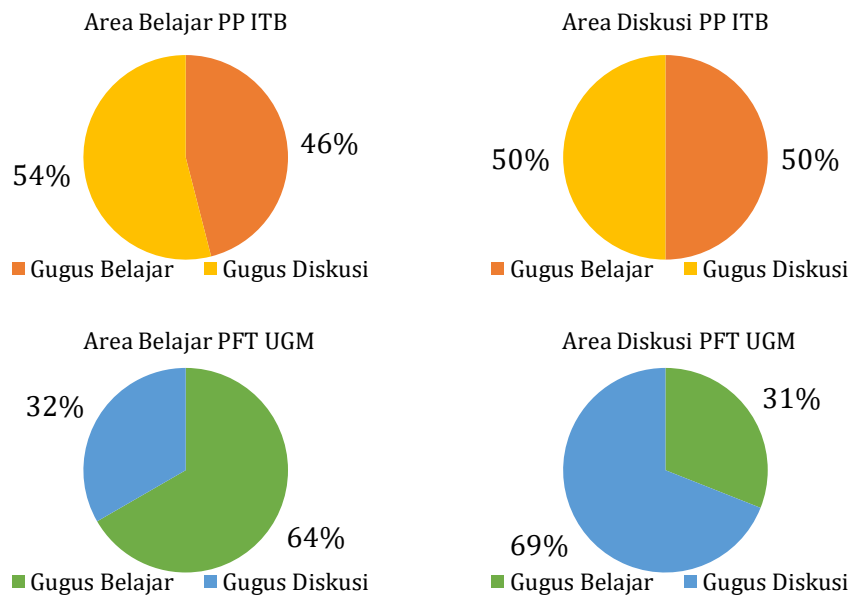
Gambar V.10 Profil gender responden kuesioner *in situ* di dua perpustakaan.



Gambar V.11 Profil usia responden kuesioner *in situ* di dua perpustakaan.

V.5 Analisis Gugus K-means

Seluruh data skala semantik diferensial mula-mula diolah dengan analisis gugus K-means untuk mengetahui kecenderungan informasi persepsi dengan gugus terkait. Sebagaimana diketahui terdapat 2 gugus persepsi area yang menjadi minat perhatian mula-mula yaitu area belajar dan area diskusi, maka gugus K-means diatur sebanyak 2 bagian dan 19 istilah semantik menjadi variabelnya.



Gambar V.12 Persentase gugus K-means di kedua perpustakaan.

Tampak pada K-means Perpustakaan Pusat ITB, data persepsi semantik area belajar terbagi dua: 54% gugus diskusi dan 46% gugus belajar. Data persepsi semantik area diskusi terbagi dua juga: 50% gugus diskusi dan 50% gugus belajar. Hal ini bermakna fungsi ruang tertentu tidak tergolong sebagaimana persepsi semantik yang seharusnya muncul. Pada gugus fungsi belajar maupun diskusi keduanya dipersepsi sama saja oleh para pengunjung.

Pada K-means Perpustakaan FT UGM, data persepsi semantik area belajar terbagi: 32% gugus diskusi dan dominan 68% gugus belajar. Data persepsi semantik area diskusi: dominan 69% gugus diskusi dan 31% gugus belajar. Pembagian area di Perpustakaan FT UGM lebih jelas, sebagaimana ditunjukkan persentase gugus respons persepsi muncul secara dominan sesuai dengan fungsi areanya. Dengan kata lain pengunjung di Perpustakaan Pusat ITB tidak begitu yakin dengan fungsi area di mana mereka sedang beraktivitas. Selain itu persepsi dari area tersebut memiliki kesamaan atau tidak jauh beda dengan area-area lainnya (di ITB). Di UGM para pengunjung sudah punya persepsi dan ekspektasi yang berbeda dari masing-masing ruang atau area yang didesain pengelola perpustakaan. Analisis K-means ini mengonfirmasi bahwa fungsi pokok fasilitas perpustakaan di ITB dan UGM adalah dua yaitu gugus belajar dan gugus diskusi.

Studi Xiao dan Aletta (2016) pada soundscape perpustakaan menemukan bahwa ada tiga kognisi soundscape di perpustakaan, yaitu: *berinteraksi-berkomunikasi*; *menyesuaikan*; dan *membaca-berpikir*. Kognisi soundscape *menyesuaikan* di sini kaitannya dengan desain ruang dan perilaku adalah area-area di mana pengunjung berada di area antara jenis kognisi *berinteraksi-berkomunikasi* dan *membaca-berpikir*. Area yang dimaksud *menyesuaikan* ini berdekatan dengan fasilitas sosial yang ramai seperti kafe dan fasilitas komunal yang tenang seperti area membaca. Area-area ini menurut Xiao dan Aletta (2016) adalah “area antara” dan tidak memiliki fungsi khusus yang berkaitan dengan fasilitas inti perpustakaan seperti: bangku-bangku tunggu, jalur sirkulasi, dan area peminjaman/pengembalian buku.

Investigasi Gayton (2008) terhadap masa depan perpustakaan menemukan bahwa tren fasilitas publik ini mulai bergeser dari berbasis komunal menjadi berbasis sosial. Menurutnya fungsi komunal amat sesuai dengan semangat para pengunjung perpustakaan universitas. Fungsi komunal yang dimaksud adalah perpustakaan universitas sebagai penyedia buku-buku dan tempat untuk membacanya. Perpustakaan berbasis sosial menekankan fungsi area atau ruang di mana para pengunjung dapat dengan mudah berkolaborasi dan berkomunikasi. Aktivitas komunal digambarkan dengan suasana belajar serius, kontemplatif, dan amat tenang. Aktivitas sosial digambarkan dengan suasana terkadang belajar serius, tidak selalu kontemplatif, dan berisik. Strategi penambahan fasilitas sosial ini dilakukan karena kemajuan teknologi di mana koleksi buku-buku fisik sudah mulai terganti dengan buku dan dokumen digital. Perpustakaan universitas tidak lagi menerima banyak kunjungan sebab banyak koleksi digital dapat dinikmati dari luar perpustakaan. Pengelola perpustakaan juga berhenti menambah koleksi fisik dan mulai merambah *digital library* dengan tetap memperbarui koleksi-koleksi bacaannya secara *online*. Fungsi sosial ini adalah strategi untuk mendongkrak jumlah kunjungan dan popularitas perpustakaan universitas.

Penambahan fungsi sosial seperti kafe, galeri seni, fasilitas belajar kelompok, dan area umum membuat model perilaku semacam ini amat terbuka dengan percakapan dan kerja sama. Dalam paradigma tradisional, fungsi sosial di perpustakaan ini tidak serta merta sesuai dengan nilai-nilai dan semangat yang ada, namun demikian tren ini tetap saja berlangsung dan terjadi (Gayton, 2008). Tren penambahan fasilitas sosial di perpustakaan sudah diterapkan Universitas Indonesia (UI). Fasilitas-fasilitas sosial tersebut di antaranya: kafe, gym, bioskop, toko buku impor, restoran, dan minimarket. Studi soundscape ini dengan objek kajian perpustakaan universitas ITB dan UGM tidak dijumpai fasilitas sosial sebagaimana di UI. Kaitannya dengan kognisi soundscape Xiao dan Aletta (2016) ialah meski ITB dan UGM tidak menambahkan fasilitas sosial non-akademik di perpustakaan, tetap dijumpai kognisi soundscape untuk *berinteraksi-berkomunikasi*, *menyesuaikan*, dan *membaca-berpikir* di area-area studi ini. Kognisi *berinteraksi-berkomunikasi*

berkaitan dengan persepsi gugus diskusi sedangkan *membaca-berpikir* berkaitan dengan persepsi gugus belajar.

Temuan gugus *K-means* serta kognisi soundscape di dalam ruangan pada kasus perpustakaan universitas dapat dikombinasikan untuk menjawab strategi desain, pengendalian perilaku pengunjung, serta untuk meningkatkan kenyamanan akustik.

V.6 Analisis Komponen Utama (Principal Component Analysis)

Tabel V.4 Ringkasan analisis komponen utama semantik kuesioner *in situ*.

No	Semantik	Komponen Utama				
		19%	17%	15%	6%	6%
N=182; indeks Kaiser-Meyer-Olkin = 0,856; Bartlett's test of sphericity sig 0,000						
1	Nyaman	0.650	0.226	-0.112	0.223	0.192
2	Suka	0.817	0.188	-0.039	0.038	0.166
3	Menenangkan	0.666	0.380	-0.250	0.120	-0.067
4	Penting	0.728	0.066	0.107	-0.213	-0.178
5	Menyenangkan	0.845	0.155	-0.077	0.025	-0.062
6	Sunyi	0.487	0.604	-0.202	0.010	-0.024
7	Lambat	0.227	0.548	-0.274	-0.176	0.021
8	Fokus	0.462	0.594	-0.281	-0.007	0.059
9	Lembut	0.234	0.816	-0.073	0.161	-0.155
10	Halus	0.201	0.838	-0.017	0.141	-0.065
11	Berubah	-0.087	0.015	0.735	-0.181	0.210
12	Kolektif	-0.142	-0.211	0.731	0.351	0.037
13	Penuh	0.126	-0.382	0.511	-0.092	0.007
14	Komunal	-0.143	-0.246	0.774	0.18	-0.027
15	Variatif	-0.048	-0.068	0.720	-0.095	0.012
16	Luas	0.093	0.073	-0.014	0.835	0.029
17	Reflektif	0.108	0.015	0.127	0.087	0.885
18	Rumit	-0.059	-0.461	0.271	0.264	-0.167
19	Mengganggu	-0.328	-0.217	0.062	-0.166	0.360
<i>Cronbach's alpha</i>		0.835	0.851	0.781	-	-

Data kuesioner *in situ* yang berisi skala semantik diferensial (SDS) dikaji menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*). Pengaturan prosedur PCA

ditempuh dengan memasukkan 19 semantik ke dalam variabel yang dianalisis. Kemudian indeks *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) diperlukan untuk menguji asumsi dan kecukupan data. Pada ekstraksi ditentukan metode analisis matriks korelasi dan kriteria *eigenvalue* > 1. Metode rotasi yang paling sering digunakan dipilih *varimax* agar hasil komponen utama dirotasi juga. Analisis komponen utama ini dilakukan untuk mengetahui persepsi apa yang paling dominan menjelaskan soundscape di dalam ruang perpustakaan universitas. Dengan menyederhanakan beberapa persepsi sekaligus ke dalam satu komponen, maka diketahui kaitan antar semantik satu dan lainnya. Dan Tabel V.4 adalah solusi komponen matriks terotasinya.

Kelayakan jumlah data sebanyak 182 responden ditunjukkan dari indeks KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) sebesar 0,856. Dalam penelitian ini indeks $KMO \geq 0,7$ digunakan sebagai kriteria kelayakan jumlah responden untuk melaksanakan analisis komponen utama. Kaiser dan Rice (1974) menyarankan kriteria indeks sebagaimana ditunjukkan Tabel V.5.

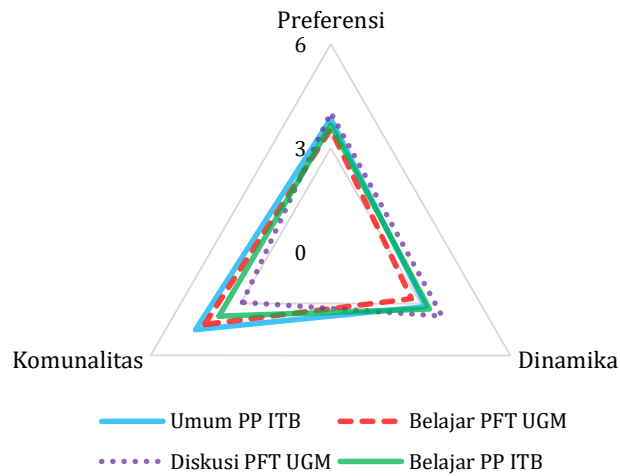
Tabel V.5 Kriteria kelayakan data untuk melanjutkan analisis komponen utama (Kaiser & Rice, 1974).

Indeks KMO	Keterangan Kelayakan
0,00 – 0,49	Tidak diterima
0,50 – 0,59	Tidak bermutu
0,60 – 0,69	Biasa
0,70 – 0,79	Cukup
0,80 – 0,89	Bagus
0,90 – 1,00	Sangat bagus

Analisis komponen utama data *in situ* diproses dengan menggabungkan hasil skala semantik empat area dari dua perpustakaan universitas berbeda. Sebagaimana tampak pada Tabel V.4, analisis komponen utama *in situ* menghasilkan 5 komponen utama yang mampu mengekstrak 63% variansi data kuesioner. Komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut.

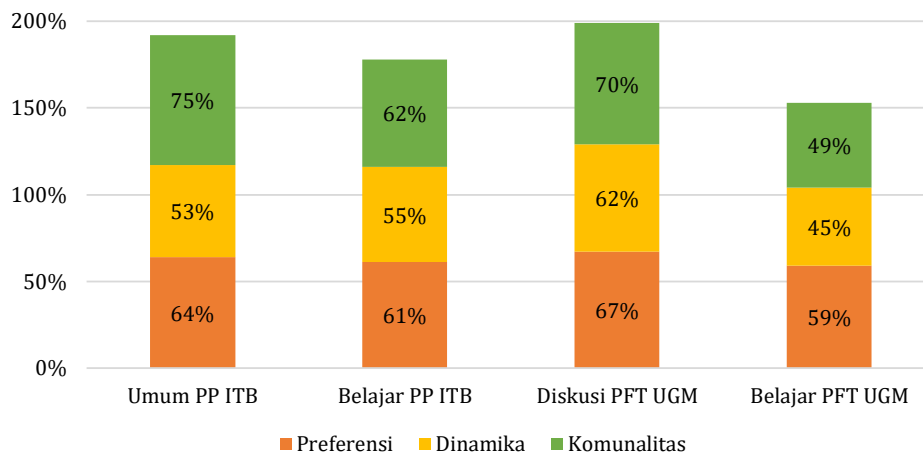
1. Komponen 1 (19%) disebut **Preferensi**. Skala *Nyaman-Tidak Nyaman*, *Suka-Tidak Suka*, *Menenangkan-Tidak Menenangkan*, *Penting-Tidak Penting*, dan *Menyenangkan-Tidak Menyenangkan* termuat di komponen ini.
2. Komponen 2 (17%) disebut **Dinamika**. Skala *Sunyi-Gaduh*, *Lambat-Cepat*, *Fokus-Distraksi*, *Lembut-Keras*, dan *Halus-Kasar* termuat di komponen ini.
3. Komponen 3 (15%) disebut **Komunalitas**. Skala *Kolektif-Individual*, *Penuh-Kosong*, *Berubah-Tetap*, *Komunal-Privat*, dan *Variatif-Monoton* termuat di komponen ini.
4. Komponen 4 (6%) hanya memuat skala *Luas-Sempit*.
5. Komponen 5 (6%) hanya memuat skala *Reflektif-Tidak Reflektif*.

Persentase masing-masing komponen di atas berasal dari Tabel III.6 pada solusi muatan terotasi dan sudah dibulatkan nol angka di belakang koma. Komponen 1 hingga 3 berisi banyak skala-skala semantik, sedangkan komponen 4 dan 5 masing-masing hanya berisi satu skala. Penamaan komponen utama didasarkan pada skala yang termuat di masing-masing komponen. Kesulitan dalam penamaan komponen utama ini adalah harus dipilih persepsi yang mewakili skala-skala semantik dan konteks semantik tersebut digunakan. Semisal pada studi Kang (2006) kombinasi semantik Komponen 1 dapat disebut sebagai **Relaxation (Relaksasi)** pada konteks urban. Dalam konteks perpustakaan universitas, manusia yang memilih berada di dalam ruang-ruang perpustakaan tidak sedang bersantai melepas penat, melainkan untuk belajar dan menambah ilmu pengetahuan. Lebih lanjut, ruang-ruang di perpustakaan didesain untuk mengakomodasi kebutuhan pengunjung dalam berkonsentrasi. Dengan demikian penentuan nama komponen **Preferensi** berusaha mengakomodasi persepsi pengunjung yang timbul dari konteks perpustakaan. Perlu dipahami pula bahwa deskripsi **Preferensi** yang dimaksud terdiri dari lima variabel semantik sekaligus, begitu juga berlaku untuk komponen utama lainnya.



Gambar V.13 Profil soundscape perpustakaan di 4 lokasi dalam radar 3 sumbu.

Representasi alternatif dari Gambar V.13 adalah grafik batang yang ditumpuk (Gambar V.14). Setiap dimensi punya potensi nilai maksimal hingga 100%. Persentase tiap dimensi tersebut berasal dari konversi skala semantik 7 titik yang diwakili oleh rentang penilaian dari 0 sampai 6. Dengan kata lain total grafik batang yang ditumpuk punya potensi rentang 0%-300%.



Gambar V.14 Profil soundscape perpustakaan di empat lokasi.

Dimensi soundscape di Perpustakaan Pusat ITB antara area umum dan belajarnya sekilas tidak berbeda. Hanya saja dimensi **Komunalitas** di area umum (75%) lebih besar sedikit dari area belajarnya (62%). Adapun dimensi soundscape di Perpustakaan Fakultas Teknik UGM untuk masing-masing komponen **Preferensi**,

Dinamika, dan **Komunalitas** masing-masing menunjukkan perbedaan. Penyebabnya adalah zonasi yang jelas untuk ruang dan fungsi tertentu, sehingga persepsi yang terukur darinya juga spesifik tertentu.

Semisal aspek **Dinamika** area belajar dinilai responden lebih rendah daripada area diskusi PFT UGM. Karakter **Dinamika** berupa ekstrem kiri-kanan terdiri dari: *Sunyi-Gaduh*, *Lambat-Cepat*, *Fokus-Distraksi*, *Lembut-Keras*, dan *Halus-Kasar*. Respon rating yang lebih rendah (**45%**) di area belajar PFT UGM bermakna persepsi condong ke arah ekstrem kiri yang terdiri dari: *Sunyi*, *Lambat*, *Fokus*, *Lembut*, dan *Halus*. Sebaliknya secara konsisten di area diskusinya bernilai rating lebih tinggi (**62%**) sehingga condong ke arah ekstrem kanan yang terdiri dari: *Gaduh*, *Cepat*, *Distraksi*, *Keras*, dan *Kasar*.

Berikutnya aspek **Komunalitas** tampak berbeda secara mencolok di PFT UGM. Karakter Komunalitas tersusun atas skala ekstrem kiri-kanan yaitu: *Kolektif-Individual*, *Penuh-Kosong*, *Berubah-Tetap*, *Komunal-Privat*, dan *Variatif-Monoton*. Rating Komunalitas di area diskusi (**70%**) lebih tinggi daripada rating di area belajar (**49%**) PFT UGM. Dengan kata lain area diskusi dinilai para responden dekat dengan persepsi arah ekstrem kanan: *Kolektif*, *Penuh*, *Berubah*, *Komunal*, dan *Variatif*. Adapun area belajarnya dinilai responden 1% mengarah ke persepsi ekstrem kiri: *Individual*, *Kosong*, *Tetap*, *Privat*, dan *Monoton*. Sebab rating 49% berarti persepsi pengunjung dekat dengan pertengahan (50%) di antara ekstrem kiri maupun kanan. Melalui analisis persepsi ini dapat diketahui bahwa ciri atau karakter area diskusi dibangun dengan prinsip penggunaan fasilitas secara bersama-sama, penuh dengan orang, dan banyak sekali aktivitasnya. Adapun ciri area belajar memprioritaskan isolasi diri pada masing-masing individu, berjarak tersedia area kosong, aktivitas cenderung tetap dan monoton.

Aspek **Komunalitas** di Perpustakaan Pusat ITB yang bernilai > 50% menunjukkan bahwa persepsi pengunjung di area-area tersebut mendekati ke persepsi arah ekstrem kanan: *Kolektif*, *Penuh*, *Berubah*, *Komunal*, dan *Variatif*. Sebagaimana dinyatakan di awal pembahasan bahwa ITB tidak menerapkan zonasi yang tegas,

dapat dipahami kemudian bahwa area-area tersebut secara umum digunakan bersama-sama oleh para pengunjung. Persepsi yang dirasakan oleh mereka kemudian cenderung menganggap bahwa perpustakaan di area yang mana saja sebagai ruang bersama, penuh, dan aktivitasnya sangat beragam (tidak dibatasi).

Gambar V.14 menunjukkan profil soundscape di empat lokasi dengan tiga dimensi **Preferensi**, **Dinamika**, dan **Komunalitas**. Tiga dimensi terekstrak sebesar 51% dari seluruh variansi. Hal ini menunjukkan ada skala-skala yang belum sepenuhnya terekstrak dalam komponen utama. Proses penyusunan skala semantik telah melibatkan ahli akustik di dalam diskusi kelompok terfokus, ternyata semantik-semantik berskala tersebut belum dipahami dengan baik oleh responden. Terdapat dua semantik yaitu *Rumit-Tidak Rumit* serta *Mengganggu-Tidak Mengganggu* yang tidak termuat di komponen dimensi manapun. Hal ini mengindikasikan semantik tersebut tidak begitu cocok menggambarkan persepsi soundscape di perpustakaan. Untuk meningkatkan ekstraksi komponen utama maka strategi ke depan adalah mengevaluasi semantik-semantik persepsi di perpustakaan.

Studi yang dilakukan Kang (2006) juga menggunakan analisis komponen utama untuk mengevaluasi soundscape urban. Komponen yang diekstrak berjumlah 18 semantik berskala dengan kriteria $eigenvalue > 1$. Darinya dihasilkan 4 komponen utama: **Relaxation** (26%), **Communication** (12%), **Spatiality** (8%), dan **Dynamic** (7%). Menurut Kang, hasil tersebut menarik sebab empat faktor tersebut mewakili desain lingkungan sonik di ruang terbuka urban: fungsi (relaksasi dan komunikasi), spasial, dan waktu. Sebagaimana persepsi utama di lingkungan perpustakaan muncul juga aspek yang mewakili fungsi (**Preferensi** dan **Komunalitas**) dan waktu (**Dinamika**). Di dalam studi Kang (2006) analisis komponen utama mengekstrak 53% dari total variansi. Dengan mengetahui persentase ekstraksi analisis komponen utama, selanjutnya semantik dapat dikembangkan demi meningkatkan ekstraksi komponen utama di dalamnya. Semantik-semantik yang tidak termuat di dalam faktor utama dapat direvisi dengan persepsi-persepsi yang lebih dekat dan terkait dengan komponen utama yang sudah ditemukan sebelumnya.

Kang (2006) tidak melakukan uji reliabilitas terhadap data semantiknya. Namun demikian, ukuran sampel yang dikumpulkannya sangat besar yaitu sebanyak 491 responden, 200 orang di musim gugur/dingin dan 291 orang di musim semi/panas. Dengan ukuran sampel sebesar itu indeks kecukupan sampel KMO yang ia peroleh adalah 0,798. Kang (2006) menyarankan ukuran sampel yang dapat diterima untuk mengevaluasi soundscape berkisar antara 100 hingga 150 buah. Umumnya, menambah ukuran sampel akan mengurangi jumlah komponen utama. Dibandingkan dengan studi Kang (2006) tersebut, penelitian soundscape perpustakaan ini melibatkan lebih sedikit responden yaitu 182 orang dan meraih indeks kecukupan sampel KMO sebesar 0,856. Indeks KMO penelitian ini lebih tinggi dari Kang (2006) sebab studi persepsi dalam penelitiannya mencakup empat musim berbeda, variasi di dalamnya lebih beragam dari studi di perpustakaan ini.

Tahapan berikutnya adalah menguji keandalan dimensi atau komponen soundscape menggunakan *Cronbach's alpha*. Tahapan ini adalah pilihan, biasanya dilakukan untuk menguji konsistensi internal tiap-tiap komponen utama. Ada dua alasan para peneliti menggunakan uji *Cronbach's alpha*. Pertama, karena teknik ini merupakan teknik pengujian keandalan kuesioner yang paling sering digunakan (Bryman dan Bell, 2015.). Kedua, dengan melakukan uji *Cronbach's alpha* maka akan terdeteksi indikator-indikator yang tidak konsisten (Malhotra dkk, 2012).

Cronbach's alpha merupakan alat uji keandalan yang memiliki nilai berkisar dari nol sampai satu (Hair dkk, 2010). Para peneliti umumnya meletakkan kriteria minimum keandalan pada *Cronbach's alpha* sebesar 0,7. Alasan ditentukannya nilai tersebut sebagai kriteria minimum ialah *Cronbach's alpha* yang andal (0,7) menginformasikan dukungan konsistensi skala internal. Tabel V.6 meringkaskan tingkat keandalan dari nilai *Cronbach's alpha*.

Tabel V.6 Tingkat Keandalan *Cronbach's alpha* (Hair dkk, 2010).

<i>Cronbach's Alpha</i>	Keterangan
0,0 - 0,2	Kurang Andal
>0,2 - 0,4	Agak Andal
>0,4 - 0,6	Cukup Andal
>0,6 - 0,8	Andal
>0,8 - 1,0	Sangat Andal

Tampak hasil komponen analisis utama di atas, nilai *Cronbach's alpha* dapat dihitung untuk komponen utama 1, 2, dan 3. Adapun komponen 4 dan 5 tidak dapat diproses, karena uji reliabilitas hanya dapat dilakukan apabila minimal tersedia 2 variabel. Hasil perhitungan *Cronbach's alpha* untuk komponen 1, 2, dan 3 masing-masing ialah sebesar 0,835; 0,851; dan 0,781 yang seluruhnya mengindikasikan keandalan internal konsisten $>0,7$).

Uji keandalan untuk analisis komponen utama pada lingkup soundscape urban pertama kali digunakan oleh Sudarsono (2010). Jika temuan *in situ* Kang (2006) saat itu sudah mengerucutkan hasil ke dalam 4 komponen utama (53%), maka temuan *in situ* Sudarsono (2010) adalah 6 komponen yang mewakili ekstraksi 72% dari seluruh variansi. Komponen-komponen tersebut secara berurutan ialah **Calmness/Relaxation** (24%), **Dynamic/Vibrancy** (14%), **Communication** (11%), **Naturalness & Meaningful** (9%), **Spatiality** (7%), dan **Directivity** (7%). Uji keandalan dilakukan Sudarsono (2010) untuk mengetahui komponen mana yang andal menjadi acuan dimensi soundscape urban. Uji tersebut menunjukkan meski terdapat 6 dimensi utama, hanya 3 dimensi pertama saja yang andal. Usai uji reliabilitas dilakukan 3 dimensi hasil studi Sudarsono (2010) menjelaskan 49% keseluruhan variansi, turun dari sebelumnya 72%. Di samping itu sebagai catatan, ukuran sampelnya sebanyak 92 data dan indeks kecukupan sampel KMO-nya sebesar 0,647. Sebagaimana diungkapkan di atas, penambahan ukuran sampel besar kemungkinan dapat menyederhanakan komponen utama. Pada studi Sudarsono (2010) dilakukan uji keandalan untuk memastikan keandalan tiap-tiap dimensi.

Pada studi ini uji reliabilitas juga dilaksanakan, hasilnya dari lima faktor utama hanya tiga faktor teratas yang andal. Faktor keempat dan kelima tidak andal bukan karena nilainya belum memenuhi kriteria *Cronbach's alpha*, melainkan karena variabel hanya tersedia tunggal. Hal ini membuat pengujian tidak dapat dilakukan.

V.7 Simulasi/Reproduksi Soundscape Perpustakaan

Reproduksi soundscape perpustakaan dikembangkan berbasis pada teknik komposisi lingkungan sonik. Di mana satu hingga beberapa bunyi sekaligus dapat

ditambahkan ke dalam eksperimen. Pada eksperimen laboratorium ini 26 orang dengan rentang usia 19 hingga 31 tahun telah berpartisipasi secara sukarela. Partisipan terdiri dari 15 perempuan dan 11 laki-laki, di antara mereka 10 orang berpendidikan S1, 13 orang S2, dan 2 orang S3. Responden dipersilakan menambahkan lebih dari 1 dari 5 macam bunyi ke dalam empat rekaman ambisonik soundscape perpustakaan. Reproduksi soundscape perpustakaan diwakili oleh rekaman ambisonik di dua area belajar dan dua area diskusi di gedung Perpustakaan Pusat ITB. Reproduksi tersebut diukur nilai LA_{eq} -nya untuk sepanjang waktu eksperimen, masing-masing nilai LA_{eq} ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel V.7 Leq reproduksi 4 area di laboratorium semi-anechoic, 2 area belajar dan 2 area diskusi Perpustakaan Pusat ITB.

	Belajar A	Belajar B	Diskusi C	Diskusi D
LA_{eq}	48,2 dBA	52,2 dBA	58,5 dBA	53,5 dBA

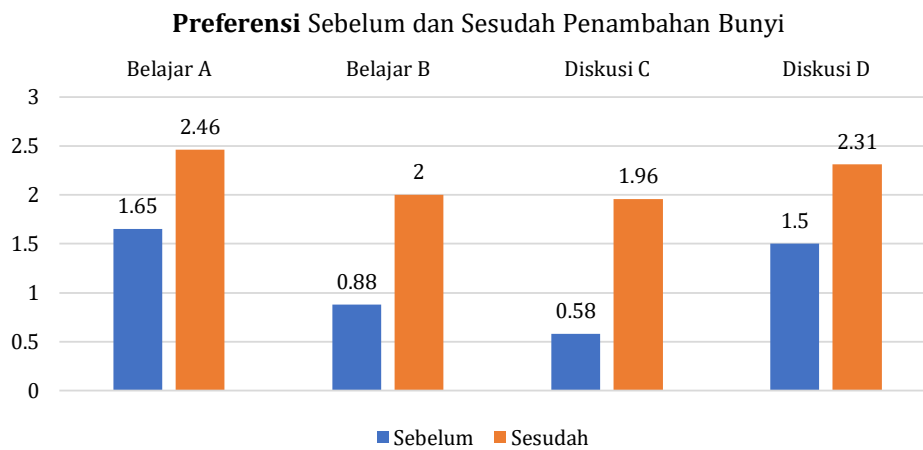
Lima macam bunyi tersebut adalah rintik hujan, kicau burung, musik instrumental, musik berbahasa Indonesia, dan musik berbahasa Inggris. Pemilihan lima jenis bunyi tersebut berdasar dari masukan responden pada kuesioner *in situ*. Karakter pemilihan musik juga divariasikan dari segi denyut permenitnya atau BPM (*beats per minute*). Secara berurutan dari musik intrumental, musik Indonesia, dan musik Barat memiliki BPM yang semakin tinggi.

Tabel V.8 Karakter bunyi tambahan di ruang reproduksi soundscape.

	Hujan	Burung	Instrumental	Indonesia	Barat
LA_{eq}	53,9	55,7	65,6	68,3	71,0
BPM	-	-	50-85	85-105	105-250

Tabel V.8 menunjukkan LA_{eq} (dBA) untuk level reproduksi bunyi maksimal, sementara itu responden diperkenankan mengatur tingkat tekanan bunyinya lebih rendah dari itu dan yang sesuai preferensinya. Gambar V.15 menyajikan grafik data perbandingan nilai **Preferensi** area antara sebelum dan sesudah ditambahkan bunyi-bunyian. Nilai rerata **Preferensi** antara sebelum dan sesudah tampak meningkat dengan ditambahkan objek-objek bunyi. Uji T sampel berpasangan

dengan distribusi satu ekor mula-mula dilakukan untuk mengetahui perbedaan rerata apakah berubah positif (naik) atau negatif (turun). Kemudian uji T sampel berpasangan dengan distribusi dua ekor dilakukan untuk membandingkan signifikansi perbedaan data penilaian **Preferensi** antara sebelum dan sesudah responden mengkomposisi bunyi di simulator soundscape perpustakaan. Tingkat kepercayaan pada pengolahan uji T ini adalah sebesar 95%.



Gambar V.15 Rerata **Preferensi** sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.

Tabel V.9 Uji T sampel berpasangan untuk persepsi **Preferensi**.

Pair	Preferensi Area	t	df	Sig. 1-tailed	Sig. 2-tailed
1	Belajar A	-3,430	25	0,001	0,002
2	Belajar B	-4,354	25	0,000	0,000
3	Diskusi C	-4,478	25	0,000	0,000
4	Diskusi D	-3,530	25	0,001	0,002

Hipotesis uji T berpasangan **satu ekor** untuk semua dimensi persepsi:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (“rerata data pasangan sama”)

$H_1: \mu_1 < \mu_2$ (“rerata data pasangan **sesudah** lebih besar dari **sebelum**”)

Hipotesis uji T berpasangan **dua ekor** untuk semua dimensi persepsi:

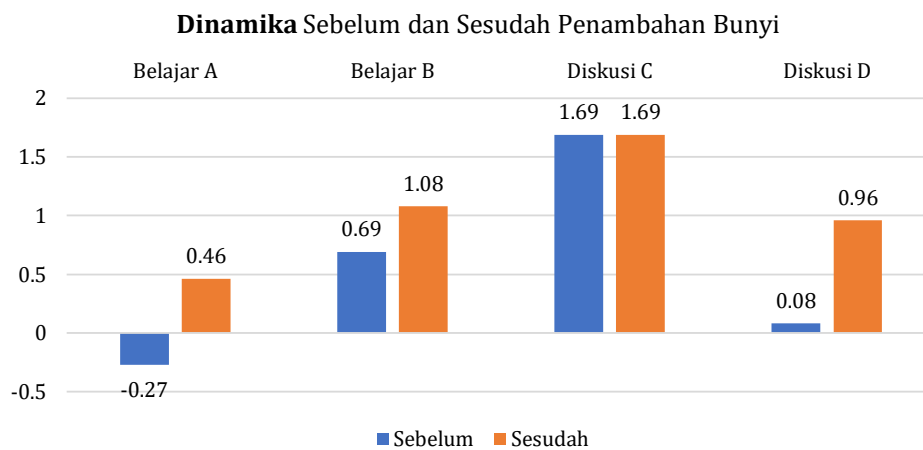
$H_0: \mu_1 = \mu_2$ (“rerata data pasangan sama”)

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ (“rerata data pasangan tidak sama”)

di mana μ_1 merupakan rerata data pada variabel **sebelum**.

μ_2 merupakan rerata data pada variabel **sesudah**.

Hasil dari uji T sampel berpasangan menunjukkan untuk semua pasangan dalam keempat pasangan area $p < 0,05$, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel V.9 kolom Sig. 1-tailed dan Sig. 2-tailed adalah signifikan. Sehingga untuk uji T berpasangan dua ekor maupun satu ekor H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa persepsi **Preferensi** berubah secara signifikan antara soundscape sebelum dan sesudah responden mengomposisi bunyi tambahan. Selain itu perubahannya adalah signifikan meningkat secara positif, artinya penambahan objek bunyi dalam simulator membuat partisipan merasa **Preferensi**-nya semakin baik. Adapun persepsi **Dinamika** dan **Komunalitas** tidak menunjukkan perubahan signifikan dari komposisi soundscape yang diberikan.



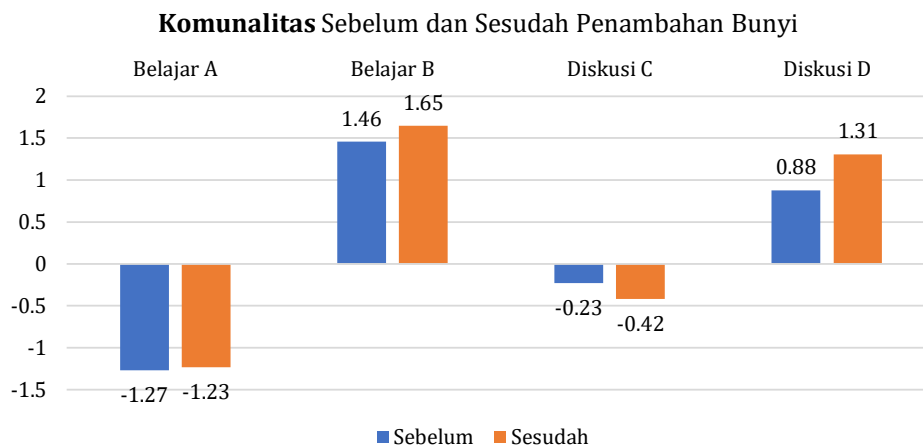
Gambar V.16 Rerata **Dinamika** sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.

Tabel V.10 Uji T sampel berpasangan untuk persepsi **Dinamika**.

Pair	Dinamika Area	t	df	Sig. 1-tailed	Sig. 2-tailed
1	Belajar A	-1.910	25	0,034	0.068
2	Belajar B	-1.309	25	0,101	0.203
3	Diskusi C	0.000	25	0,500	1.000
4	Diskusi D	-2.683	25	0,006	0.013

Berdasar Tabel V.10 H_0 ditolak pada uji T satu ekor di Belajar A dan Diskusi D. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan objek bunyi dapat meningkatkan rating dimensi **Dinamika** hanya pada kedua area tersebut. Selain itu H_0 ditolak pada uji T dua ekor di Diskusi D saja. Hal ini berarti bahwa perubahan rerata rating **Dinamika** yang betul-betul signifikan hanya pada area simulasi Diskusi D saja, sedangkan area lain tidak berubah. Secara umum penambahan objek bunyi ke dalam simulasi

mempengaruhi rating Dinamika. Tabel V.7 menunjukkan LA_{eq} Diskusi C memiliki nilai tertinggi dibandingkan area-area lainnya sebesar 58,5 dBA. Rating **Dinamika** berkaitan dengan level reproduksi dan skenario simulasinya. Skor Dinamika yang tinggi sebesar 1,69 berkaitan dengan LA_{eq} terukur yang juga tinggi sebesar 58,5 dBA. Pada level reproduksi rekaman yang tinggi penambahan objek bunyi baru tidak memengaruhi rating Dinamika, sebagaimana tampak pada Gambar V.16. Temuan ini menjadi catatan dalam reproduksi soundscape bahwa **Dinamika** tinggi berkaitan dengan level LA_{eq} , serta penambahan simulasi soundscapenya dengan objek bunyi lain besar kemungkinan tidak akan memengaruhi persepsi **Dinamika** sesudahnya.



Gambar V.17 Rerata **Komunalitas** sebelum dan sesudah bunyi ditambahkan.

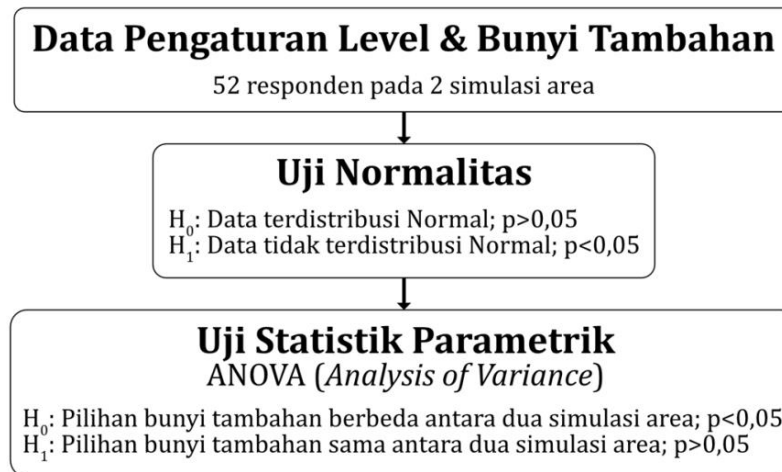
Tabel V.11 Uji T sampel berpasangan untuk persepsi **Komunalitas**.

Pair	Komunalitas Area	t	df	Sig. 1-tailed	Sig. 2-tailed
1	Belajar A	-0.122	25	0,452	0.904
2	Belajar B	-0.739	25	0,233	0.467
3	Diskusi C	0.739	25	0,233	0.467
4	Diskusi D	-1.698	25	0,051	0.102

Hanya persepsi **Dinamika** di area Diskusi D yang menunjukkan perubahan soundscape signifikan dengan $t(25) = -2,683$ dan $p = 0,013$. Adapun persepsi **Dinamika** dan **Komunalitas** pada area lain tidak menunjukkan perbedaan soundscape yang signifikan dari komposisi tambahan yang telah diberikan dengan $p > 0,05$. Dengan demikian analisis lebih lanjut dari eksperimen komposisi

reproduksi ini akan terfokus pada persepsi **Preferensi** saja di soundscape perpustakaan universitas.

V.8 Komposisi Bunyi Tambahan pada Simulator Soundscape



Gambar V.18 Tahapan analisis komponen bunyi tambahan dalam simulator.

Analisis pada bagian ini diawali dengan uji normalitas data-data pilihan bunyi dan tingkat level yang diatur oleh responden. Uji normalitas perlu dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan mewakili distribusi normal. Keseluruhannya ada 10 kelompok data, terdiri dari lima bunyi di simulasi area belajar dan lima bunyi di simulasi area diskusi. Data yang memenuhi kurva normal selanjutnya dapat diuji statistik parametrik dengan metode analisis variansi atau ANOVA. Kriteria p dan hipotesis ditunjukkan pada Gambar V.18.

Hipotesis uji normalitas untuk semua simulasi area adalah H_0 : data terdistribusi normal untuk $p > 0,05$, sementara H_1 : data tidak terdistribusi normal untuk $p < 0,05$. Agar ANOVA dapat dilakukan maka hipotesis alternatif uji normalitas harus dibatalkan dengan H_0 diterima, $p > 0,05$. Tabel V.12 menyajikan hasil uji statistik secara deskriptif data level bunyi pada dua kondisi, yaitu: simulasi area belajar dan simulasi area diskusi. Lalu

Tabel V.13 dan Tabel V.14 menyajikan hasil uji normalitas dengan metode *Kolmogorov-Smirnov* dan *Shapiro-Wilk* untuk dua simulasi area.

Tabel V.12 Uji statistik deskriptif data tingkat level bunyi pada dua kondisi, yaitu: simulasi area belajar dan simulasi area diskusi.

Simulasi	Bunyi	N	Range	Min	Max	Mean	St Err	St Dev
Area Belajar	Hujan	30	27	27	54	45,13	1,110	6,078
	Burung	16	35	21	56	38,00	2,763	11,051
	Pelan	30	33	33	66	53,00	1,434	7,856
	Sedang	8	15	49	64	57,50	1,626	4,598
	Cepat	8	37	34	71	59,38	4,391	12,42
Area Diskusi	Hujan	19	16	38	54	45,95	1,141	4,972
	Burung	8	24	26	50	37,00	2,535	7,171
	Pelan	13	19	47	66	57,38	1,595	5,752
	Sedang	15	23	45	68	58,33	1,919	7,432
	Cepat	21	20	51	71	59,90	1,177	5,394

Tabel V.13 Uji normalitas data simulasi area belajar.

Objek Bunyi Tambahan	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Rintik Hujan	0,123	30	0,200	0,933	30	0,058
Kicau Burung	0,116	16	0,200	0,952	16	0,522
Musik Tempo Lambat	0,096	30	0,200	0,961	30	0,331
Musik Tempo Sedang	0,247	8	0,163	0,930	8	0,514
Musik Tempo Cepat	0,179	8	0,200	0,876	8	0,173

Tabel V.14 Uji normalitas data simulasi area diskusi.

Objek Bunyi Tambahan	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Rintik Hujan	0.109	19	0.200	0.957	19	0.507
Kicau Burung	0,000	8	0.200	0.977	8	0.949
Musik Tempo Lambat	0.143	13	0.200	0.954	13	0.653
Musik Tempo Sedang	0.189	15	0.157	0.919	15	0.187
Musik Tempo Cepat	0.158	21	0.182	0.947	21	0.298

Kolom Sig. pada

Tabel V.13 dan Tabel V.14 semuanya ditandai dengan warna kuning karena terpenuhinya $p > 0,05$ sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak. Dataset kurang dari

2.000 elemen disarankan untuk menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, selain dari itu uji *Kolmogorov-Smirnova* lebih sesuai digunakan. Namun demikian kedua metode uji menunjukkan keseragaman hasil berupa ditolaknya hipotesis alternatif, dan diterimanya H_0 . Kesimpulan akhirnya ialah data-data pemilihan bunyi bersesuaian dengan distribusi normal. Selanjutnya akan disajikan hasil pengolahan uji statistik parametrik.

Uji statistik parametrik yang digunakan adalah analisis variansi (ANOVA). Uji One-way ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% untuk lima bunyi tambahan ditunjukkan pada tabel-tabel berikut. Apabila $p < 0,05$ maka H_0 diterima. kontribusi komposisi bunyi di area belajar dan diskusi berbeda secara signifikan. Uji ANOVA berikut membandingkan kontribusi level reproduksi objek bunyi di dua area.

Tabel V.15 Uji ANOVA variabel rintik hujan area belajar dan diskusi.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>P-value</i>
Between Groups	2237.220687	1	2237.220687	0.040
Within Groups	52863.53258	102	518.2699272	
Total	55100.75326	103		

Tabel V.16 Uji ANOVA variabel kicau burung area belajar dan diskusi.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>P-value</i>
Between Groups	932.7047247	1	932.7047247	0.065
Within Groups	27345.65051	102	268.0946128	
Total	28278.35523	103		

Tabel V.17 Uji ANOVA variabel musik bertempo pelan area belajar dan diskusi.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>P-value</i>
Between Groups	6840.572378	1	6840.572378	0.002
Within Groups	69849.61634	102	684.8001602	
Total	76690.18871	103		

Tabel V.18 Uji ANOVA variabel musik bertempo sedang area belajar dan diskusi.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>P-value</i>
Between Groups	1660.362654	1	1660.362654	0.095
Within Groups	59471.93652	102	583.0582011	
Total	61132.29917	103		

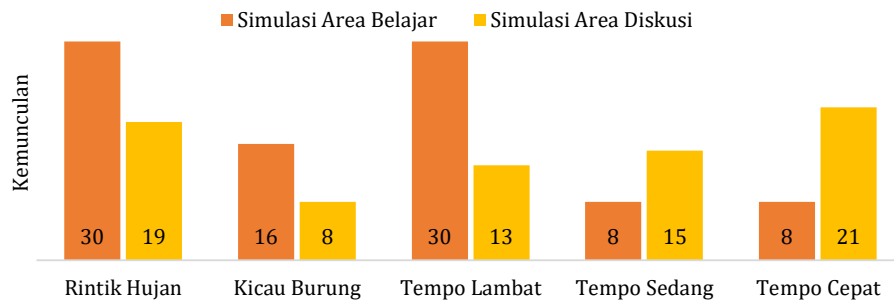
Tabel V.19 Uji ANOVA variabel musik bertempo cepat area belajar dan diskusi.

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>P-value</i>
Between Groups	5886.972682	1	5886.972682	0.004
Within Groups	70437.14055	102	690.5602015	
Total	76324.11324	103		

Berdasar uji ANOVA (Tabel V.15, Tabel V.16, Tabel V.17, Tabel V.18, dan Tabel V.19) komposisi level simulasi soundscape dengan rating **Preferensi** yang lebih baik hanya signifikan berbeda untuk penambahan rintik hujan, bunyi musik bertempo pelan, dan musik bertempo cepat. Rintik hujan dan musik bertempo pelan dominan ditambahkan di lingkungan belajar, sedangkan musik bertempo cepat dominan ditambahkan di lingkungan diskusi. Tabel V.20 menyajikan data rintik hujan, musik lambat, dan musik cepat bersesuaian dengan hasil ANOVA yang signifikan berbeda ($p < 0,05$) sebagaimana hasil Tabel V.15, Tabel V.17, dan Tabel V.19. Perbedaan sajian Tabel V.12 dan Tabel V.20 adalah jumlah n data yang dihitung. Tujuan merata-ratakan data pada Tabel V.12 adalah untuk mengetahui rata-rata level bunyi yang dipilih responden, dengan demikian variabel data yang bernilai 0 dBA tidak diikutkan dalam perata-rataan. Data bernilai 0 dBA artinya tidak dipilih atau dalam keadaan *mute* pada sistem simulator. Tujuan merata-ratakan data pada Tabel V.20 adalah untuk mengetahui kontribusi level seluruh responden. Variabel data bernilai 0 dBA dimasukkan dalam perhitungan untuk mengetahui kontribusi bunyi tambahan bagi seluruh responden dalam simulator.

Tabel V.20 Rangkuman uji statistik jumlah level dan rerata level bunyi.

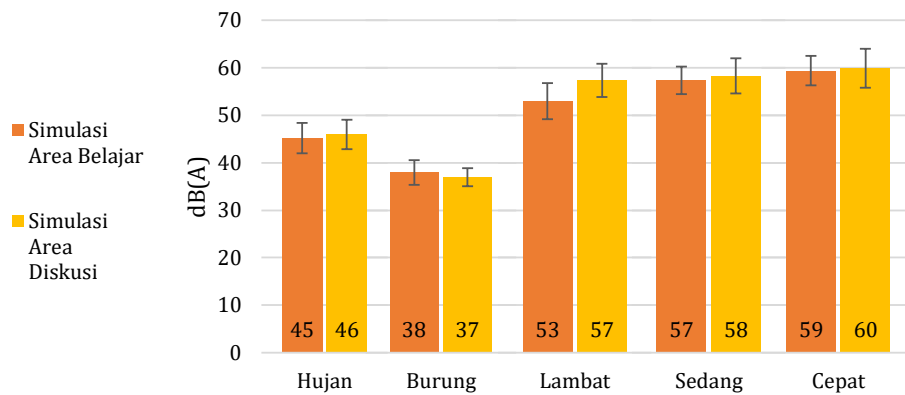
Statistik	Rintik Hujan		Musik Lambat		Musik Cepat	
	Belajar	Diskusi	Belajar	Diskusi	Belajar	Diskusi
n=52						
Jumlah	1355	873	1589	745	475	1258
Rerata	26	17	31	14	9	24
Kesimpulan	26 > 17 Rintik hujan dominan dimainkan di simulasi area belajar.		31 > 14 Musik tempo lambat dominan dimainkan di simulasi area belajar.		9 < 24 Musik tempo cepat dominan dimainkan di simulasi area diskusi.	



Gambar V.19 Tingkat kemunculan bunyi dalam reproduksi soundscape.

Pada Gambar V.19, responden cenderung memilih musik bertempo pelan (30 kali dari 52 eksperimen) untuk peningkatan **Preferensi** pada simulasi area belajar, sementara sebagian lainnya memilih musik bertempo cepat (21 kali dari 52 eksperimen) pada simulasi area diskusi perpustakaan universitas. Dari dua yang tertinggi, sebanyak 30 kali rintik hujan dan 30 kali musik bertempo pelan dipilih oleh responden untuk meningkatkan **Preferensi** soundscape perpustakaan di area belajar. Perbaikan persepsi **Preferensi** di simulasi area diskusi dominan terpilih musik bertempo cepat (21 kali) diikuti dengan rintik hujan (19 kali). Hal ini mengindikasikan bahwa rintik hujan dan musik bertempo pelan disukai untuk memperbaiki simulasi soundscape perpustakaan pada area belajar. Indikasi lainnya ialah musik bertempo cepat disukai untuk memperbaiki simulasi soundscape perpustakaan pada area diskusi. Olahan ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan pengaturan level rintik hujan pada simulasi area belajar dan diskusi signifikan berbeda.

Hasil olahan ANOVA yang tidak signifikan ialah pengaturan level musik bertempo sedang dalam simulator. Pada dua kondisi simulasi, pemilihan dan pengaturan level musik bertempo sedang (85-105 BPM) cenderung sama. Artinya penambahan musik Indonesia di lingkungan perpustakaan bisa saja diterapkan untuk area belajar maupun area diskusi. Adapun jenis musik bertempo lambat (50-85 BPM) cocok diaplikasikan di area belajar yang ritme **Dinamika**-nya lambat. Dan musik bertempo cepat (105-250 BPM) cocok diterapkan di area diskusi yang ritme **Dinamika**-nya tinggi.



Gambar V.20 Rerata LAeq objek-objek bunyi dalam simulasi soundscape.

Melalui uji ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% tampak kelima komposisi bunyi memiliki rerata tingkat LAeq dan kemunculan yang berbeda secara signifikan antara area belajar dan diskusi. Di area belajar, responden lebih menyukai untuk mendengar rintik hujan dan musik bertempo lambat dengan rerata LAeq ditunjukkan Gambar V.20. Pada area diskusi responden lebih menyukai untuk mendengar musik bertempo cepat dan rintik hujan dengan rerata LAeq ditunjukkan Gambar V.20.

Bab VI Kesimpulan dan Pengembangan

VI.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Evaluasi bunyi-bunyi mengganggu di lingkungan sonik perpustakaan universitas ialah obrolan ringan (62%), diskusi intens (68%), serta percakapan telepon (78%).
2. Profil dimensi soundscape di ruang-ruang perpustakaan universitas adalah **Preferensi** (19%), **Dinamika** (17%), dan **Komunalitas** (15%). Nilai *Cronbach's alpha* secara berurutan adalah 0,835, 0,851, dan 0,781.
3. Dimensi **Preferensi** meningkat secara signifikan melalui penerapan simulator soundscape. Di area belajar bunyi hujan disukai pada level 45 dBA bersamaan dengan pilihan musik bertempo pelan (50-85 BPM) pada level 53 dBA. Di area diskusi bunyi hujan juga disukai pada level 46 dBA bersamaan dengan pilihan musik bertempo cepat (105-250 BPM) pada level 60 dBA.

VI.2 Pengembangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan sebuah awal di bidang soundscape dalam ruangan. Beberapa penelitian lanjutan yang dapat dikembangkan antara lain:

1. Menggunakan teknik reproduksi dengan konfigurasi multi-speaker yang lebih banyak atau berbasis pada HOA (*Higher-Order Ambisonics*).
2. Memodifikasi skala semantik diferensial yang berkaitan dengan persepsi *indoor* demi meningkatkan persentase ekstraksi analisis komponen utama.
3. Mengaitkan studi soundscape *indoor* dengan parameter objektif akustik ruang. Manipulasinya juga dapat ditempuh menggunakan simulator.

DAFTAR PUSTAKA

- Aesthetic Research Centre of Canada, Truax, B., dan World Soundscape Project. (1978): *The world soundscape project's handbook for acoustic ecology*. ARC Publications: Aesthetic Research Centre: World Soundscape Project.
- Alan, B. dan Emma, B. (2003): *Business Research Methods*, Oxford University Press.
- Aletta, F., Kang, J., dan Axelsson, Ö. (2016): Soundscape descriptors and a conceptual framework for developing predictive soundscape models. *Landscape and Urban Planning*, 149, 65 – 74.
- Bailin, K. (2011): Changes in academic library space: A case study at the University of New South Wales. *Australian Academic & Research Libraries*, 42(4), 342 – 359.
- Banbury, S. dan Berry, D. C. (1998): Disruption of office-related tasks by speech and office noise. *British journal of psychology*, 89(3), 499 – 517.
- Bandura, A. (1963): *Social learning and personality development*. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Bandura, A. (1977): *Social learning theory*. Oxford, England: Prentice-Hall.
- Bird, C. P., dan Puglisi, D. D. (1984): Noise reduction in an undergraduate library. *Journal of academic librarianship*.
- Botteldooren, D., De Coensel, B., dan De Muer, T. (2006): The temporal structure of urban soundscapes. *Journal of sound and vibration*, 292(1), 105 – 123.
- Brocolini, L., Parizet, E., dan Chevret, P. (2016): Effect of masking noise on cognitive performance and annoyance in open plan offices. *Applied Acoustics*, 114, 44 – 55.
- Brown, A. L., Kang, J., dan Gjestland, T. (2011): Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*, 72(6), 387 – 392.
- Bruce, N. S., Davies, W. J., dan Adams, M. D. (2009): Expectation as a factor in the perception of soundscapes.
- Cain, R., Jennings, P., dan Poxon, J. (2013): The development and application of the emotional dimensions of a soundscape. *Applied Acoustics*, 74(2), 232 – 239.
- Craven, A., Carton, A. G., McPherson, C. R., dan McPherson, G. (2009): Determining and quantifying components of an aquaculture soundscape. *Aquacultural engineering*, 41(3), 158 – 165.
- Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., ... dan Plack, C. J. (2007): The positive soundscape project.
- Davies, W. J., Adams, M. D., Bruce, N. S., Cain, R., Carlyle, A., Cusack, P., ... dan Marselle, M. (2013): Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied acoustics*, 74(2), 224 – 231.

- Dubois, D., Guastavino, C., dan Raimbault, M. (2006): A cognitive approach to urban soundscapes: Using verbal data to access everyday life auditory categories. *Acta Acustica united with acustica*, 92(6), 865 – 874.
- Evans, G. W. dan Johnson, D. (2000): Stress and open-office noise. *Journal of applied psychology*, 85(5), 779.
- Gayton, J. T. (2008): Academic libraries: “Social” or “communal?” The nature and future of academic libraries. *The journal of academic librarianship*, 34(1), 60 – 66.
- Gordon-Hickey, S. dan Lemley, T. (2012): Background noise acceptance and personality factors involved in library environment choices by college students. *The Journal of Academic Librarianship*, 38(6), 365 – 369.
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., dan Anderson, R. E. (2010): *Multivariate Data Analysis Seventh Edition* Prentice Hall.
- Hidup, M. N. L. (1996): *Baku Tingkat Kebisingan, Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-48*. MENLH/1996/25 November 1996.
- ISO, T. (2014): 43/SC 1/WG 54, 12913-1 Acoustics–Soundscape–Part 1: “Definition and conceptual framework”. *International Organization for Standardization*, 1559-64.
- Kaiser, H. F. dan Rice, J. (1974): Little jiffy, mark IV. *Educational and psychological measurement*, 34(1), 111 – 117.
- Kang, J. (2006): *Urban sound environment*. CRC Press.
- Kang, J., Aletta, F., Gjestland, T. T., Brown, L. A., Botteldooren, D., Schulte-Fortkamp, B., ... dan Coelho, J. L. B. (2016): Ten questions on the soundscapes of the built environment. *Building and Environment*, 108, 284 – 294.
- Kjellberg, A., Tesarz, M., Holmberg, K., dan Landström, U. (1997): Evaluation of frequency-weighted sound level measurements for prediction of low-frequency noise annoyance. *Environment international*, 23(4), 519 – 527.
- Kronlachner, M. (2014): *Spatial Transformations for the Alteration of Ambisonic Recordings*, Master Thesis, University of Music and Performing Arts, Graz, 5 – 20.
- Liu, F. dan Kang, J. (2016): A grounded theory approach to the subjective understanding of urban soundscape in Sheffield. *Cities*, 50, 28 – 39.
- Malhotra, N. K., Mukhopadhyay, S., Liu, X., dan Dash, S. (2012): One, few or many?. *International Journal of Market Research*, 54(6).
- Markham, B., Zenk, D., dan Verbitzki, C. (2011): The Risk of Cacophony: Supporting an Open Plan Means Good Acoustical Management. *Library Journal*: 38.
- Massey Jr, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American statistical Association*, 46(253), 68-78.

- Nachbar, C., Zotter, F., Deleflie, E., & Sontacchi, A. (2011). Ambix-a suggested ambisonics format. In *Ambisonics Symposium, Lexington*.
- Oswald, C. J., Tremblay, S., dan Jones, D. M. (2000): Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. *Memory*, 8(5), 345 – 350.
- Payne, S. R., Davies, W. J., dan Adams, M. D. (2009): Research into the practical and policy applications of soundscape concepts and techniques in urban areas.
- Schafer, R. M. (1969): *The new soundscape*. BMI Canada Limited.
- Schafer, R. M. (1977): *The tuning of the world*. Alfred A. Knopf.
- Schulte-Fortkamp, B. (2002): The meaning of annoyance in relation to the quality of acoustic environments. *Noise and Health*, 4(15), 13.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.3-4.591>
- Smith, A. P. (1988): Acute effects of noise exposure: an experimental investigation of the effects of noise and task parameters on cognitive vigilance tasks. *International archives of occupational and environmental health*, 60(4), 307 – 310.
- Stockfelt, T. (1991): Sound as an existential necessity. *Journal of sound and vibration*, 151(3), 367 – 370.
- Sudarsono, A. S., Lam, Y. W., dan Davies, W. J. (2016): The effect of sound level on perception of reproduced soundscapes. *Applied Acoustics*, 110, 53 – 60.
- Sudarsono, A. S. dan Davies, W. (2016): Soundscape perception analysis using soundscape simulator. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 253, No. 8, pp. 593-600). Institute of Noise Control Engineering.
- Tan, P.-N., Steinbach, M., & Kumar, V. (2005). *Introduction to Data Mining, (First Edition)*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Tardieu, J., Susini, P., Poisson, F., Lazareff, P., dan McAdams, S. (2008): Perceptual study of soundscapes in train stations. *Applied Acoustics*, 69(12), 1224 – 1239.
- Ward, D. B., & Abhayapala, T. D. (2001). Reproduction of a plane-wave sound field using an array of loudspeakers. *IEEE Transactions on speech and audio processing*, 9(6), 697-707.
- Weinstein, N. D. (1974): Effect of noise on intellectual performance. *Journal of Applied Psychology*, 59(5), 548.
- Weisstein, E. W. "Associated Legendre Polynomial". Diperoleh melalui situs: <http://mathworld.wolfram.com/AssociatedLegendrePolynomial.html>. Diunduh pada tanggal 12 Desember 2017.

- Wiggins, B. (2004). *An investigation into the real-time manipulation and control of three-dimensional sound fields*, Disertasi Doktor, University of Derby).
- Williams, E. G. (1999): *Fourier acoustics: sound radiation and nearfield acoustical holography*. Academic press.
- Xiao, J., & Aletta, F. (2016): A soundscape approach to exploring design strategies for acoustic comfort in modern public libraries: a case study of the Library of Birmingham. *Noise Mapping*, 3(1).
- Zhang, M. dan Kang, J. (2007): Towards the evaluation, description, and creation of soundscapes in urban open spaces. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34(1), 68 – 86.
- Zotter, F. (2009a): Sampling strategies for acoustic holography/holophony on the sphere. *NAG-DAGA, Rotterdam*, 1 – 4.
- Zotter, F. (2009b): *Analysis and Synthesis of Sound-Radiation with Spherical Arrays*, Disertasi Doktor, University of Music and Performing Arts, Graz.

Daftar Pustaka dari Situs Internet (web site):

- Bartlett's sphericity test and the KMO index (Kaiser-Meyer-Olkin), persamaan indeks KMO diperoleh dari: https://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/tanagra/fichiers/en_Tanagra_KMO_Bartlett.pdf. Diunduh pada tanggal 26 Desember 2017.
- Courville, D. Encoding to Fifth Order Planar B-Format, data diperoleh melalui situs: <http://www.radio.uqam.ca/ambisonic/5b.html>. Diunduh pada tanggal 12 Desember 2017.
- Factor Analysis Rotation, informasi diperoleh dari: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_23.0.0/spss/bas_e/idh_fact_rot.html. Diunduh pada tanggal 27 Desember 2017.
- Sennheiser. AMBEO VR MIC, data diperoleh melalui situs: <https://en-us.sennheiser.com/microphone-3d-audio-ambeo-vr-mic>. Diunduh pada tanggal 27 November 2017.
- Wiggins, B. VST Ambisonic Decoder Plugin WigWare, data diperoleh melalui situs: https://www.brucewiggins.co.uk/?page_id=78. Diunduh pada tanggal 13 Desember 2017.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Perhitungan Statistik Uji T

Hasil uji statistik untuk persepsi **Preferensi** dalam Gambar V.15.

Pair	Preferensi Area	Mean	N	Std. Dev.	Std. Error Mean
1	Belajar A	1.65	26	1.413	0.277
	Belajar A +	2.46	26	0.706	0.138
2	Belajar B	0.88	26	1.608	0.315
	Belajar B +	2.00	26	1.166	0.229
3	Diskusi C	0.58	26	1.748	0.343
	Diskusi C +	1.96	26	1.148	0.225
4	Diskusi D	1.50	26	1.503	0.295
	Diskusi D +	2.31	26	0.679	0.133

Hasil uji statistik untuk persepsi **Dinamika** dalam Gambar V.16.

Pair	Dinamika Area	Mean	N	Std. Dev.	Std. Error Mean
1	Belajar A	-0.27	26	1.687	0.331
	Belajar A +	0.46	26	1.985	0.389
2	Belajar B	0.69	26	1.569	0.308
	Belajar B +	1.08	26	1.623	0.318
3	Diskusi C	1.69	26	1.543	0.303
	Diskusi C +	1.69	26	1.594	0.313
4	Diskusi D	0.08	26	1.598	0.313
	Diskusi D +	0.96	26	1.509	0.296

Hasil uji statistik untuk persepsi **Komunalitas** dalam Gambar V.17.

Pair	Komunalitas Area	Mean	N	Std. Dev.	Std. Error Mean
1	Belajar A	-1.27	26	1.538	0.302
	Belajar A +	-1.23	26	1.986	0.390
2	Belajar B	1.46	26	1.067	0.209
	Belajar B +	1.65	26	1.231	0.241
3	Diskusi C	-0.23	26	1.728	0.339
	Diskusi D +	-0.42	26	1.983	0.389
4	Diskusi D	0.88	26	1.558	0.305
	Diskusi D +	1.31	26	1.692	0.332