



TUGAS AKHIR - SF184801

IDENTIFIKASI *SOUNDSCAPE* HUTAN JOYOBOYO KOTA  
KEDIRI SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
AKUSTIK BERDASARKAN MUTU STANDAR RUANG  
TERBUKA HIJAU

LAILATUL INAYAH  
NRP 0111154000089

Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

Departemen Fisika  
Fakultas Sains  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**TUGAS AKHIR - SF184801**

**IDENTIFIKASI *SOUNDSCAPE* HUTAN JOYOBOYO KOTA  
KEDIRI SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN  
AKUSTIK BERDASARKAN MUTU STANDAR RUANG  
TERBUKA HIJAU**

**LAILATUL INAYAH  
NRP 0111154000089**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Departemen Fisika  
Fakultas Sains  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - SF184801**

**SOUNDSCAPE IDENTIFICATION OF JOYOBOYO URBAN  
FOREST KEDIRI CITY AS AN ACOUSTIC  
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT EFFORTS BASED ON  
QUALITY OF GREEN OPEN SPACES**

**LAILATUL INAYAH  
NRP. 0111154000089**

**Advisor  
Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si**

**Department of Physics  
Faculty of Science  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LEMBAR PENGESAHAN

## IDENTIFIKASI *SOUNDSCAPE* HUTAN JOYOBOYO KOTA KEDIRI SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN AKUSTIK BERDASARKAN MUTU STANDAR RUANG TERBUKA HIJAU

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah

Tugas Akhir Program Strata 1

Departemen Fisika

Fakultas Sains

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

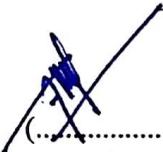
**LAILATUL INAYAH**

**NRP 01111540000089**

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. Suyatno M.Si**

NIP. 19760620200212.1.004

  
(.....)

**Susilo Indrawati M.Si**

NIP. 110020130.1.001

  
(.....)



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**IDENTIFIKASI *SOUNDSCAPE* HUTAN JOYOBOYO  
KOTA KEDIRI SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN  
LINGKUNGAN AKUSTIK BERDASARKAN MUTU  
STANDAR RUANG TERBUKA HIJAU**

**Nama** : Lailatul Inayah  
**NRP** : 0111154000089  
**Jurusan** : Fisika, FS ITS  
**Pembimbing** : Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

**Abstrak**

Hutan kota merupakan bagian dari RTH (Ruang Terbuka Hijau) yang memiliki fungsi estetika dan sosial dalam suatu perkotaan. Hutan kota tidak lepas dari masalah kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas perkotaan yang beragam. Tentunya hal tersebut menyebabkan bergesernya fungsi hutan kota secara utuh. Suatu komposisi bunyi (*sound*) yang terjadi dalam *landscape* tertentu disebut dengan istilah *soundscape*. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan *soundscape* di hutan kota berdasarkan persepsi lingkungan akustik, dan mengidentifikasi *soundscape* di hutan kota berdasarkan parameter akustik lingkungan. Kerangka kerja *soundscape* dalam penelitian ini disusun dengan pendekatan Model Kano dan mengacu pada ISO *Soundscape* 12913-1-2014, yaitu melakukan pendekatan terhadap komposisi bunyi dalam parameter objektif dan faktor-faktor yang memengaruhi perspektif positif terhadap *soundscape*. Klasifikasi *soundscape* dilakukan melalui kuisioner yang diolah dengan *Agglomerative Hierarchy Clustering*. Kemudian, masing-masing *cluster* tersebut diidentifikasi dengan hasil pengukuran parameter akustik objektif. Identifikasi juga dilakukan dengan analisis pola spasial, temporal, dan spektral terhadap *field recording* yang dilakukan melalui *soundwalk*. Parameter yang digunakan adalah  $L_{10}$ ,  $L_{93}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{Eq}$ ,  $\tau_1$ ,  $\Phi_1$ , dan  $D_R$ . Berdasarkan hasil penelitian, *soundscape* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu, dominansi lalu

lintas, bunyi alam dan manusia, dan bunyi manusia. Hal tersebut dapat dijelaskan secara fisis melalui beberapa parameter yang telah ditentukan. Mutu standar ruang terbuka hijau dapat diupayakan melalui *active noise cancellation* dan *sound masking* dalam pengondisian sinyal yang sesuai dengan perspektif individu.

***Kata kunci: lingkungan akustik, ruang terbuka hijau, soundscape.***

**SOUNDSCAPE IDENTIFICATION OF JOYOBOYO  
URBAN FOREST KEDIRI CITY AS AN ACOUSTIC  
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT EFFORTS BASED  
ON QUALITY OF GREEN OPEN SPACES**

**Name** : Lailatul Inayah  
**NRP** : 01111540000089  
**Major** : Fisika, FS ITS  
**Advisor** : Dr. Suyatno M.Si  
Susilo Indrawati M.Si

*Abstract*

Urban forest is a part of green open space which has aesthetic and social functions in an urban area. Urban forests cannot be separated from the problem of noise caused by diverse urban activities. Of course this causes a shift in the function of urban forests as a whole. A sound composition that occurs in certain landscapes is called the soundscape. This study aims to classify the soundscape in urban forests based on the perception of an acoustic environment, and identify the soundscape in urban forests based on environmental acoustic parameters. The soundscape framework in this study was prepared using the *Kano Model* approach and refers to *ISO Soundscape 12913-1-2014*, which is to approach sound composition in objective parameters and factors that influence positive perspectives on the soundscape. Soundcape classification is done through questionnaires processed with *Agglomerative Hierarchy Clustering*. Then, each cluster is identified by the measurement of objective acoustic parameters. Identification is also carried out by analyzing spatial, temporal, and spectral patterns on field recordings carried out through the soundwalk. The parameters used are  $L_{10}$ ,  $L_{93}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{Eq}$ ,  $\tau_1$ ,  $\Phi_1$ , and  $D_R$ . Based on the results of the study, the soundscape can be classified into three groups, namely, the dominance of traffic, natural and human sounds, and human sounds. This can be explained physically through several predetermined parameters. The standard quality of

green open spaces can be pursued through active noise cancellation and sound masking in signal conditioning in accordance with individual perspectives

***Key word: acoustic environment, green open space, soundscape.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana Departemen Fisika FS ITS dengan judul: **“IDENTIFIKASI *SOUNDSCAPE* HUTAN JOYOBOYO KOTA KEDIRI SEBAGAI UPAYA PENGELOLAAN LINGKUNGAN AKUSTIK BERDASARKAN MUTU STANDAR RUANG TERBUKA HIJAU”**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Ridwan dan dan Ibu Andariyah selaku orang tua, dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa serta dukungan moral dan spiritual kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. Hasto Sunarno, M. Sc selaku dosen wali yang selalu memberikan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Bapak Dr. Suyatno M.Si dan Ibu Susilo Indrawati M.Si, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, pemantauan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
5. Bapak Dr. Yono Hadi Pramono M.Eng selaku Ketua Jurusan dan Seluruh Staff Pengajar di Departemen Fisika ITS. Kepala Laboratorium Instrumentasi, Kepala Laboratorium Instrumentasi Akustik, dan juga segenap staff Tata Usaha yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak M. Fajar R, S.T. dan Bapak Jaudi, S.T. selaku pembimbing penelitian di Hutan Joyoboyo Kota Kediri yang telah memfasilitasi dan meluangkan waktu membimbing penulis, serta memberikan banyak ilmu, saran ataupun masukan – masukan yang membangun dan dukungan, sehingga penelitian yang dilakukan berjalan dengan baik.
7. Sahabat seperjuangan yang ada di Lab. Akustik antara lain Angie, Desy, Diwang, Ibrahim, Anis, Ibram, Vina, Zizi, Risty, Mas Annas, Mbak Aul dan masih banyak lagi yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh suka dan duka.
8. Sahabat seperjuangan Pondok Pesantren Muhyiddin Surabaya yang telah membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir dengan penuh fikiran dan tenaga.
9. Teman-teman seangkatan yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang telah memberikan semangatnya kepada penulis selama kuliah hingga pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari atas keterbatasan ilmu pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki, oleh karena itu penulis akan menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan serta memberikan inspirasi bagi pembaca untuk dapat mengembangkan pengendalian kebisingan dan *soundscape* yang lebih baik.

Surabaya, Juni 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL .....                                  | i    |
| HALAMAN JUDUL .....                                  | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                              | v    |
| Abstrak .....  | vii  |
| <i>Abstract</i> .....                                | ix   |
| KATA PENGANTAR .....                                 | xi   |
| DAFTAR ISI .....                                     | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                  | xv   |
| DAFTAR TABEL .....                                   | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                | xix  |
| BAB I .....  | 1    |
| PENDAHULUAN .....                                    | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                             | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                            | 3    |
| 1.3 Tujuan .....                                     | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                         | 4    |
| 1.5 Batasan Masalah .....                            | 4    |
| 1.6 Sistematika Penulisan Laporan .....              | 4    |
| BAB II .....   | 5    |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                               | 5    |
| 2.1 Hutan Kota .....                                 | 5    |
| 2.2 RTH (Ruang Terbuka Hijau) .....                  | 6    |
| 2.3 Akustik Lingkungan .....                         | 10   |
| 2.3.1 Parameter Objektif Akustik Lingkungan .....    | 11   |
| 2.3.2 Parameter Subjektif Akustik Lingkungan .....   | 12   |
| 2.4 <i>Soundscape</i> .....                          | 13   |
| 2.4.1 Kerangka Kerja <i>Soundscape</i> .....         | 14   |
| 2.4.2 Parameter <i>Soundscape</i> .....              | 15   |
| 2.4.3 <i>Soundwalk</i> .....                         | 16   |
| 2.5 Pengolahan Sinyal Bunyi .....                    | 17   |
| 2.5.1 ANC ( <i>Active Noise Cancellation</i> ) ..... | 18   |
| 2.5.2 <i>Sound Masking</i> .....                     | 19   |
| 2.5.3 Konvolusi Bunyi .....                          | 20   |

|                             |  |     |
|-----------------------------|--|-----|
| 2.6                         | Kuisisioner .....  | 20  |
| 2.7                         | <i>Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis</i> ..... | 21  |
| 2.8                         | <i>Comparison Test</i> .....                             | 22  |
| 2.9                         | Penelitian <i>Soundscape</i> Terdahulu .....             | 22  |
| BAB III .....               |  | 25  |
| METODOLOGI PENELITIAN ..... |  | 25  |
| 3.1                         | Tahap-tahap Penelitian .....                             | 25  |
| 3.2                         | Studi Literatur .....                                    | 25  |
| 3.3                         | Penyusunan Kerangka Kerja .....                          | 26  |
| 3.4                         | Penentuan Rute <i>Soundwalk</i> .....                    | 27  |
| 3.5                         | Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan .....            | 28  |
|                             | 3.5.1 Pengukuran Parameter Objektif .....                | 28  |
|                             | 3.5.2 Pengukuran Parameter Subjektif .....               | 30  |
| 3.6                         | Analisis <i>Cluster</i> .....                            | 33  |
| 3.7                         | Perbaikan Kualitas Akustik .....                         | 34  |
| BAB IV .....                |  | 37  |
| HASIL DAN PEMBAHASAN .....  |  | 37  |
| 4.1                         | Pengukuran <i>Soundscape</i> .....                       | 37  |
| 4.2                         | Parameter Akustik Objektif Ruang Terbuka Hijau .....     | 40  |
|                             | 4.2.1 Analisis Berdasarkan Rute Pengukuran .....         | 41  |
|                             | 4.2.2 Analisis Berdasarkan Waktu Pengukuran .....        | 47  |
|                             | 4.2.3 Analisis Berdasarkan Pola Spektral .....           | 53  |
| 4.3                         | Parameter Akustik Subjektif Ruang Terbuka Hijau .....    | 55  |
|                             | 4.3.1 <i>ACF (Autocorrelation Function)</i> .....        | 56  |
|                             | 4.3.2 <i>DR (Dynamic Range)</i> .....                    | 58  |
|                             | 4.3.3 Kuisisioner .....                                  | 59  |
|                             | 4.3.4 Analisis <i>Cluster</i> .....                      | 60  |
| 4.4                         | Perbaikan Kualitas Akustik .....                         | 66  |
| 4.5                         | <i>Comparison Test</i> .....                             | 70  |
| BAB V .....                 |  | 75  |
| KESIMPULAN DAN SARAN .....  |  | 75  |
| 5.3                         | Kesimpulan .....   | 75  |
| 5.4                         | Saran .....  | 76  |
| DAFTAR PUSTAKA .....        |  | 77  |
| BIODATA PENULIS .....       |  | 107 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Pengaruh angin terhadap pembiasan bunyi (Lamancusa, 2009) .....  | 10 |
| Gambar 2. 2 Pengaruh temperatur terhadap pembiasan (Lamancusa, 2009) .....   | 11 |
| Gambar 2. 3 Kerangka Kerja <i>Soundscape</i> (sumber: ISO 12913-1-2014).....   | 14 |
| Gambar 2. 4 Bentuk sinyal bunyi (a) domain waktu (b) domain frekuensi .....  | 17 |
| Gambar 2. 5 <i>Signal cancellation</i> dua gelombang dengan beda fase 180° (Rovira, 2017).....                                       | 18 |
| Gambar 3. 1 Tahap-tahap Penelitian .....   | 25 |
| Gambar 3. 2 Kerangka kerja <i>soundscape</i> Hutan Joyoboyo .....  | 26 |
| Gambar 3. 3 Rute <i>soundwalk</i> di Hutan Joyoboyo .....  | 27 |
| Gambar 3. 4 Konfigurasi pengukuran parameter objektif .....  | 29 |
| Gambar 3. 5 Atribut penilaian kualitas akustik .....   | 31 |
| Gambar 3. 6 Atribut penilaian kualitas visual .....  | 32 |
| Gambar 4. 1 Detail lokasi Hutan Joyoboyo (a)Tampak Atas (b)Tampak depan (sumber: koleksi pribadi) .....                              | 38 |
| Gambar 4. 2 Rute pengukuran <i>soundscape</i> (a) Rute A (b) Rute B (c) Rute C (d) Rute D (e) Rute E (sumber: koleksi pribadi) ..... | 39 |
| Gambar 4. 3 Konfigurasi sistem pengukuran parameter akustik objektif .....   | 40 |
| Gambar 4. 4 Nilai parameter akustik berdasarkan rute pengukuran (a)sesi I (b)sesi II (c)sesi III .....                               | 43 |
| Gambar 4. 5 Identifikasi atenuasi <i>traffic noise</i> karena jarak .....  | 44 |
| Gambar 4. 6 Konten frekuensi dominan hasil pengukuran <i>soundscape</i> (a) Rute A (b) Rute B (c) Rute C (d) Rute D (e) Rute E ..... | 46 |
| Gambar 4. 7 Konten frekuensi hasil pengukuran <i>soundscape</i> rute A .....   | 49 |
| Gambar 4. 8 Konten frekuensi bunyi truk .....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 9 Konten frekuensi hasil pengukuran <i>soundscape</i> rute B (a) sesi I (b) sesi II (c) sesi III .....  | 50 |
| Gambar 4. 10 <i>Amphitheater</i> Hutan Joyoboyo (a) Gambar detail (b) Gambaran kondisi (c) Deskripsi lokasi (sumber: koleksi pribadi dan <i>Master Plan</i> Hutan Kota Joyoboyo)..... | 51 |
| Gambar 4. 11 Konten frekuensi hasil pengukuran <i>soundscape</i> rute D .....   | 52 |
| Gambar 4. 12 Spektogram <i>soundscape</i> pada tiap rute.....   | 54 |
| Gambar 4. 13 Hasil perhitungan <i>ACF</i> (a)parameter $\tau_1$ (b)parameter $\Phi_1$ .....   | 57 |
| Gambar 4. 14 Paramer $D_R$ pada tiap rute.....  | 58 |
| Gambar 4. 15 Demografi responden.....   | 59 |
| Gambar 4. 16 Prosentase responden berdasarkan intensitas kunjungan .....  | 60 |
| Gambar 4. 17 Dendogram hasil <i>cluster soundscape</i> berdasarkan rute pengambilan data.....   | 61 |
| Gambar 4. 18 Dendogram hasil <i>cluster</i> visualisasi <i>soundscape</i> ..  | 64 |
| Gambar 4. 19 Karakteristik bunyi <i>mask</i> terhadap bunyi <i>traffic noise</i> (a)domain frekuensi (b)domain waktu .....  | 68 |
| Gambar 4. 20 Karakteristik bunyi hasil <i>masking</i> dan <i>ANC</i> terhadap bunyi <i>traffic noise</i> asli (a)domain frekuensi (b)domain waktu .....                               | 70 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Definisi Hutan Kota Menurut Peraturan dan Perundangan .....                       | 5  |
| Tabel 2. 2 Definisi RTH Menurut Peraturan Perundangan .....                                  | 7  |
| Tabel 2. 3 Baku Tingkat Kebisingan Ruang Terbuka Hijau .....                                 | 9  |
| Tabel 2. 4 Penerimaan Subjek Terhadap Level Bunyi .....                                      | 13 |
| Tabel 2. 5 Penelitian <i>soundscape</i> RTH terdahulu .....                                  | 23 |
| Tabel 3. 1 Pemasangan bunyi pada <i>comparison test</i> .....                                | 34 |
| Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran <i>Soundscape</i> berdasarkan Parameter Akustik Lingkungan ..... | 41 |
| Tabel 4. 2 Kondisi lapangan berdasarkan <i>sampling</i> waktu pengukuran .....               | 45 |
| Tabel 4. 3 Kondisi lapangan berdasarkan <i>sampling</i> waktu pengukuran .....               | 48 |
| Tabel 4. 4 Hasil <i>cluster soundscape</i> berdasarkan rute pengambilan data .....           | 62 |
| Tabel 4. 5 Identifikasi hasil <i>cluster soundscape</i> aspek akustik ...                    | 63 |
| Tabel 4. 6 Identifikasi hasil <i>cluster soundscape</i> aspek visual .....                   | 65 |
| Tabel 4. 7 Komposisi pemasangan bunyi pada <i>comparison test</i> ..                         | 71 |
| Tabel 4. 8 Contoh perhitungan pada <i>comparison test</i> .....                              | 72 |
| Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran <i>Soundscape</i> berdasarkan Parameter Akustik Lingkungan ..... | 41 |
| Tabel 4. 2 Kondisi lapangan berdasarkan <i>sampling</i> waktu pengukuran .....               | 45 |
| Tabel 4. 3 Kondisi lapangan berdasarkan <i>sampling</i> waktu pengukuran .....               | 48 |
| Tabel 4. 4 Hasil <i>cluster soundscape</i> berdasarkan rute pengambilan data .....           | 62 |
| Tabel 4. 5 Identifikasi hasil <i>cluster soundscape</i> aspek akustik ...                    | 63 |
| Tabel 4. 6 Identifikasi hasil <i>cluster soundscape</i> aspek visual .....                   | 65 |
| Tabel 4. 7 Komposisi pemasangan bunyi pada <i>comparison test</i> ..                         | 71 |
| Tabel 4. 8 Contoh perhitungan pada <i>comparison test</i> .....                              | 72 |
| Tabel 4. 9 Hasil skor <i>comparison test</i> .....   | 73 |
| Tabel 4. 10 Karakteristik bunyi rekayasa berdasarkan parameter fisis .....                   | 73 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| LAMPIRAN 1 Kuisisioner <i>Soundscape</i> Ruang Terbuka Hijau.....   | 81  |
| LAMPIRAN 2 Hasil Kuisisioner <i>Soundscape</i> .....                | 83  |
| LAMPIRAN 3 Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi I<br>.....  | 94  |
| LAMPIRAN 4 Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi<br>II ..... | 97  |
| LAMPIRAN 5 Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi<br>III..... | 101 |
| LAMPIRAN 6 Spektogram <i>Soundscape</i> Hutan Joyoboyo .....        | 105 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kepadatan penduduk menjadi salah satu permasalahan dalam keberlangsungan suatu negara. Salah satunya negara Indonesia dengan proyeksi jumlah penduduk mencapai 271 juta pada tahun 2020 dengan laju pertumbuhan sebesar 1,19%. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya aktivitas manusia dalam berbagai bidang kehidupan. Selain itu, laju pertumbuhan penduduk yang pesat akan mengakibatkan persediaan lahan permukiman semakin berkurang. Menurut data Kementerian PUPR, kebutuhan perumahan di Indonesia mencapai 1 juta unit per tahunnya (Kusuma, 2018). Pertumbuhan penduduk yang terjadi seiring dengan perkembangan wilayah perkotaan menimbulkan berbagai masalah baru, salah satunya adalah masalah lingkungan. Masalah lingkungan yang sering terjadi di antaranya adalah, polusi udara, polusi tanah, polusi air, polusi suara dan sampah. Terjadinya polusi tersebut mengakibatkan kondisi lingkungan yang tidak memenuhi standar, sehingga menyebabkan *stress* dan mengakibatkan produktivitas kerja manusia menurun. Salah satu masalah lingkungan yang membawa dampak negatif adalah polusi suara yang ditimbulkan oleh berbagai sumber, misalnya kebisingan lalu lintas dari kendaraan bermotor.

Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan yang timbul dari aktivitas tertentu dan berpotensi menimbulkan gangguan pendengaran. Sementara, bunyi didefinisikan sebagai tekanan bervariasi yang merambat pada medium sehingga sampai pada telinga manusia (Breyse & Less, 2006). Di wilayah perkotaan, salah satu penyebab kebisingan adalah aktivitas penduduk, seperti lalu lintas, industri, perkantoran, dan lain sebagainya. Kebisingan tersebut dapat memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan dan aktivitas manusia. Tingkat kebisingan yang semakin tinggi akan memberikan risiko gangguan pendengaran yang semakin besar dan menyebabkan *stress*

(Timang, et al., 2016). Salah satu upaya pengendalian kebisingan dilakukan melalui pembangunan *barrier* (penghalang) berupa vegetasi di dalam *landscape* perkotaan. Selain berfungsi sebagai penambah estetika, vegetasi dengan berbagai strata dan susunan yang rapat memiliki peran yang baik dalam mereduksi kebisingan. Hal tersebut dapat terjadi melalui peristiwa absorpsi gelombang oleh ranting, pohon, percabangan, dan daun (Khambali, 2017). Vegetasi tersebut terstruktur dalam sebuah dimensi spasial yang disebut ruang terbuka hijau atau RTH.

RTH didefinisikan sebagai kawasan yang ditumbuhi beragam vegetasi dan difungsikan secara intensif. Hakim dan Utomo (2003) menyatakan bahwa, RTH memiliki dua fungsi sekaligus, yakni fungsi ekologis dan fungsi sosial. Secara ekologis, berfungsi sebagai sarana perbaikan iklim, penyerapan air, dan pemelihara ekosistem. Sedangkan secara sosial, berfungsi sebagai sarana keindahan lingkungan, tempat bermain, rekreasi, olahraga, tempat berkomunikasi sosial dan mendapatkan udara segar.

Keberadaan hutan kota sebagai RTH dalam *landscape* perkotaan tidak lepas dari masalah-masalah lingkungan. Salah satu masalah tersebut adalah kebisingan yang ditimbulkan oleh aktivitas lalu lintas (*traffic noise*) dan aktivitas perkotaan lainnya. Hal ini dapat menyebabkan bergesernya fungsi hutan kota sebagai RTH, salah satunya pada aspek standar mutu kebisingan. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48/MENLH/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, menjelaskan bahwa standar mutu kebisingan ruang terbuka hijau sebesar 50 dBA. *Traffic noise* dan aktivitas perkotaan lainnya dapat menyebabkan kebisingan dalam hutan kota melebihi mutu standarnya, sehingga menyebabkan bergesernya fungsi ekologis dan fungsi sosialnya. Dengan demikian perlu dilakukan identifikasi terkait ketercapaian hutan kota terhadap mutu standarnya.

Pada penelitian sebelumnya, Brambilla, Gallo, dan Zambon (2013) telah mengkategorikan lingkungan akustik di taman kota ke dalam beberapa *cluster* berdasarkan indikator akustik. Sedangkan, Yang dan Kang (2013) melakukan analisis *cluster* dari rekaman

audio lingkungan perkotaan untuk mengeksplorasi perbedaan antara suara alam dan perkotaan dengan berbagai parameter akustik. Selama ini, eksplorasi yang dilakukan di taman kota dan sejenisnya terkonsentrasi pada parameter akustik secara utuh dengan mempertimbangkan aspek subjektif. Sementara, hutan kota juga merupakan bagian dari RTH yang memiliki peran penting dalam suatu perkotaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi jenis bunyi yang berada dalam *landscape* hutan kota. Bunyi dalam *landscape* perkotaan terkomposisi dalam kesatuan yang bersifat kompleks karena timbul dari sumber yang beragam. Sehingga, identifikasinya tidak cukup hanya terfokus pada sumber bunyi semata, tetapi juga terhadap proses dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi bunyi ketika sampai di telinga manusia. Suatu komposisi bunyi (*sound*) yang menyatu dengan lingkungan (*landscape*) tertentu disebut dengan istilah *soundscape*. Pada penelitian *soundscape* ini dilakukan identifikasi *noise environment* sesuai standar ruang terbuka hijau serta upaya untuk melakukan kontrol kebisingan melalui pengondisian sinyal seperti *sound masking*, *active noise cancellation*, dan konvolusi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut,

1. Bagaimana klasifikasi *soundscape* di Hutan Joyoboyo Kota Kediri berdasarkan persepsi subjektif terhadap lingkungan akustik?
2. Bagaimana identifikasi *soundscape* di Hutan Joyoboyo Kota Kediri berdasarkan parameter akustik lingkungan?

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Mengklasifikasikan *soundscape* di Hutan Joyoboyo Kota Kediri berdasarkan persepsi subjektif terhadap lingkungan akustik.
2. Mengidentifikasi *soundscape* di Hutan Joyoboyo Kota Kediri berdasarkan parameter akustik lingkungan.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mempelajari dan mengetahui standar mutu hutan kota sebagai RTH berdasarkan parameter objektif dan parameter subjektif akustik lingkungan. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam pengelolaan lingkungan akustik khususnya pada masalah kebisingan perkotaan. Penelitian ini juga dapat digunakan sebagai sarana untuk merancang ruang terbuka hijau sebagaimana fungsi ekologis maupun fungsi sosialnya.

#### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Penelitian dilakukan di Hutan Joyoboyo Kota Kediri.
2. Kerangka kerja *soundscape* mengacu pada Model Kano dan ISO-12913-1.
3. Pengukuran dilakukan dengan parameter akustik lingkungan dan kuisioner terhadap hasil *soundwalk*.
4. Parameter akustik lingkungan dalam penelitian ini adalah  $L_{Eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{93}$ ,  $L_{max}$ ,  $D_R$ , dan  $ACF$ .
5. Klasifikasi *soundscape* dilakukan berdasarkan karakteristiknya yang diperoleh dari perspektif subjektif.
6. Klasifikasi dilakukan dengan metode *Agglomerative Hierarchy Clustering* dengan pendekatan *single linkage*.

#### 1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Penulisan makalah tugas akhir ini terdiri dari abstrak yang berisi ringkasan dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan. Bab II dasar teori memuat tentang teori-teori pendukung yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Bab III metodologi penelitian memuat tentang metode yang digunakan dalam penelitian. Bab IV hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil data dan pengolahan data serta analisis data. Bab V kesimpulan dan saran.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Hutan Kota

Hutan kota didefinisikan sebagai ruangan terbuka di wilayah perkotaan yang ditumbuhi vegetasi berkayu dan memberikan manfaat pada penduduk kotanya. Definisi hutan kota secara rinci menurut beberapa sumber dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2. 1 Definisi Hutan Kota Menurut Peraturan dan Perundangan**

| No. | Jenis Peraturan dan Perundangan | Definisi Hutan kota   |
|-----|---------------------------------|---|
| 1.  | UU No. 26/2007                  | Hutan kota merupakan salah satu bagian dari kawasan ruang terbuka hijau.  |
| 2   | PP No. 26/2008                  | Sama dengan diatas  |
| 3   | PP No.16 Tahun 2004             | Hutan kota masuk dalam kawasan terbuka hijau.   |
| 4   | PP No. 63/2002 -                | Suatu hamparan lahan yang bertumbuhan pohon-pohon yang kompak dan rapat di dalam wilayah perkotaan baik pada tanah negara maupun tanah hak, yang ditetapkan sebagai hutan kota oleh pejabat yang berwenang. |
| 5   | Permen PU No. 05/ PRT/M/2008    | Hutan kota merupakan salah satu dari jenis RTH Taman dan Hutan Kota yang masuk dalam katagori RTH publik.   |

Tabel 2.1 secara umum menjelaskan definisi hutan kota berdasarkan bentuk dan fungsinya. Pada dasarnya, hutan kota dibentuk sebagai *problem solver* dari masalah tertentu di suatu perkotaan. Pembentukan hutan kota dilatarbelakangi oleh beberapa masalah diantaranya, kebisingan yang semakin parah dan ruang

terbuka hijau yang semakin sempit. Hutan kota dapat berperan sebagai ruang terbuka hijau dan mampu mereduksi kebisingan sekaligus menetralkan  $\text{CO}_2$  yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Adapun beberapa manfaat dari hutan kota yaitu, pencipta iklim yang sejuk, pengendali polusi udara, pembentuk *landscape* alam sekitar, pencagaran flora fauna, dan tempat rekreasi. Hutan kota juga memiliki peran dalam mengatasi masalah lingkungan yang terjadi (Frick & Mulyani, 2006).

Salah satu bentuk hutan kota adalah hutan kota di kawasan permukiman berupa taman bermain dengan susunan vegetasi yang memiliki ketinggian bervariasi ataupun susunan vegetasi di tepi jalan. Keadaan ini dapat membantu memenuhi fungsinya dalam menciptakan keindahan, memberikan kenyamanan, mereduksi kebisingan, dan mereduksi  $\text{CO}_2$ . Bentuk yang lain adalah hutan kota sebagai kawasan rekreasi yang berperan sebagai tempat bermain anak-anak, tempat istirahat orang dewasa, pengendali polusi, serta penghasil  $\text{O}_2$ . Hutan kota dapat dikembangkan dan dirancang sesuai dengan fungsi dan lokasi yang diinginkan. Beberapa fungsi yang dapat dikembangkan yaitu fungsi estetis, fungsi ekologis, dan fungsi lingkungan. Fungsi tersebut dapat ditentukan pembobotannya berdasarkan lokasi pengembangan. Misal, pengembangan hutan kota di kawasan permukiman ditekankan pada fungsi estetis daripada fungsi yang lain, karena sering dipakai sebagai sarana rekreasi (Khambali, 2017).

## **2.2 RTH (Ruang Terbuka Hijau)**

Ruang Terbuka hijau adalah bagian dari ruang-ruang terbuka di suatu perkotaan dengan susunan vegetasi untuk mendukung perannya dalam memberikan fungsi kenyamanan, keamanan, kesejahteraan, dan keindahan. Permen Dagri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan, ruang terbuka hijau kawasan perkotaan adalah bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika (Khambali, 2017). Beberapa definisi lain ruang terbuka hijau dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2. 2 Definisi RTH Menurut Peraturan Perundangan**

| No. | Jenis Peraturan dan Perundangan | Definisi RTH   |
|-----|---------------------------------|--|
| 1.  | UU No. 26/2007                  | Area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam |
| 2.  | PP No. 26/2008                  | Sama dengan diatas   |
| 3.  | PP No.16 Tahun 2004             | Salah satu areal yang masuk dalam kriteria kawasan lindung (yang melindungi kawasan dibawahnya)  |
| 4.  | Permen PU No. 05/ PRT/M/2008    | Sama dengan definisi RTH dalam UU No. 26/2006 dan PP No. 26/2007.  |

Menurut Santosa, dkk (2012), kualitas RTH ditentukan oleh kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan penghuninya dengan mempertimbangkan beberapa faktor sebagai berikut,

1. Fisik, berkaitan dengan bentuk-bentuk geografis lingkungan.
2. Sosial, untuk mendorong penghuninya bersosialisasi.
3. Ekonomi, untuk memberi peluang mengembangkan sumber produk yang bisa dijual.
4. Budaya, sebagai ruang untuk mengekspresikan seni-budaya.
5. Kebutuhan akan terlayannya hak-hak manusia untuk mendapatkan lingkungan yang aman, sehat, nyaman, indah dan lestari yaitu fungsional dan estetis.

RTH yang berkualitas akan memberikan manfaat terhadap penghuninya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, RTH dapat memberikan manfaat berupa kenyamanan dengan sensasi sejuk, segar, dan teduh. Sedangkan secara tidak langsung, RTH bermanfaat dalam pelestarian lingkungan, menjaga ketersediaan air, dan pembersih udara (Direktorat Jenderal Penataan Ruang, 2008).

### **2.2.1 Mutu Standar RTH**

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan menjelaskan jenis dan sifat dari ruang terbuka hijau. Secara fisik RTH dapat dibedakan menjadi alami dan non alami. RTH alami berupa habitat liar alami, kawasan lindung dan taman-taman nasional, sedangkan RTH non alami atau binaan seperti taman, lapangan olahraga, pemakaman atau jalur-jalur hijau jalan. Dilihat dari fungsinya, RTH memiliki fungsi ekologis, sosial budaya, estetis, dan ekonomi. Sementara, secara struktur ruang, RTH dapat mengikuti pola ekologis (mengelompok, memanjang, tersebar), maupun pola planologis yang mengikuti struktur ruang perkotaan. Sedangkan, dari segi kepemilikan, RTH dapat berbentuk publik atau privat. Proporsi minimum RTH pada wilayah perkotaan sebesar 30% yaitu, 20% berbentuk publik dan 10% berbentuk privat.

Pemenuhan kualitas RTH sebagaimana fungsinya direpresentasikan dalam beberapa parameter yang dapat dikuantisasikan, salah satunya adalah kebisingan. KEP-48/MENLH/11/1996 mendefinisikan kebisingan sebagai bunyi yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB), bersifat tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. MENLH juga menetapkan baku tingkat kebisingan sebagai batas maksimal yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Adapun baku tingkat kebisingan yang telah ditetapkan oleh MENLH dapat dilihat pada Tabel 4.2. berikut ini.

**Tabel 2. 3** Baku Tingkat Kebisingan Ruang Terbuka Hijau

| <b>Peruntukan Kawasan/<br/>Lingkungan Kegiatan</b>   | <b>Tingkat<br/>Kebisingan<br/>dB(A)</b> |
|--|---|
| <b>A Peruntukan Kawasan</b>                          |   |
| 1. Perumahan dan Pemukiman                           | 55                                      |
| 2. Perdagangan dan Jasa                              | 70                                      |
| 3. Perkantoran dan Perdagangan                       | 65                                      |
| 4. Ruang Terbuka Hijau                               | 50                                      |
| 5. Industri  | 70                                      |
| 6. Pemerintah dan Fasilitas Umum                     | 60                                      |
| 7. Rekreasi  | 70                                      |
| 8. Khusus  |   |
| - Bandar Udara *)                                    |   |
| - Stasiun Kereta Api *)                              |   |
| - Pelabuhan Laut                                     | 70                                      |
| - Cagar Budaya                                       | 60                                      |
| <b>B Lingkungan Kegiatan</b>                         |   |
| 1. Rumah sakit atau sejenisnya                       | 55                                      |
| 2. Sekolah atau sejenisnya                           | 55                                      |
| 3. Tempat ibadah atau sejenisnya                     | 55                                      |
| <b>Keterangan</b>                                    |   |
| *)d disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan |   |

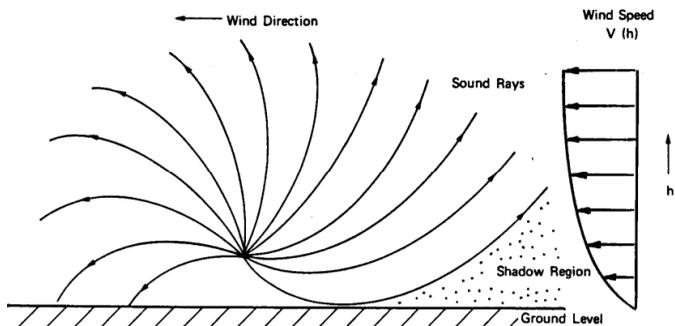
(KEP-48/MENLH/11/1996)

Tabel 2.3 menunjukkan beberapa nilai baku tingkat kebisingan untuk beberapa kawasan maupun lingkungan kegiatan. Baku tingkat kebisingan RTH adalah 50 dB dengan filter pembobotan A atau disesuaikan dengan sensitivitas telinga manusia. Dengan demikian, tingkat kebisingan dalam RTH yang melampaui batasnya sebesar 50 dBA akan menimbulkan gangguan dan ketidaknyamanan lingkungan pada manusia. Hal tersebut mengakibatkan fungsi utama dari RTH itu sendiri tidak tercapai.

### 2.3 Akustik Lingkungan

Akustik adalah ilmu yang membahas tentang gelombang bunyi dan perambatanya dalam suatu medium. Sementara, akustik lingkungan membahas bagaimana terciptanya bunyi yang memiliki kondisi ideal, baik dalam ruang tertutup (*indoor*) ataupun ruang terbuka (*outdoor*). Dalam pembahasan akustik, bunyi yang dihasilkan oleh sumber dan mengenai medan penerima dapat mengalami beberapa gejala, yaitu pemantulan (*reflection*), difraksi (*diffraction*), hamburan (*diffusion*), dan transmisi (*transmission*). Proses perambatan bunyi dan fenomena yang terjadi di dalamnya dapat dianalisis melalui propagasi bunyi (*sound propagation*).

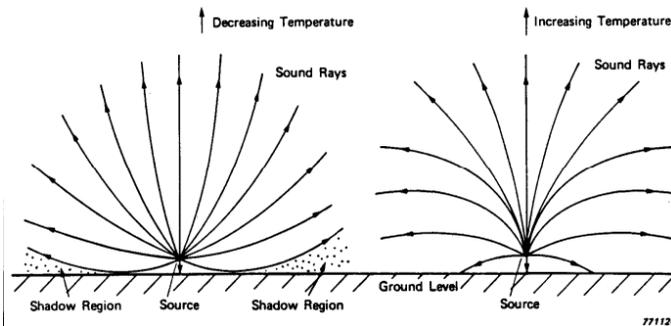
Pada kajian akustik lingkungan yang terjadi di luar ruangan, propagasi bunyi yang terjadi bergantung pada perubahan kondisi atmosfer, seperti pengaruh angin dan temperatur. Terjadinya propagasi bunyi yang dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini



**Gambar 2. 1** Pengaruh angin terhadap pembiasan bunyi (Lamancusa, 2009)

Gambar 2.1 menjelaskan terjadinya propagasi bunyi yang dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, yaitu kecepatan angin. Gelombang bunyi cenderung melengkung dan membias ke arah kecepatan udara yang lebih rendah. Sedangkan pengaruh

temperatur terhadap propagasi bunyi dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



**Gambar 2. 2** Pengaruh temperatur terhadap pembiasan (Lamancusa, 2009)

Gambar 2.2 menjelaskan terjadinya propagasi bunyi yang dipengaruhi oleh kondisi atmosfer, yaitu temperatur. Gambar tersebut menjelaskan bahwa, gelombang bunyi cenderung melengkung pada temperatur yang lebih rendah daripada temperatur yang tinggi (Lamancusa, 2009).

### 2.3.1 Parameter Objektif Akustik Lingkungan

Berdasarkan ISO 1996-1: 1993, beberapa parameter yang diusulkan dalam akustik lingkungan adalah  $L_5$ - $L_{95}$  atau  $L_{10}$ - $L_{90}$ . Semua indikator ini memberi gambaran tentang kebisingan yang berfluktuasi. Indeks kebisingan ini digunakan untuk mendeskripsikan sifat dari kebisingan yang berubah-ubah.  $L_{10}$  adalah tingkat kebisingan yang mencapai 10% dari waktu pengukuran dan dikatakan paling berisik sehingga parameter ini disebut sebagai puncak kebisingan.  $L_{50}$  adalah tingkat kebisingan mencapai 50% dari waktu pengukuran atau disebut *Mean Noise Level*. Sedangkan  $L_{90}$  adalah tingkat kebisingan mencapai 90% dari waktu pengukuran. Nilai dari  $L_{90}$  dapat mewakili kebisingan latar belakang atau biasa disebut sebagai *background noise* (Soeta & Shimokura, 2017).

$L_{eq}$  adalah tingkat kebisingan selama periode waktu tertentu memiliki jumlah energi bunyi yang sama dengan tingkat sumber bunyi yang berfluktuatif. Dengan demikian,  $L_{eq}$  merupakan parameter yang dapat menggambarkan tingkat gangguan akibat kebisingan fluktuatif tersebut. Salah satu contoh bunyi yang fluktuatif atau tidak konstan ini adalah kebisingan jalan raya. Kebisingan tersebut berubah terhadap fungsi waktu. Tetapi dimungkinkan untuk mendeskripsikan energinya melalui tingkat ekuivalenya, yaitu  $L_{eq}$  yang dirumuskan sebagai berikut,

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_T p_A^2(t) / p_0^2 dt \right] dB \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana  $p_A(t)$  adalah tekanan bunyi pada waktu  $t$  dan  $p_0$  adalah tekanan bunyi referensi sebesar 20  $\mu$ Pa (ISO 1996-1: 2003).

### 2.3.2 Parameter Subjektif Akustik Lingkungan

Evaluasi bunyi secara kuantitatif dapat ditentukan melalui beberapa besaran, seperti level bunyi yang dibahas pada subbab 2.3.1. Namun, selain itu juga dibutuhkan evaluasi bunyi secara kualitatif berdasarkan perspektif atau subjektifitas manusia yang dapat diformulasikan menggunakan parameter fisis, salah satunya adalah *ACF* (*autocorrelation function*). Parameter tersebut berkaitan dengan aspek temporal, spektral, dan spasial yang mendeskripsikan beda waktu tiba sinyal bunyi pada kedua telinga. *ACF* menjadi atribut yang digunakan untuk menggambarkan persepsi subjektif pada akustik melalui analisis sinyal sumber. *ACF* merepresentasikan ambang preferensi pantulan tunggal dan perbedaan yang muncul antara pantulan tersebut dengan bunyi primernya dalam waktu tunda. Penggunaan preferensi subjektif sebagai respon psikologis terhadap bunyi dengan pantulan tunggal menunjukkan bahwa penundaan yang paling disukai dalam *ACF* ditunjukkan oleh besaran waktu tunda  $\tau_p$  (Tohyama, et al., 1995). Adapun bentuk dari *ACF* ternormalisasi adalah,

$$\varphi_{11}(\tau) = \frac{\varphi_{11}(\tau)}{\varphi_{11}(0)} \dots \dots \dots (2.2)$$

(Maekawa & P. Lord, 1992)

$\tau_1$  didefinisikan sebagai waktu tunda pertama, sedangkan  $\Phi_1$  didefinisikan sebagai amplitudo puncak pertama. Kedua parameter tersebut berkaitan dengan sensasi dan kekuatan *pitch* yang dirasakan dari bunyi yang bersifat kompleks. *ACF* didapatkan dari rata-rata geometris energi pada saat waktu  $s$  dan  $s+\tau$ . Sehingga nilai *ACF* berada pada rentang  $0 \leq \phi_{11}(\tau) \leq 1$ . Parameter *ACF* memberikan arti fisis bahwa, semakin tinggi nilai  $\Phi(\tau)$ , *pitch* semakin kuat dan semakin tinggi  $\tau$ , *pitch* semakin rendah demikian pula sebaliknya (Soeta & Shimokura, 2017).

Parameter subjektif lain yang digunakan berkaitan dengan level bunyi, yaitu  $D_R$  (*Dynamic Range*). Parameter tersebut merepresentasikan perbedaan maksimum dari *SPL* ( $L_{max}-L_{min}$ ). Parameter  $D_R$  yang dipakai pada sinyal bunyi fluktuatif dapat digunakan untuk memprediksi persepsi *soundscape* perkotaan (Deng, et al., 2015). Adapun kategori penerimaan subjek terhadap perubahan level bunyi dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

**Tabel 2. 4** Penerimaan subjek terhadap level bunyi

| Perubahan Level Bunyi (dB) | Penerimaan Subjek    |
|----------------------------|----------------------|
| 6                          | Nyaris tidak terasa  |
| 10                         | Jelas terasa         |
| 20                         | Dua kali lebih keras |
| 40                         | Sangat keras         |

(Snyder, 2000)

Tabel 2.4 menjelaskan bahwa, penerimaan subjek dipengaruhi oleh besar perubahan level bunyi. Semakin besar perubahan level bunyi, maka perbedaan yang dirasakan subjek semakin jelas. Hal tersebut juga berlaku pada parameter  $D_R$  yang digunakan untuk memprediksi persepsi subjektif terhadap *soundscape*

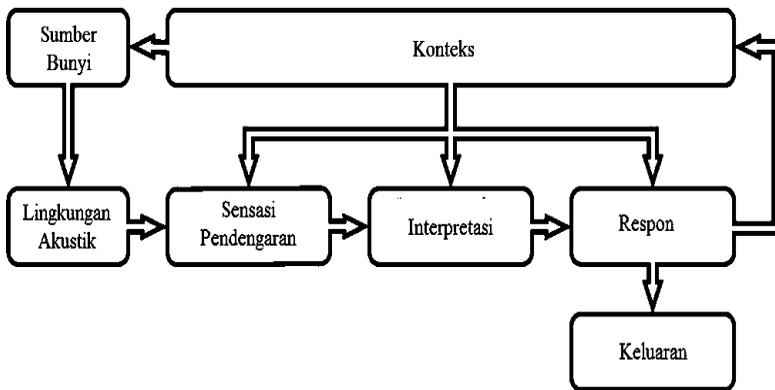
## 2.4 *Soundscape*

Berdasarkan ISO 12913-1-2014, *soundscape* didefinisikan sebagai lingkungan akustik yang dirasakan atau dialami dan / atau dipahami oleh seseorang dalam konteks. Istilah *soundscape* digunakan untuk mendeskripsikan interaksi antara *landscape* dan

komposisi bunyi di dalamnya. Presepsi seseorang terhadap *soundscape* menyatu dengan lingkungan yang ditempatinya. Sehingga, ia mampu mendeskripsikan keadaan lingkungan tersebut melalui berbagai macam atribut fisis. Dengan demikian, persepsi terhadap akustik lingkungan dapat diukur sebagaimana parameter fisis (Bennet & Brigitte, 2016). Berdasarkan jurnal *Towards Standardization in Soundscape Preference Assessment*, *soundscape* didefinisikan dalam beberapa hal, salah satunya adalah sebagai tempat dengan sifat tertentu yang dapat dijelaskan oleh parameter akustik seperti jenis sumber suara, level, spektrum, dan pola temporal. Berdasarkan beberapa definisi di atas, maka pemahaman ekologi *soundscape* membutuhkan berbagai keilmuan yang koheren dan komprehensif.

#### 2.4.1 Kerangka Kerja *Soundscape*

Berdasarkan ISO 12913-1-2014, kerangka kerja *soundscape* menjelaskan tahap-tahap bagaimana seseorang memberikan persepsi lingkungan akustik berdasarkan pengukuran, penilaian, dan evaluasi terhadap *soundscape*. Kerangka kerja *soundscape* terbentuk dari tujuh komponen penyusun dan dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



**Gambar 2. 3** Kerangka Kerja *Soundscape* (sumber: ISO 12913-1-2014)

Berdasarkan Gambar 2.3, komponen penyusun kerangka kerja *soundscape* terdiri dari beberapa bagian menurut ISO 12913-1-2014 dan dapat dijelaskan satu persatu.

1. Konteks adalah komponen yang mencakup interaksi antara pendengar beserta aktivitasnya terhadap lingkungan. Interaksi tersebut terjadi dalam dimensi spasial maupun temporal.
2. Sumber bunyi adalah komponen yang menjadi asal mula timbulnya *soundscape*. Komponen ini terdistribusi dalam dimensi ruang dan waktu. Seluruh sumber bunyi yang timbul akan membentuk lingkungan akustik yang dimodifikasi oleh faktor ekologis sepanjang proses propagasinya.
3. Lingkungan akustik adalah komponen yang dibentuk oleh sumber bunyi dan memberikan ransangan.
4. Sensasi pendengaran adalah komponen yang timbul ketika lingkungan akustik yang telah terbentuk diterima reseptor telinga. Proses tersebut dipengaruhi oleh pola temporal, pola spasial, dan spektral.
5. Interpretasi adalah komponen munculnya persepsi pendengaran setelah bunyi diterima oleh reseptor telinga. Interpretasi muncul ketika pendengar memahami informasi dari lingkungan akustik. Pemahaman tersebut berlangsung dengan berbagai bentuk pemrosesan sinyal bunyi.
6. Respon adalah komponen yang terjadi akibat adanya. Respon tersebut dapat berupa reaksi dan emosi jangka pendek yang dapat mengubah konteks.
7. Keluaran adalah komponen yang dihasilkan oleh *soundscape* dan bersifat jangka panjang sebagai konsekuensi dari lingkungan akustik

(ISO 12913-1, 2014).

#### **2.4.2 Parameter *Soundscape***

Pemahaman terhadap *soundscape* dilakukan dengan pendekatan yang berbentuk kerangka kerja. Pemahaman tersebut mencakup komposisi bunyi secara objektif dan faktor-faktor yang

memengaruhi apakah *soundscape* memunculkan persepsi positif atau negatif. Persepsi tersebut dapat diidentifikasi dengan parameter tertentu. Adapun beberapa parameter yang harus dipertimbangkan dalam *soundscape* yaitu, pola frekuensi, pola temporal, pola spasial, dan interaksi (Budell, 2016).

Pola temporal merepresentasikan bunyi dalam domain waktu yang biasanya dianalisis dan ditampilkan dengan perangkat osiloskop. Beberapa sifat akustik yang akan ditampilkan yaitu durasi, bentuk sinyal terhadap waktu, dan bentuk pengulangan. Sedangkan, pola spektral merepresentasikan bunyi dalam domain frekuensi. Sehingga sinyal kontinu dalam domain waktu yang berbentuk *sinusoidal* akan terdiskritkan pada masing-masing spektrumnya. Pola spasial terdiri dari beberapa elemen jarak yang terdiskritkan oleh pola distribusi frekuensi ataupun sebaliknya. Sedangkan, pertimbangan interaksi melibatkan pendengar dengan lingkungannya, yaitu bagaimana lingkungan mempengaruhi komposisi sinyal bunyi yang ditangkap oleh telinga manusia (Hopp, et al., 1998).

Berkaitan dengan beberapa parameter di atas, ISO 12913-2 telah mendeskripsikan lingkungan akustik sebagai komponen penyusun *soundscape* yang terbentuk dari modifikasi berbagai sumber bunyi. Maka dari itu, dalam *soundscape* juga perlu mempertimbangkan parameter akustik objektif dan subjektif (*psychoacoustic*). Kedua parameter tersebut berguna untuk merepresentasikan lingkungan akustik pada *soundscape* dalam suatu besaran fisis. Parameter objektif yang dimaksud adalah sama dengan ISO 1996-1, sedangkan *psychoacoustic* memiliki peran penting dalam menentukan sensasi pendengaran.

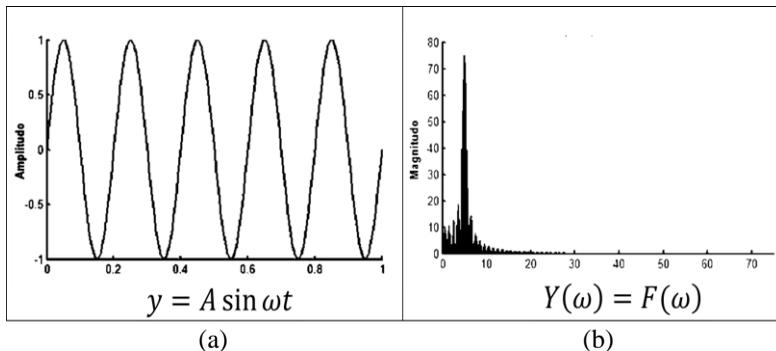
### 2.4.3 Soundwalk

Salah satu metode pengambilan data dalam *soundscape* adalah *soundwalk*. Metode ini merupakan suatu teknik pengambilan data yang dilakukan dengan berjalan sembari menikmati bunyi yang muncul di suatu tempat. Selain dilakukan secara langsung, *soundwalk* juga dapat dilakukan melalui perekaman dan dapat diperoleh sebuah pemetaan sederhana akan

sebuah bunyi. Sehingga *soundwalk* dapat digunakan untuk mempresentasikan keterkaitan antara bunyi dan visual dalam media rekaman bunyi maupun gambar (Grzinich, 2013).

## 2.5 Pengolahan Sinyal Bunyi

Bunyi merupakan sebuah gelombang yang dihasilkan oleh benda yang bergetar. Sebagai sebuah sinyal, bunyi memiliki komponen frekuensi, amplitudo, dan panjang gelombang. Bentuk sinyal bunyi analog dapat diubah dalam bentuk digital dengan *ADC* (*Analog to Digital Converter*). Sinyal bunyi tersebut dapat memiliki bentuk dalam domain waktu maupun domain frekuensi sebagaimana Gambar 2.4 berikut.



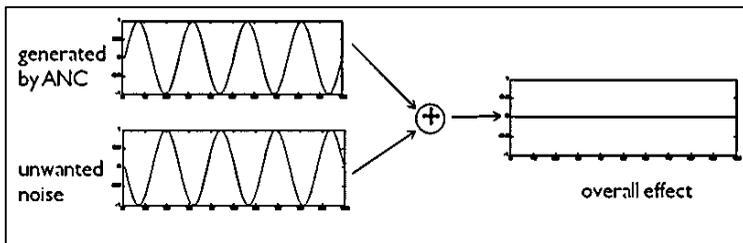
**Gambar 2. 4** Bentuk sinyal bunyi (a) domain waktu (b) domain frekuensi

Berdasarkan Gambar 2.4, sinyal dalam domain waktu direpresentasikan dengan gelombang berjalan pada waktu terhadap amplitudo. Sedangkan, sinyal dalam domain frekuensi direpresentasikan dengan spektrum yang disajikan dalam bentuk plot frekuensi terhadap magnitudo. Berkaitan dengan dua hal tersebut, salah satu teknik dasar pengolahan sinyal yang perlu diketahui adalah *FFT* (*Fast Fourier Transform*). Teknik ini mampu mentransformasikan sinyal bunyi dalam domain waktu menjadi sinyal bunyi dalam domain frekuensi sebagaimana persamaan pada Gambar 2.4 (Sibarani, 2018). Selain itu, terdapat pula teknik pengolahan sinyal bunyi, seperti *active noise cancellation*, *sound masking*, dan konvolusi yang akan dijelaskan sebagai berikut.

### 2.5.1 ANC (Active Noise Cancellation)

*Active noise control* atau *active noise cancellation* adalah suatu upaya menghilangkan kebisingan yang tidak diinginkan dari lingkungan. ANC dilakukan dengan membangkitkan kebisingan yang identik dengan kebisingan yang timbul. Kemudian melalui beberapa perhitungan, kebisingan tersebut dihasilkan dalam fase berlawanan. Kondisi ini memungkinkan pembatalan sinyal atau kebisingan yang tidak diinginkan tersebut (Swain, 2014).

Konsep pembatalan kebisingan pada ANC bergantung pada prinsip superposisi gelombang. Superposisi sendiri diartikan sebagai peristiwa penjumlahan dua gelombang. Gejala superposisi yang terjadi pada ANC adalah peristiwa interferensi, yaitu gejala penggabungan yang terjadi pada gelombang-gelombang dengan beda fase yang tetap atau disebut koheren. Koherensi ini dibutuhkan agar interferensi dapat berlangsung secara terus-menerus. Adapun skema kerja terjadinya ANC dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.



**Gambar 2. 5** *Signal cancellation* dua gelombang dengan beda fase  $180^\circ$   
(Rovira, 2017)

Berdasarkan Gambar 2.5, pembatalan kebisingan dilakukan dengan membangkitkan sinyal identik sebagai sumber bunyi sekunder. Kedua sinyal yang koheren tersebut akan berinteraksi sehingga terjadi interferensi gelombang yang bersifat saling melemahkan atau disebut sebagai interferensi destruktif. Gejala inilah yang menyebabkan pembatalan atau hilangnya sinyal sebagaimana yang tampak pada gambar. Dalam praktiknya pembatalan tersebut tidak menghasilkan gelombang *output* yang

amplitudonya bernilai nol. Proses ini mampu mengurangi level kebisingan dalam jumlah yang cukup besar. Setelah pembatalan sinyal masih ditemukan kebisingan residual. Untuk mendapatkan hasil pembatalan sinyal yang optimal diperlukan identifikasi lanjut pada sumber bunyi utama (Rovira, 2017).

### 2.5.2 *Sound Masking*

*Masking* adalah suatu upaya untuk menutupi atau menyamarkan sebuah objek. Upaya tersebut hanya bersifat menyembunyikan sesuatu dan tidak merubah karakter aslinya. Demikian pula dalam akustik, ketika suatu bunyi dapat menutupi bunyi lainya atau disebut sebagai *sound masking*. Dalam akustik, *sound masking* dilakukan terhadap bunyi yang tidak diinginkan untuk memberikan kesan yang lebih nyaman pada pendengarnya dan memberikan kepuasan terhadap lingkungan. *Sound masking* berfungsi mengurangi kisaran fluktuasi level bunyi dan dapat mengalihkan fokus pendengaran pada bunyi lain (Chanaud, 2008).

*Sound masking* dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan, salah satunya pada *landscape* perkotaan. Dalam hal tersebut, *sound masking* digunakan sebagai penutup kebisingan pesawat terbang (*aircraft fly-overs*), kebisingan lalu lintas (*traffic noise*), dan kebisingan jalan raya lainnya. Berbeda dengan metode *passive noise control*, *sound masking* bersifat lebih dinamis terhadap bunyi yang akan ditutupi. *Sound masking* mampu beradaptasi dengan objek bunyi yang memiliki level bervariasi dan fluktuatif terhadap waktu. Selain itu, wilayah kerja *sound masking* terfokus pada telinga pendengar dan tidak terpengaruh oleh struktur bangunan secara akustik (Cai, et al., 2019).

*Sound masking* dilakukan dengan beberapa tipe bunyi yang berkaitan dengan tujuan dan fungsinya. Misalnya, *sound masking* menggunakan tipe bunyi-bunyian yang berasal dari lingkungan (*environmental noise*) seperti bunyi ombak dan angin. Bunyi tersebut diatur dalam level dan spektrum yang bervariasi dengan tujuan untuk menciptakan sensasi pendengaran. Sementara *sound*

*masking* dengan tipe musik dapat menciptakan suasana yang menyenangkan (Chanaud, 2008).

### 2.5.3 Konvolusi Bunyi

Konvolusi bunyi merupakan suatu metode yang menggabungkan dua sumber audio pada bagian-bagian tertentu secara proporsional. Pada umumnya, konvolusi dilakukan dalam domain frekuensi dan secara sederhana, konvolusi dapat dideskripsikan secara matematis dalam persamaan 2.3 berikut.

$$y(n) = x(n) * h(n) \\ = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) * h(n - k) \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan  $y(n)$  adalah sinyal keluaran,  $x(n)$  adalah sinyal masukan, dan  $h(n)$  adalah sinyal *impuls* yang bertindak sebagai konvoler. Jika  $x(n)$  adalah sinyal dengan panjang  $N$ , yaitu dari 0 sampai  $N-1$ , dan  $h(n)$  adalah sinyal dengan panjang  $M$ , yaitu dari 0 sampai  $M-1$ , maka konvolusi terhadap  $x(n)$  dan  $h(n)$  menghasilkan  $y(n)$  dengan panjang  $N+M-1$ , yaitu dari 0 sampai  $N+M-2$ .

Berdasarkan persamaan 2.3, dapat dilihat bahwa konvolusi dilakukan dalam bentuk domain frekuensi. Sehingga, konvolusi dalam domain waktu tidak bisa dilakukan karena komponen frekuensinya tidak dapat dibedakan dan dipisahkan satu sama lain. Salah satu metode yang dilakukan dalam konvolusi adalah *Fast Fourier Transform (FFT)*. Pada metode ini konvolusi diawali dengan transformasi sinyal masukan ke dalam domain frekuensi. Kemudian hasilnya akan dikalikan dengan sinyal konvoler sehingga menghasilkan sinyal keluaran. Sinyal keluaran tersebut akan dikembalikan dalam domain waktu (Widyatama, et al., 2010).

### 2.6 Kuisisioner

Kuisisioner adalah salah satu metode pengumpulan data berbentuk lembaran yang berisi sejumlah pertanyaan tertulis. Kuisisioner bertujuan untuk memperoleh informasi dari responden tentang suatu hal yang dialaminya atau yang diketahuinya. Kuisisioner yang baik harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu

mudah ditanyakan, mudah dijawab, dan mudah diproses. Penggunaan kuisisioner sebagai metode pengumpulan data memungkinkan untuk memperoleh data yang luas, lengkap, dan lebih akurat. Meskipun demikian, ada beberapa permasalahan mendasar pada metode kuisisioner, yaitu terkait keberagaman responden dalam hal tingkat pendidikan, *prejudice*, asal daerah, dan profesi. Mengacu pada permasalahan tersebut, maka pembuatan kuisisioner perlu memperhatikan beberapa syarat, yaitu jelas, membantu ingatan responden, membuat responden bersedia menjawab, menghindari bias, mudah mengutarakan, dan dapat menyinggung responden (Kasnodiharjo, 1993).

Bentuk kuisisioner yang digunakan untuk mengumpulkan data sangat beragam, salah satunya adalah kuisisioner yang berbentuk skala bertingkat. Kuisisioner tersebut berbentuk pernyataan bertingkat dengan rentang tertentu yang menyatakan jawaban responden dari tidak setuju sampai sangat setuju. Pertanyaan dalam kuisisioner ini termasuk dalam jenis pertanyaan terarah. Jenis pertanyaan ini lebih mudah dalam mengarahkan dan membandingkan jawaban responden (Aedi, 2010).

## **2.7 Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis**

*Cluster analysis* atau biasa disebut sebagai analisa kelompok adalah metode yang digunakan untuk mengelompokkan objek-objek tertentu. Pengelompokan tersebut dilakukan dengan teknik *multivariate* dan didasarkan pada kemiripan karakteristik objek. Analisa kelompok dengan metode hirarki memulai pengelompokan dengan dua atau lebih objek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Maksud dari hirarki adalah tingkatan antarobjek dari yang paling mirip sampai tidak mirip, dimana hirarki (tingkatan) tersebut ditampilkan melalui *dendogram*. Kemiripan sifat yang dimaksud dapat dilihat dari kedekatan jarak berdasarkan ukuran jarak *Euclid*. Pengelompokan yang dilakukan dengan menggunakan jarak *Euclid* minimum atau jarak terdekat antarobjek disebut metode *single linkage* (Fadliana, 2015).

*Agglomerative hierarchical cluster analysis* adalah analisis yang dilakukan dengan cara penggabungan

(*agglomerative*). Pengelompokan dengan cara penggabungan diawali dengan menganggap seluruh objek berasal dari kelompok yang berbeda. Kemudian secara bertahap objek-objek yang saling berdekatan dikelompokkan. Sehingga pada akhirnya semua objek berada dalam satu kelompok yang sama (Rahmawati, et al., 2013).

## 2.8 Comparison Test

*Comparison test* atau uji perbandingan merupakan suatu metode praktis untuk mengetahui perspektif responden yang usianya bervariasi. Dalam metode ini responden diharuskan memilih salah satu (preferensi) dari sepasang bunyi yang diperdengarkan. Selanjutnya, nilai preferensi subjektif tersebut ditentukan melalui pendekatan distribusi normal antara probabilitas dan nilai skala. Apabila sepasang bunyi yang diujikan adalah  $i$  dan  $j$ , maka probabilitas dipilihnya bunyi  $i$  dibandingkan bunyi  $j$  dapat dinyatakan dalam persamaan,

$$P(i > j) = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^F Y_i \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana  $Y_i = 1$  apabila responden lebih memilih bunyi  $i$  daripada  $j$ ,  $Y_i = Y_j = 0.5$  ( $i = j$ ), sedangkan  $Y_i = 0$  apabila responden lebih memilih bunyi  $j$  daripada  $i$ . Sedangkan distribusi normal dari probabilitas tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan,

$$Z_{ij} = \sqrt{2\pi}(P(i > j) - 0.5) \dots \dots \dots (2.5)$$

(Ando, 1998)

## 2.9 Penelitian *Soundscape* Terdahulu

*Soundscape* menjadi perhatian dalam pengembangan penelitian yang berhubungan dengan berbagai upaya untuk menciptakan kenyamanan pendengaran di wilayah perkotaan. Kepadatan penduduk dan aktivitas perkotaan menimbulkan bunyi dari sumber yang beragam dan cukup kompleks. *Soundscape* merepresentasikan seluruh komposisi bunyi yang timbul beserta persepsi pendengaran yang muncul. Jin Yong Jeon dan Joo Young Hong (2015) mengklasifikasikan *soundscape* taman kota berdasarkan persepsi terhadap akustik lingkungan pada tiga taman kota yang berbeda. Pengambilan data dilakukan dengan metode

*soundwalk* dan kuisioner, sedangkan analisis data dilakukan dengan *Hierarchy Cluster Analysis* yang mengklasifikasikan *soundscape* menjadi tiga bagian yaitu, *natural sound*, *human sound*, dan *traffic noise*. Penelitian *soundscape* di Gezi Park-Tunel Square Route telah dilakukan Bahali (2014) dengan metode *soundwalk* dan kuisioner untuk memperoleh persepsi terhadap rekaman binaural. Hal tersebut dilakukan untuk memperoleh karakteristik *soundscape*. Pemrosesan data dilakukan dengan statistik deskriptif. Kogan dkk (2018) mengemukakan istilah *Green Soundscape Index (GSI)* sebagai rasio perbandingan tingkat bunyi alami yang dirasakan terhadap kebisingan lalu lintas. Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran beberapa parameter akustik dan kuisioner serta pengolahan data dilakukan dengan analisis statistik multivarian. Sementara, Tanoni dkk (2018) melakukan pemetaan *soundscape* di Taman Bungkul Surabaya menggunakan persepsi pendengaran disabilitas netra untuk melakukan perbaikan kualitas taman kota secara auditorial. Adapun perbandingan-perbandingan dari penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut ini.

**Tabel 2. 5** Penelitian *soundscape* RTH terdahulu

| <b>Penulis</b>           | <b>Parameter yang Diukur</b>                     | <b>Metode Proses Data</b> | <b>Keluaran</b>   |
|--------------------------|--|---------------------------|---|
| (Jeon & Hong, 2015)      | $L_{A10}$ , $L_{A50}$ ,<br>$L_{A90}$ , $L_{AEq}$ | <i>HCA, PCA, ANN, DFA</i> | Klasifikasi<br><i>human sound</i> ,<br><i>natural sound</i> ,<br><i>traffic noise</i> |
|                          | <i>ACF, Soundwalk, Kuisioner</i>                 |                           |   |
| (Bahali & Bayazit, 2014) | -  | Statistik deskriptif      | Karakterisasi <i>soundscape</i> di empat lokasi yang berbeda                          |
|                          | <i>Soundwalk</i>                                 |                           |   |

| <b>Penulis</b>         | <b>Parameter yang Diukur</b>   | <b>Metode Proses Data</b> | <b>Keluaran</b>  |
|------------------------|--|---------------------------|--|
| (Kogan, et al., 2018)  | $L_{A10}$ , $L_{A50}$ ,<br>$L_{A90}$ , $L_{AEq}$                                     | Statistik multivarian     | Tiga kategori <i>Green Soundscape Index</i>  |
|                        | Kuisisioner  |                           |  |
| (Puspagarini, 2018)    | $L_{A10}$ , $L_{A50}$ ,<br>$L_{A90}$ , $L_{AEq}$                                     | PCA                       | Evaluasi kondisi akustik   |
|                        | <i>NDSI</i> , <i>AEI</i> , <i>H</i>  |                           |  |
| (Tanoni, et al., 2018) | Pendengaran <i>disibilitas</i> netra   | wawancara                 | Pemetaan kualitas <i>soundscape</i>  |
| Penelitian penulis     | $L_{A10}$ , $L_{A90}$ ,<br>$L_{AEq}$ , $D_R$   | HCA                       | Klasifikasi <i>soundscape</i> berdasarkan rute dan waktu serta perbaikan kualitas akustik melalui rekayasa sinyal. |
|                        | <i>ACF</i> ,<br><i>Soundwalk</i> ,<br><i>Kuisisioner</i> ,<br><i>comparison test</i> |                           |  |

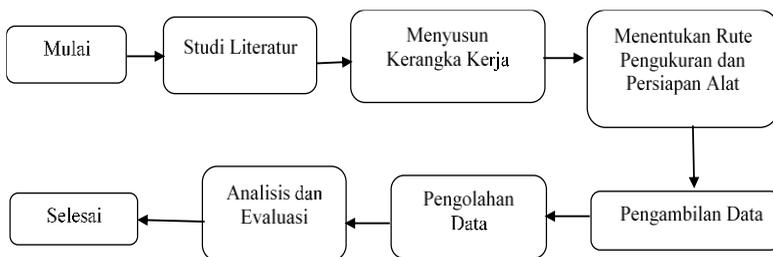
Berdasarkan penelitian terdahulu yang tercantum pada Tabel 2.5, perbedaan penelitian ini terletak pada kerangka kerja yang mengacu pada ISO 12913-1 dan Model Kano. Selain itu, penilaian *soundscape* didasarkan pada standar mutu ruang terbuka hijau. Keterbaruan penelitian ini, adalah upaya perbaikan *soundscape* yang dilakukan melalui metode pengolahan sinyal bunyi.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahap-tahap Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Hutan Joyoboyo Kota Kediri sebagai lokasi pengambilan data dan Laboratorium Instrumentasi Akustik dan Fisika Bangunan Departemen Fisika ITS sebagai tempat pengolahan data. Adapun tahap-tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.



**Gambar 3. 1** Tahap-tahap Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1, penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, yakni diawali dengan studi literatur kemudian menyusun kerangka kerja, menentukan rute pengukuran dan persiapan alat. Lalu dilanjutkan dengan pengambilan data dan pengolahan data serta dilakukan analisis dan evaluasi terhadap data yang diperoleh. Adapun tahap-tahap tersebut dapat dijelaskan sebagaimana berikut.

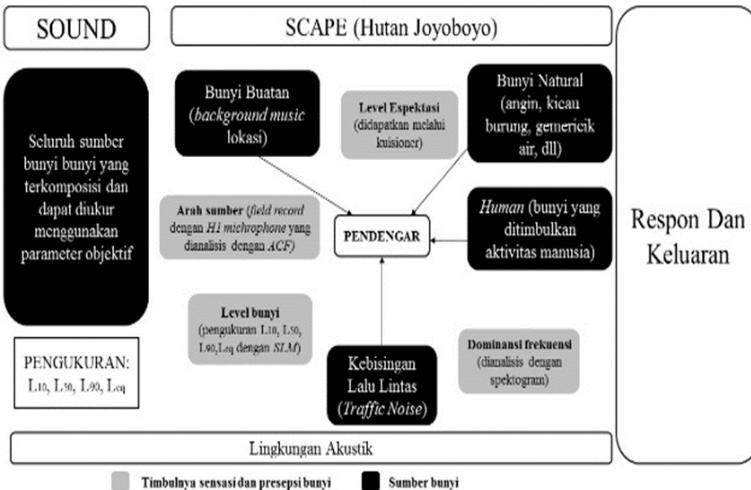
#### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendukung proses pembuatan tugas akhir serta memahami arah dan alur penelitian yang dapat mendukung proses penelitian dari awal hingga penulisan laporan. Tahap ini dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat menjadi acuan dalam melakukan analisis dan pembahasan. Sumber literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku, artikel, jurnal ilmiah dan internet. Adapun beberapa hal yang perlu

dipahami yaitu, hutan kota, ruang terbuka hijau, *soundscape*, parameter akustik lingkungan, dan upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki kualitas akustik lingkungan.

### 3.3 Penyusunan Kerangka Kerja

Penyusunan kerangka kerja dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan dan menentukan langkah-langkah untuk mencapai *output* yang diinginkan. Kerangka kerja *soundscape* Hutan Joyoboyo disusun menggunakan Pemodelan Kano yang didasarkan pada ISO *Soundscape* 12913-1-2014. Pemodelan ini dipilih karena cocok diterapkan pada *soundscape* ruang publik perkotaan yang seringkali dimaknai negatif atau dianggap sebagai kebisingan. Pemodelan Kano melakukan pendekatan terhadap komposisi bunyi dalam sudut pandang parameter objektif dan faktor-faktor yang memengaruhi perspektif terhadap *soundscape*. Selain itu, Pemodelan Kano juga mengupayakan terciptanya perspektif positif terhadap *soundscape* (Jennings & R.Cain, 2013).

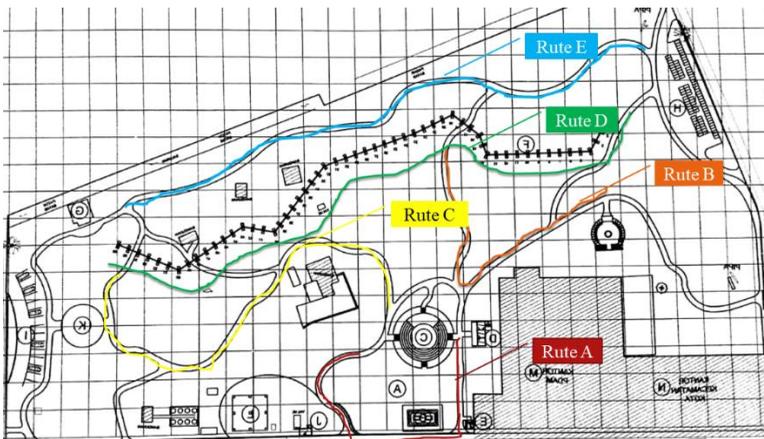


Gambar 3. 2 Kerangka kerja *soundscape* Hutan Joyoboyo

Pada Gambar 3.2, kerangka kerja yang disusun berdasarkan ISO *Soundscape* 12913-1-2014 terbentuk oleh tujuh komponen penyusun yang saling berkaitan erat satu sama lain. Gambar 3.2. menjelaskan kerangka kerja *soundscape* dengan komposisi bunyi (*sound*) yang terdiri dari kebisingan lalu lintas, bunyi alam, bunyi buatan, dan bunyi manusia yang terkomposisi dalam Hutan Joyoboyo sebagai *landscape* perkotaan. Komposisi tersebut saling berinteraksi dengan lingkungannya sehingga tercipta lingkungan akustik yang akan menimbulkan sensasi tertentu ketika didengar oleh pengunjung Hutan Joyoboyo. Sensasi tersebut akan memunculkan persepsi tertentu terhadap lingkungan akustik yang ada sehingga mendorong terjadinya respon pengunjung.

### 3.4 Penentuan Rute *Soundwalk*

Pengukuran *soundscape* dilakukan secara langsung di lokasi objek penelitian, yaitu di Hutan Joyoboyo yang terletak di Jalan Joyoboyo Nomor 5 Kota Kediri. Secara topografi, Hutan Joyoboyo terletak di tengah perkotaan dan tersusun dari berbagai macam vegetasi dengan susunan acak serta didominasi oleh pepohonan besar. Adapun rute *soundwalk* di Hutan Joyoboyo dalam penampang dua dimensi dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3. 3 Rute *soundwalk* di Hutan Joyoboyo

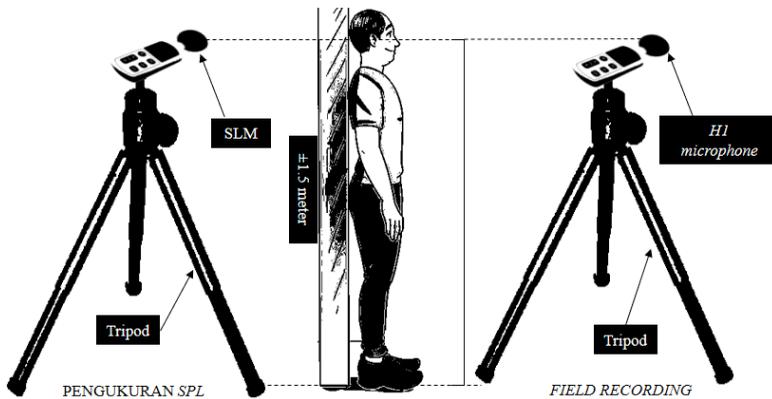
Berdasarkan Gambar 3.3, rute *soundwalk* Hutan Joyoboyo dibagi menjadi lima bagian. Pembagian *soundwalk* ke dalam beberapa rute ini dilakukan karena wilayah Hutan Joyoboyo yang sangat luas. Rute-rute tersebut ditentukan pada lokasi fungsional, seperti tempat duduk pengunjung, area bermain, area pertunjukan, dan tempat istirahat. Dengan kata lain, rute-rute *soundwalk* adalah rute yang sering dipilih pengunjung untuk singgah dan menikmati estetika dari Hutan Joyoboyo. *Soundwalk* dilakukan untuk mengevaluasi kualitas *soundscape* secara objektif maupun subjektif pada rute-rute yang telah ditentukan.

### 3.5 Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan

Sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.3, parameter akustik lingkungan terdiri dari parameter objektif dan parameter subjektif. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk merepresentasikan kualitas *soundscape* Hutan Joyoboyo. Parameter subjektif digunakan untuk mengetahui kualitas *soundscape* berdasarkan perspektif individu. Kemudian, *soundscape* tersebut diidentifikasi objektif melalui besaran fisis. Metode yang digunakan dalam pengukuran parameter akustik lingkungan adalah sebagai berikut

#### 3.5.1 Pengukuran Parameter Objektif

Menurut Jess Budel (2016) parameter-parameter akustik yang perlu dipertimbangkan dalam *soundscape* antara lain pola frekuensi dan pola temporal. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap  $L_{10}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  dan  $L_{Eq}$  dengan waktu pengambilan data selama 10 detik. Hal tersebut dilakukan sebagaimana yang diusulkan oleh ISO 1996-1: 2016 dengan menggunakan *Sound Level Meter Rion NL 21*. Parameter tersebut mendeskripsikan tekanan bunyi yang disebut dengan *Sound Pressure Level (SPL)*. Selain itu, parameter tersebut juga dapat digunakan dalam analisis pola temporal dari akustik lingkungan. Konfigurasi pengukuran parameter objektif dirancang sebagaimana Gambar 3.4 berikut.



**Gambar 3. 4** Konfigurasi pengukuran parameter objektif

Konfigurasi pengukuran yang dilakukan pada Gambar 3.4 mengacu pada ISO 1996/1 *Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment*. Pada umumnya, pengukuran dilakukan menggunakan *Sound Level Meter* yang ketinggiannya diatur dengan pendekatan ketinggian telinga manusia. Pengukuran SPL dilakukan dengan filter *A-weighting* (dBA) sebagai respon subjektif dari telinga manusia (Bruel Kjaer, 2012).

Selain pengukuran terhadap level bunyi, juga dilakukan analisis terhadap konten frekuensi yang menyusun bunyi tersebut. Hal tersebut dilakukan melalui spektrogram sebagai fungsi waktu dan diagram oktaf sebagai fungsi spektral dengan filter 1/24 oktaf. Analisis konten frekuensi dilakukan dengan *software Realtime Analyzer*. Parameter akustik lain yang digunakan adalah *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Dynamic Range (DR)*. *ACF* sebagai besaran dalam melakukan analisis secara spasial, spektral, dan temporal. *ACF* juga dilakukan sebagai pengukuran binaural sebagaimana ditetapkan pada ISO 12913-2. Analisis *ACF* dilakukan melalui perekaman (*field recording*) dari metode *soundwalk* menggunakan *HI microphone* dengan posisi yang identik dengan telinga manusia. Hasil rekaman tersebut selanjutnya diolah dan dilakukan perhitungan dengan *Realtime*

*Analyzer* dan *Sound Analyzing System*. *ACF* dalam *soundscape* memuat unsur-unsur *psychoacoustic* yang digunakan dalam mengevaluasi kualitas bunyi khususnya berdasarkan standart ruang terbuka hijau. Sedangkan  $D_R$  didapatkan dengan menghitung selisih  $L_{max}$  dengan  $L_{min}$  untuk mengetahui dinamika bunyi.

### 3.5.2 Pengukuran Parameter Subjektif

Mengacu pada ISO 12913-2:2018 *Soundscape-Part 2:Data Collection and Reporting Requirement*, pengukuran *soundscape* secara subjektif pada penelitian ini dilakukan dengan metode kuisisioner. Metode ini melibatkan 35 responden untuk menilai hasil *field recording* dari *H1 microphone*. *Field recording* tersebut tidak lain adalah rekaman yang diperoleh saat *soundwalk*. Pengukuran *soundscape* dilakukan dengan pendekatan ‘manusia sebagai pendengar’ sehingga ketinggian alat ukur disamakan dengan tinggi telinga manusia dan dilakukan pada zona-zona waktu yang mampu merepresentasikan *soundscape* secara utuh (Brown & Muhar, 2004). Pengukuran dilakukan pada tiga sesi, yaitu sesi I (pagi) pukul 08.30-09.30 WIB, sesi II (siang) pukul 13.00-14.00 WIB, dan sesi III (sore) pukul 16.00-17.00 dengan rute yang telah ditentukan.

Kuisisioner dilakukan sebagai bentuk evaluasi *soundscape* Hutan Joyoboyo secara subjektif berdasarkan prespektif responden dengan beberapa atribut yang telah ditentukan. Kuisisioner dilakukan dengan tujuan untuk mengkuantisasikan parameter *soundscape* yang bersifat kualitatif. Truax (2014) menyatakan persepsi *soundscape* dipengaruhi beberapa faktor, yaitu kegiatan, demografi, ruang, dan waktu. Mengacu pada hal tersebut, kuisisioner dalam penelitian ini terdiri dari empat bagian, yang pertama berisi demografi responden yang meliputi usia, dan jenis kelamin. Bagian kedua berisi tentang keterlibatan responden terhadap lokasi, yaitu terkait dengan intensitas berkunjung. Bagian ketiga berisi pertanyaan terhadap responden tentang prespektifnya terhadap kualitas akustik di Hutan Joyoboyo. Pertanyaan tersebut dilakukan dengan beberapa atribut dan penilaian dilakukan dengan skala *semantic*. Atribut dengan skala *semantic* yang digunakan terdiri

dari dua bagian, yaitu atribut akustik dan atribut visual. Adapun atribut akustik dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.

|                      |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Menyegarkan *</b> |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                      | <b>1</b>              | <b>2</b>              | <b>3</b>              | <b>4</b>              | <b>5</b>              |                    |
| <b>Tidak segar</b>   | <input type="radio"/> | <b>Segar</b>       |
| <b>Nyaman *</b>      |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                      | <b>1</b>              | <b>2</b>              | <b>3</b>              | <b>4</b>              | <b>5</b>              |                    |
| <b>Tidak nyaman</b>  | <input type="radio"/> | <b>Nyaman</b>      |
| <b>Ramai *</b>       |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                      | <b>1</b>              | <b>2</b>              | <b>3</b>              | <b>4</b>              | <b>5</b>              |                    |
| <b>Senyap</b>        | <input type="radio"/> | <b>Ramai</b>       |
| <b>Hiruk Pikuk *</b> |                       |                       |                       |                       |                       |                    |
|                      | <b>1</b>              | <b>2</b>              | <b>3</b>              | <b>4</b>              | <b>5</b>              |                    |
| <b>Tenang</b>        | <input type="radio"/> | <b>Hiruk Pikuk</b> |

**Gambar 3. 5** Atribut penilaian kualitas akustik

Pada Gambar 3.5, tercantum 4 atribut akustik yang akan dinilai responden dengan lima tingkatan, yaitu dari rentang sangat setuju sampai sangat tidak setuju. Penentuan atribut tersebut mengacu pada mutu standar RTH. Selain itu, juga dilakukan penilaian kualitas akustik secara garis besar dengan pertanyaan jenis bunyi dominan yang didengarkan. Bunyi tersebut antara lain adalah kebisingan lalu lintas (*traffic noise*), bunyi alam (*natural sound*), dan suara manusia (*human noise*), (*human noise*). Bagian keempat dari kuisisioner memuat unsur ruang yang berisi tentang evaluasi

kualitas *soundscape* secara visual. Atribut visual yang digunakan dalam penilaian *soundscape* dapat dilihat pada Gambar 3.6.

|          |   |   |   |   |   |         |
|----------|---|---|---|---|---|---------|
| Terang   |   |   |   |   |   |         |
|          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Gelap    |   |   |   |   |   | Terang  |
| Terbuka  |   |   |   |   |   |         |
|          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Tertutup |   |   |   |   |   | Terbuka |
| Bersih   |   |   |   |   |   |         |
|          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Kotor    |   |   |   |   |   | Bersih  |
| Penuh    |   |   |   |   |   |         |
|          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |         |
| Kosong   |   |   |   |   |   | Penuh   |

**Gambar 3. 6** Atribut penilaian kualitas visual

Pada Gambar 3.6 tercantum 4 atribut visual dengan sistem penilaian yang sama dengan penilaian akustik pada Gambar 3.5. Atribut-atribut penilaian yang digunakan pada Gambar 3.5 dan 3.6 ditentukan sebagaimana karakteristik, peran, dan fungsi dari RTH dalam aspek sosial maupun estetik. Adapun desain kuisisioner *soundscape* dalam penelitian ini dapat dilihat di Lampiran 1.

### 3.6 Analisis Cluster

Pengukuran *soundscape* yang dilakukan pada 5 rute dan 3 sesi tentunya menghasilkan data yang banyak serta menimbulkan kesulitan dalam melakukan identifikasi dan analisis. Persoalan tersebut dapat disederhanakan dengan mengelompokkan data-data dalam beberapa bagian. Hal ini dapat dilakukan dengan analisis *cluster*, yaitu suatu metode statistik multivariat yang bertujuan mengelompokkan objek-objek dalam beberapa kelompok berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Dalam penelitian ini, analisis *cluster* dilakukan untuk mengelompokkan rute-rute di Hutan Joyoboyo berdasarkan penilaian yang diberikan oleh responden. Penilaian tersebut berkaitan dengan kualitas *soundscape* yang dilakukan melalui kuisisioner sebagaimana disebutkan pada subbab 3.5.2 di atas.

Jenis analisis *cluster* yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *Agglomerative Hierarchical Clustering* dengan pendekatan *single linkage*. Analisis *cluster* dilakukan dengan *software Microsoft Excel 2016* dan *SPSS 17*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Uji Validitas dan Realibilitas

Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah pertanyaan dalam kuisisioner *soundscape* sudah mampu mewakili kondisi *real* dan mendapatkan data yang valid.

2. Uji Asumsi Korelasi

Apabila uji validitas dan realibilitas terpenuhi selanjutnya dilakukan uji asumsi korelasi untuk memastikan tidak ada korelasi antar variabel yang diujikan. Sebab, analisis *cluster* tidak bisa dilakukan apabila masih terdapat korelasi antar variabel. Jika hal tersebut masih terjadi, maka tahap selanjutnya yang dilakukan ialah analisis komponen utama.

3. Perhitungan Jarak *Ecluidian*

Perhitungan jarak *Ecluidian* dilakukan untuk mengetahui jarak kedekatan antar objek. *Agglomerative Hierarchical Clustering* dengan *single linkage* dilakukan berdasarkan jarak *Euclidian* terdekat antar variabel.

#### 4. Analisis Cluster

Analisis *cluster* dilakukan pada data penilaian kualitas *soundscape* terhadap rute-rute di Hutan Joyoboyo. Analisis tersebut dilakukan dengan metode *single linkage* menggunakan *software SPSS 17*.

#### 5. Identifikasi Hasil Cluster

Hasil yang telah diperoleh selanjutnya diidentifikasi terkait karakteristik yang dimiliki oleh masing-masing *cluster*. Identifikasi tersebut dilakukan menggunakan parameter fisis.

### 3.7 Perbaikan Kualitas Akustik

Upaya perbaikan kualitas akustik hutan kota dilakukan untuk mencapai mutu standar RTH. Beberapa metode yang dilakukan dalam perbaikan kualitas akustik hutan kota adalah *ANC (active noise cancellation)*, konvolusi, dan *sound masking*. *ANC* dilakukan pada kebisingan lalu lintas (*traffic noise*) yang direkam dengan *HI microphone*. *ANC* dilakukan dengan metode konvolusi. Sedangkan *sound masking* dilakukan dengan menggunakan tipe bunyi alam, seperti kicauan burung, gemericik air, dan musik relaksasi. Perbandingan bunyi *masking* terhadap *traffic noise* diatur dengan selisih 3 sampai 5 dBA. Sebab, perubahan karakter bunyi baru bisa dirasakan pendengar pada perbedaan minimal 3 dB.

Hasil perbaikan kualitas akustik tersebut kemudian diujikan pada pendengar dengan metode *comparison test*. Metode ini merupakan uji *psychoacoustic* yang dilakukan dengan perbandingan sepasang bunyi. Melalui metode ini, dapat diketahui bunyi yang paling disukai oleh responden, yaitu bunyi yang memiliki skor tertinggi. Sumber bunyi yang diujikan berasal dari *PC Lenovo IP-330* dan responden mendengarkan dengan alat bantu *headphone Sennheiser*. Adapun pemasangan bunyi hasil *masking* yang akan diujikan dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut

**Tabel 3. 1** Pemasangan bunyi pada *comparison test*

| Pasangan Bunyi | Mask               |
|----------------|--------------------|
| 1,2            | (1) : Gemicrik Air |

| <b>Pasangan Bunyi</b> | <b>Mask</b>              |
|-----------------------|--------------------------|
| 1,3                   | (2) : Kicau Burung       |
| 2,3                   | (3) : <i>Relax Music</i> |

Berdasarkan Tabel 3.1, *comparison test* akan dilakukan pada bunyi *traffic noise* yang telah di-*masking* dengan beberapa jenis bunyi, baik pada bunyi yang telah diberi perlakuan *ANC* terlebih dahulu ataupun belum. Masing-masing bunyi tersebut akan dipasangkan satu sama lain dan diujikan pada responden. *Comparison test* yang dilakukan pada 30 orang bertujuan untuk mendapatkan komposisi bunyi RTH yang paling disukai responden.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

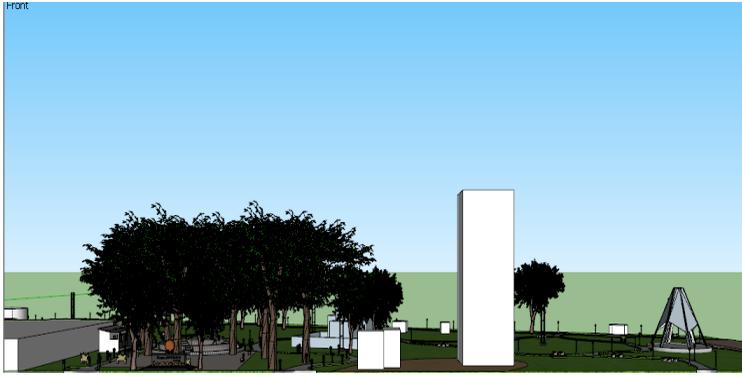
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran *Soundscape*

Seperti yang dijelaskan pada Bab II, *soundscape* merupakan interaksi suatu *landscape* dengan komposisi bunyi yang terkandung di dalamnya. *Soundscape* merepresentasikan kondisi lingkungan akustik berdasarkan persepsi seseorang ke dalam berbagai macam parameter fisis. Parameter tersebut berfungsi mengkuantisasikan persepsi individu yang bersifat subjektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan *soundscape* berdasarkan persepsi individu dan mengidentifikasinya dengan parameter akustik lingkungan yang merupakan besaran fisis. Dengan demikian, pengukuran *soundscape* yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari pengukuran objektif dan subjektif. Pengukuran subjektif dilakukan untuk mengetahui persepsi individu terhadap lingkungan akustik dan pengukuran objektif bertujuan menggambarkan sekaligus mengidentifikasi persepsi tersebut secara kuantitatif dalam besaran fisis. Penelitian *soundscape* dilakukan di Hutan Joyoboyo dengan detail wilayah yang dijelaskan Gambar 4.1. berikut ini,



(a)



(b)

**Gambar 4. 1** Detail lokasi Hutan Joyoboyo (a)Tampak Atas (b)Tampak depan (sumber: koleksi pribadi)

Gambar 4.1.(a) menjelaskan bahwa, lokasi penelitian, yaitu Hutan Joyoboyo, terletak di seberang ruas jalan raya (Jl Ahmad Yani) yang menjadi jalur utama, sehingga kebisingan lalu lintas (*traffic noise*) menjadi sumber dominan dalam komposisi bunyi yang terjadi. Selain itu, sebagai RTH (Ruang Terbuka Hijau), Hutan Joyoboyo tersusun dari banyak vegetasi yang menimbulkan sensasi dari bunyi angin, pergerakan ranting dan daun, maupun kicauan burung. Hal tersebut menyatu dalam aspek bunyi-bunyi yang ditimbulkan oleh alam (*natural sound*). Nuansa lain juga ditimbulkan oleh bunyi buatan manusia seperti *background music*, suara (*speech*) dan hentakan kaki manusia.

Untuk memperoleh parameter objektif dan subjektif dari komposisi bunyi yang telah disebutkan di atas, maka pengukuran *soundscape* di Hutan Joyoboyo dilakukan pada beberapa rute. Pengukuran tersebut salah satunya dilakukan dengan metode *soundwalk*, yaitu berjalan di rute-rute yang telah dilakukan sambil melakukan perekaman bunyi dan perekaman visual. Pemilihan rute tersebut didasarkan pada lokasi-lokasi yang paling sering dikunjungi oleh pengunjung karena fasilitas maupun estetikanya. Berdasarkan peta lokasi Hutan Joyoboyo pada Gambar 3.3, rute-

rute tersebut terdiri dari rute A, B, C, D, dan E. Adapun visualisasi rute-rute tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar 4. 2** Rute pengukuran *soundscape* (a) Rute A (b) Rute B (c) Rute C (d) Rute D (e) Rute E (sumber: koleksi pribadi)

Berdasarkan Gambar 4.2, rute A terletak paling dekat dengan jalan raya. Dalam rute tersebut terdapat *amphitheater* dan Tugu Joyoboyo, serta menjadi lokasi yang lebih sering disinggahi pengunjung. Selanjutnya rute B dan C terletak pada bagian tengah

Hutan Joyoboyo, sedangkan rute D berupa *sky bridge* yang terletak di bagian belakang Hutan Joyoboyo pada ketinggian  $\pm 5$  meter. Rute E terletak pada bagian paling belakang dan terdapat *play ground* di dalamnya. Pemilihan waktu pengukuran didasarkan pada zona waktu yang mampu merepresentasikan karakteristik *soundscape* di Hutan Joyoboyo secara utuh. Dengan demikian, ditentukan tiga sesi pengukuran *soundscape* Hutan Joyoboyo, yaitu sesi I (08.30-09.30 WIB), sesi II (13.00-14.00 WIB), dan sesi III (16.00-17.00 WIB).

#### 4.2 Parameter Akustik Objektif Ruang Terbuka Hijau

Beberapa parameter akustik lingkungan sebagaimana yang telah disebutkan pada Bab III, yaitu  $L_{Aeq}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A95}$ , dan  $L_{Amax}$ , diukur pada rute dan sesi yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan menggunakan *Sound Level Meter Rion NL 21* dengan filter dBA dan pengambilan data *SPL* dilakukan setiap 10 detik sekali sepanjang rute. Adapun konfigurasi sistem pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3. berikut ini.



**Gambar 4. 3** Konfigurasi sistem pengukuran parameter akustik objektif

Konfigurasi sistem pengukuran pada Gambar 4.3 terdiri dari *Sound Level Meter* untuk mengukur *SPL* dan *H1 microphone* untuk merekam bunyi yang terjadi. Kedua instrumen tersebut diletakan pada *tripod* dengan ketinggian yang mendekati telinga manusia. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, maka

diperoleh data sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 4.1. sebagai berikut.

**Tabel 4. 1** Hasil Pengukuran *Soundscape* berdasarkan Parameter Akustik Lingkungan

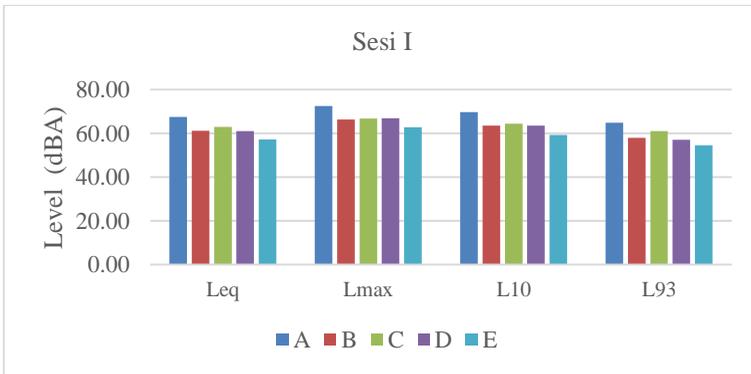
| <b>Rute</b> | <b>Sesi Pengukuran</b> | $L_{Aeq}$<br>(dBA) | $L_{A10}$<br>(dBA) | $L_{A93}$<br>(dBA) | $L_{Amax}$<br>(dBA) |
|-------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| A           |                        | 67.48              | 69.63              | 64.79              | 72.46               |
| B           | Sesi I                 | 61.15              | 63.44              | 57.96              | 66.35               |
| C           | (08.30-09.30           | 62.96              | 64.42              | 61.05              | 66.76               |
| D           | WIB)                   | 61.01              | 63.56              | 56.97              | 66.87               |
| E           |                        | 57.17              | 59.28              | 54.49              | 62.71               |
| A           |                        | 61.88              | 63.42              | 59.81              | 66.31               |
| B           | Sesi II                | 54.88              | 56.15              | 53.16              | 60.04               |
| C           | (13.00-14.00           | 59.09              | 60.21              | 57.72              | 63.78               |
| D           | WIB)                   | 56.69              | 58.07              | 54.71              | 63.06               |
| E           |                        | 54.88              | 56.71              | 52.20              | 61.98               |
| A           |                        | 62.87              | 64.35              | 60.93              | 68.14               |
| B           | Sesi III               | 57.79              | 59.86              | 54.76              | 64.48               |
| C           | (16.00-17.00           | 58.08              | 59.77              | 55.70              | 63.26               |
| D           | WIB                    | 57.24              | 59.13              | 54.52              | 63.41               |
| E           |                        | 55.71              | 58.14              | 52.28              | 62.18               |

Pada Tabel 4.1, dapat dilihat hasil pengukuran parameter  $L_{Aeq}$ ,  $L_{A10}$ ,  $L_{A93}$ , dan  $L_{Amax}$  pada lima rute yang dilakukan pada tiga sesi. Hasil pengukuran pada seluruh parameter menunjukkan besar nilai yang bervariasi. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor dan dapat dianalisis berdasarkan rute pengukuran, waktu pengukuran, dan pola spektral berikut ini.

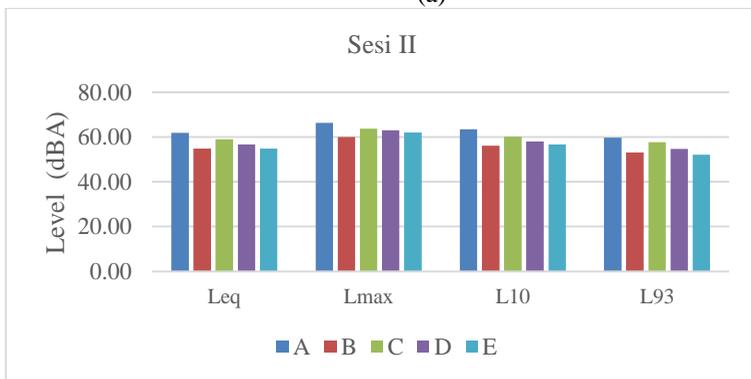
#### 4.2.1 Analisis Berdasarkan Rute Pengukuran

Berdasarkan Tabel 4.1, hasil pengukuran menunjukkan perbedaan berdasarkan rute pada tiap sesi pengukuran. Secara keseluruhan, pengukuran  $L_{eq}$  menunjukkan hasil yang melebihi nilai ambang batas kebisingan pada RTH sebagaimana yang tercantum pada Tabel 2.1, yaitu sebesar 50 dBA. Pengukuran  $L_{10}$  digunakan untuk menunjukkan batas atas kebisingan (10% dari waktu

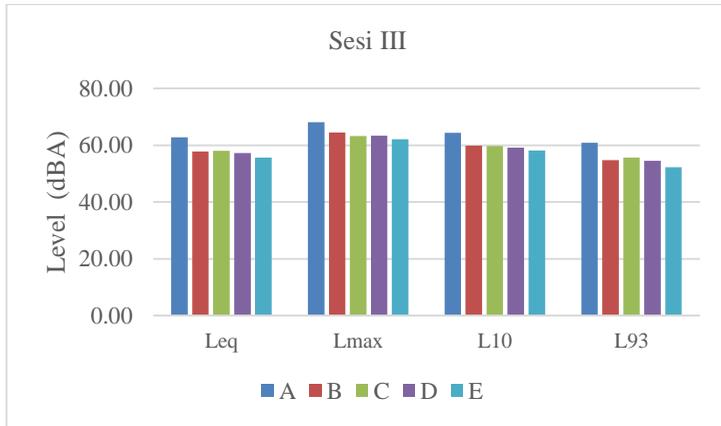
pengukuran), dalam hal ini adalah *traffic noise*. Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa *traffic noise* di rute A dan rute C masih cukup tinggi dibandingkan dengan rute lainya di seluruh sesi pengukuran. Hal tersebut menimbulkan level *background noise* yang lebih tinggi pada rute tersebut. Dimana, level *background noise* dalam hal ini direpresentasikan oleh hasil pengukuran  $L_{93}$  (93% dari waktu pengukuran). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa selama durasi pengukuran, rute A dan C memiliki level yang relatif tinggi dibandingkan rute lainya. Gambar 4.4 mendeskripsikan identifikasi level bunyi pada masing-masing sesi sebagai berikut.



(a)



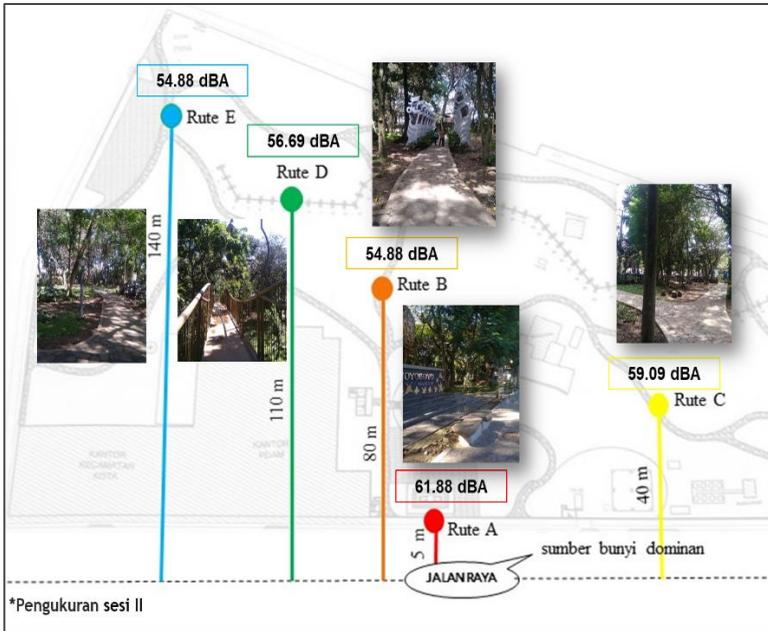
(b)



(c)

**Gambar 4. 4** Nilai parameter akustik berdasarkan rute pengukuran (a) sesi I (b) sesi II (c) sesi III

Berdasarkan Gambar 4.4, hasil pengukuran *soundscape* rute A pada sesi I (08.00-09.30) menunjukkan hasil maksimum pada seluruh parameter yang digunakan dibanding dengan rute yang lain.  $L_{eq}$  yang terukur sebesar 67.48 dBA menunjukkan nilai yang cukup tinggi jika ditinjau dari standar mutu RTH sebesar 50 dBA. Kemudian,  $SPL$  pada rute B, C, D, dan E menunjukkan penurunan yang sebanding dengan bertambahnya jarak rute terhadap sumber atau disebut sebagai atenuasi bunyi. Pengukuran  $L_{eq}$  pada sesi II menunjukan hal yang sama dengan sesi I, yaitu nilai  $SPL$  maksimum juga terjadi di rute A dengan nilai sebesar 61,88 dBA, tetapi rute D tidak menunjukkan terjadinya atenuasi karena jarak. Sementara,  $L_{eq}$  yang terukur pada sesi III menunjukkan hasil maksimum pada rute A sebesar 62.87 dBA, sedangkan pada rute yang lain cenderung stabil. Secara umum, nilai  $SPL$  yang terukur pada tiap parameter di seluruh zona waktu menunjukkan adanya atenuasi bunyi karena jarak terhadap jalan raya sebagai lokasi *traffic noise* seperti yang dideskripsikan pada Gambar 4.5 berikut ini.



**Gambar 4. 5** Identifikasi atenuasi *traffic noise* karena jarak

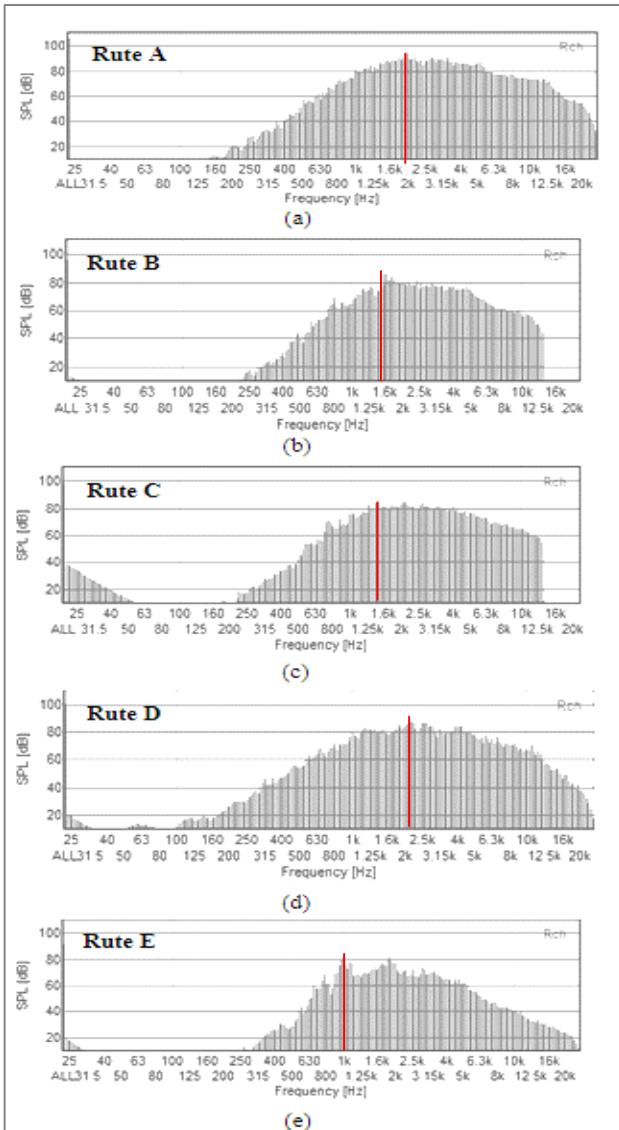
Berdasarkan Gambar 4.5, rute A merupakan lokasi yang paling dekat dengan sumber kebisingan lalu lintas. Oleh karena itu, nilai *SPL* pada rute A lebih tinggi dibandingkan rute yang lain disebabkan oleh lokasinya yang berdekatan dengan jalan raya. Sehingga *soundscape* pada rute ini didominasi oleh *traffic noise* dengan level 60-70 dBA. Selain faktor jarak, tingginya *SPL* yang terjadi pada rute A juga disebabkan oleh minimnya *noise barrier* terhadap jalan raya, baik berupa vegetasi alami maupun buatan seperti yang tampak pada Gambar 4.2 (a). Nilai *SPL* tersebut mengalami penurunan mulai dari rute A hingga rute E akibat atenuasi jarak, yakni semakin besar jarak rute terhadap *traffic noise* maka nilai *SPL* semakin berkurang. Namun, kesebandingan penurunan *SPL* terhadap jarak tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi *soundscape* di rute D karena terjadi anomali pada

beberapa parameter. Adapun analisis atenuasi bunyi yang terjadi dapat dijelaskan pada Tabel 4.2. berikut ini.

**Tabel 4. 2** Kondisi lapangan berdasarkan *sampling* waktu pengukuran

| Rute | Sesi Pengukuran                  | Jarak<br>(m) | $L_{pengukuran}$<br>(dBA) | $L_{perhitungan}$<br>(dBA) |
|------|----------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------|
| A    |                                  | 5            | 67.48                     | (acuan)                    |
| B    | Sesi I<br>(08.30-09.30<br>WIB)   | 80           | 61.15                     | 55.44                      |
| C    |                                  | 40           | 62.96                     | 58.45                      |
| D    |                                  | 110          | 61.01                     | 54.06                      |
| E    |                                  | 140          | 57.17                     | 53.01                      |
| A    |                                  |              | 5                         | 61.88                      |
| B    | Sesi II<br>(13.00-14.00<br>WIB)  | 80           | 54.88                     | 49.84                      |
| C    |                                  | 40           | 59.09                     | 52.85                      |
| D    |                                  | 110          | 56.69                     | 48.46                      |
| E    |                                  | 140          | 54.88                     | 47.41                      |
| A    |                                  |              | 5                         | 62.87                      |
| B    | Sesi III<br>(16.00-17.00<br>WIB) | 80           | 57.79                     | 50.83                      |
| C    |                                  | 40           | 58.08                     | 53.84                      |
| D    |                                  | 110          | 57.24                     | 49.45                      |
| E    |                                  | 140          | 55.71                     | 48.40                      |

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa, terjadi perbedaan antara nilai *SPL* yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan nilai *SPL* yang diperoleh dari hasil perhitungan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa, perubahan nilai *SPL* tidak hanya dipengaruhi oleh faktor atenuasi bunyi karena jarak, tetapi juga dipengaruhi faktor lain. Adapun faktor-faktor tersebut berkaitan dengan gejala yang terjadi dalam propagasi bunyi, seperti pemantulan akibat bidang-bidang penghalang, pengaruh kondisi atmosfer berupa kecepatan angin dan temperatur lingkungan. Di samping itu, hasil pengukuran *SPL* di setiap rute dapat diidentifikasi lebih lanjut terkait konten frekuensi dominannya. Adapun konten frekuensi dominan pada rute-rute tersebut dapat dilihat dalam diagram oktaf pada Gambar 4.6. berikut ini.



**Gambar 4.6** Konten frekuensi dominan hasil pengukuran *soundscape*  
 (a) Rute A (b) Rute B (c) Rute C (d) Rute D (e) Rute E

Gambar 4.6 menunjukkan konten frekuensi dominan dari sumber bunyi yang terekam pada masing-masing rute. Hasil tersebut dapat diperoleh dengan pengolahan data menggunakan diagram filter 1/24 oktav. Dengan demikian, dapat dilakukan identifikasi terhadap sumber bunyi dominan yang terjadi di setiap rute berdasarkan konten frekuensi dominannya. Misalnya, rute A memiliki level bunyi tertinggi daripada rute lainnya. Level bunyi tersebut menunjukkan *peak* yang terjadi pada frekuensi 2000 Hz begitu pula dengangan rute yang lain.

#### 4.2.2 Analisis Berdasarkan Waktu Pengukuran

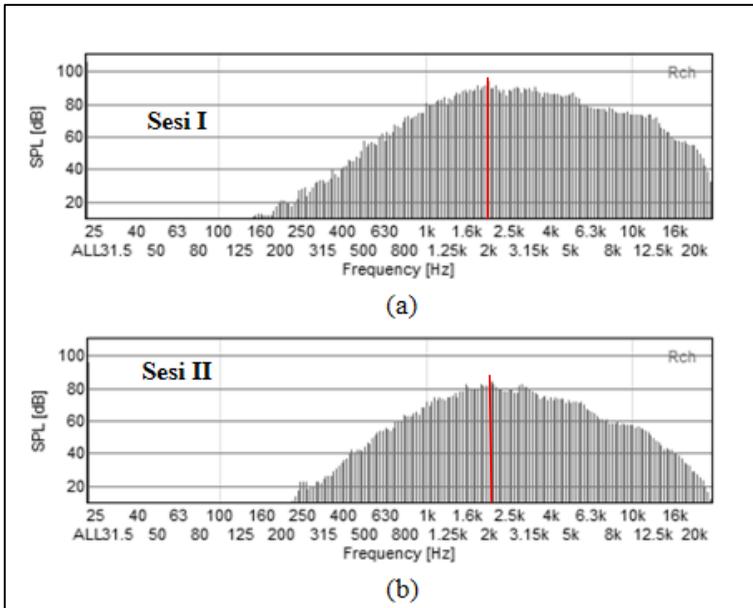
Pada ISO 12913-1 tentang kerangka kerja *soundscape* dijelaskan bahwa, waktu pengukuran dengan sumber yang bersifat fluktuatif ditentukan melalui sistem *sampling* waktu. Hal tersebut dapat dilakukan asalkan sampel waktu yang dipilih mampu merepresentasikan karakteristik *soundscape* secara utuh. Hutan Joyoboyo mulai dikunjungi pada pukul 06.00-10.00 WIB dengan kegiatan yang berorientasi pada lari pagi, olahraga, dan kegiatan jasmani lainnya. Pada pukul 10.00-14.00 WIB lokasi cenderung sepi karena merupakan jam aktif kerja dan aktivitas formal lainnya. Sementara, berdasarkan survei yang dilakukan, pengunjung mulai berdatangan pada sore hari, yakni pada pukul 15.00-18.00 WIB dimana pengunjung relatif ramai dibandingkan siang hari. Di sisi lain, kondisi lalu lintas cenderung ramai pada pukul 07.00 WIB dan 16.00 WIB. Hal ini disebabkan bahwa waktu tersebut adalah jam berangkat dan pulang kerja.

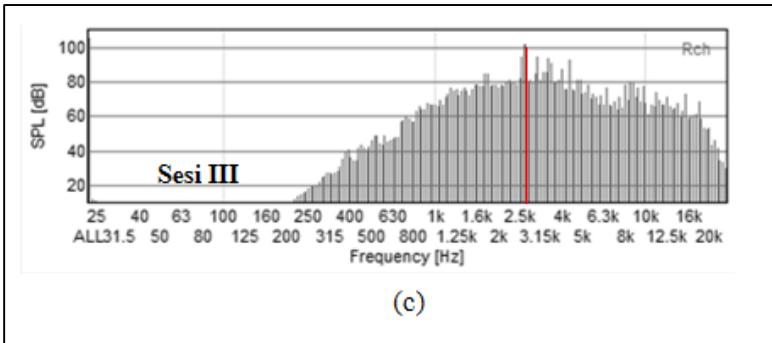
Berdasarkan kondisi di atas, maka waktu pengukuran dibagi menjadi tiga sesi. Sesi I (08.30-09.30) merepresentasikan *soundscape* Hutan Joyoboyo dengan lalu lintas yang tidak terlalu padat dan pengunjung yang cukup ramai. Sesi II (13.00-14.00) merepresentasikan *soundscape* Hutan Joyoboyo dengan pengunjung yang relatif jarang dan lalu lintas tidak terlalu ramai. Sesi III (16.00-17.00) merepresentasikan *soundscape* Hutan Joyoboyo dengan banyak pengunjung dan lalu lintas yang ramai pada jam pulang kerja. Adapun sistem zonasi waktu pengukuran *soundscape* secara detail dapat dijelaskan dalam Tabel 4.3 berikut.

**Tabel 4. 3** Kondisi lapangan berdasarkan sampling waktu pengukuran

| Sesi Pengukuran   | Jumlah Pengunjung | Jumlah Kendaraan Lalu Lintas |
|-------------------|-------------------|------------------------------|
| I (08.30-09.30)   | Sedang            | Sedang                       |
| II (13.00-14.00)  | Sedikit           | Sedikit                      |
| III (16.00-17.00) | Banyak            | Banyak                       |

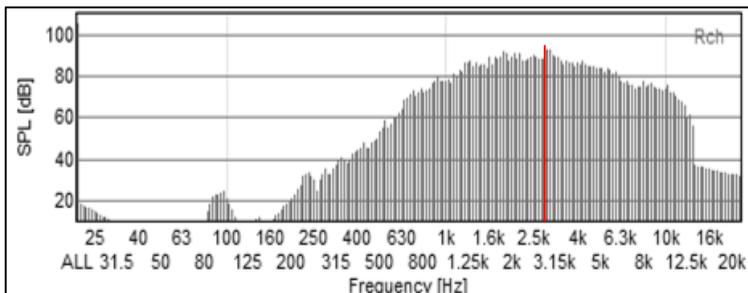
Pada Tabel 4.3, kondisi jumlah pengunjung dan jumlah kendaraan lalu lintas dijelaskan secara deskriptif. Kondisi ini berfungsi sebagai data pendukung yang digunakan untuk mengidentifikasi parameter objektif *soundscape* berdasarkan waktu pengukuran. Berdasarkan kondisi tersebut, maka nilai *SPL* yang terukur dipengaruhi oleh jumlah pengunjung dan volume kendaraan yang melintas di sekitar hutan Joyoboyo. Selain itu, identifikasi sumber bunyi juga didukung dengan analisis spektral sebagaimana yang ditampilkan oleh Gambar 4.7. berikut ini.





**Gambar 4. 7** Konten frekuensi hasil pengukuran *soundscape* rute A

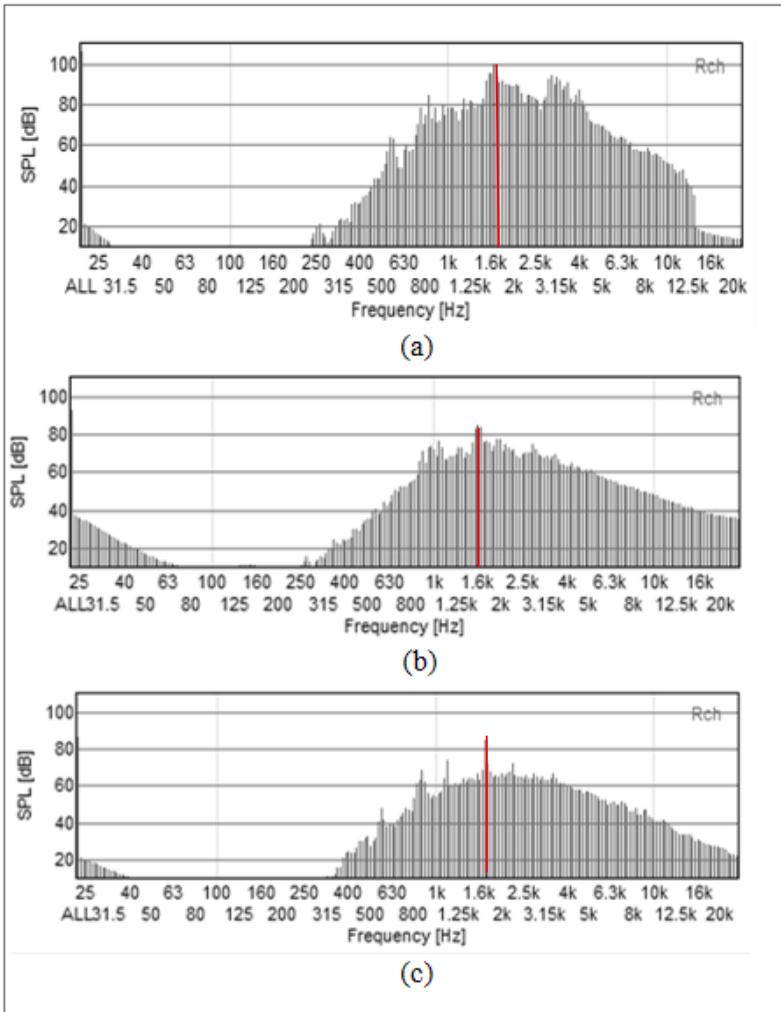
Berdasarkan Gambar 4.7, nilai  $L_{eq}$  tertinggi di rute A terdapat pada pengukuran sesi I sebesar 67.48 dBA. Jika level ini ditinjau dari konten frekuensinya, nilai puncak (*peak*) terjadi di frekuensi 2000 Hz dengan komposisi yang lebih banyak daripada sesi pengukuran lainnya. Berkaitan dengan hal tersebut, rute A sangat berdekatan dengan jalan raya sebagai lokasi *traffic noise*. Adapun konten frekuensi *traffic noise* yang lebih spesifik dapat dilihat pada hasil rekaman bunyi truk di jalan raya dalam Gambar 4.8. berikut.



**Gambar 4. 8** Konten frekuensi bunyi truk

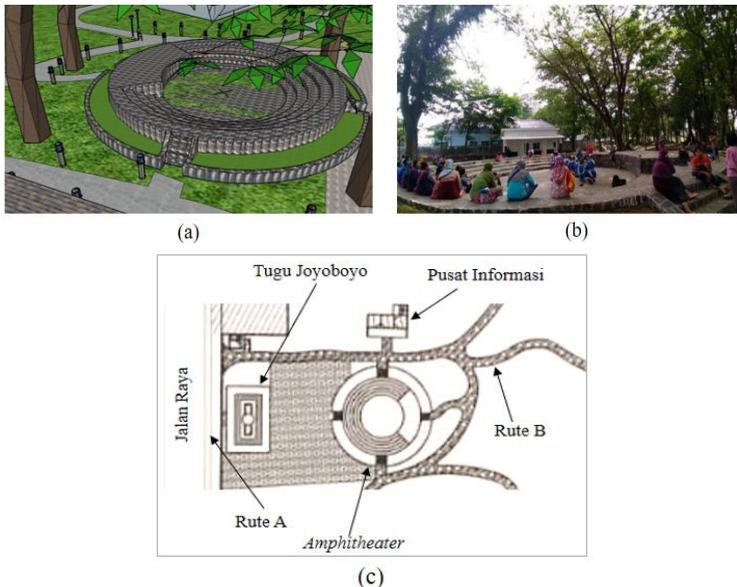
Konten frekuensi bunyi truk pada Gambar 4.8. menunjukkan kemiripan dengan konten frekuensi pada rute A. Namun, intensitas bunyi truk pada frekuensi tinggi memiliki nilai yang rendah. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa intensitas bunyi berfrekuensi tinggi pada rute A dihasilkan sumber lain selain truk. Sedangkan,

pengukuran *soundscape* pada rute B di setiap sesi pengukuran dapat dijelaskan sebagaimana Gambar 4.9 berikut.



**Gambar 4. 9** Konten frekuensi hasil pengukuran *soundscape* rute B (a) sesi I (b) sesi II (c) sesi III

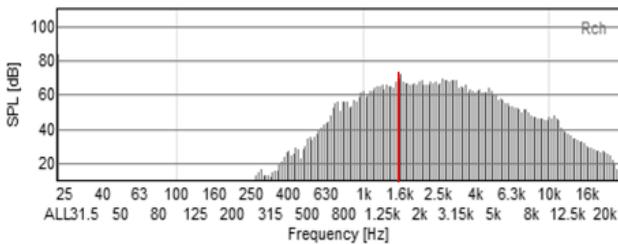
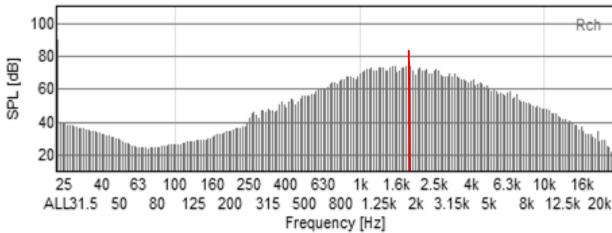
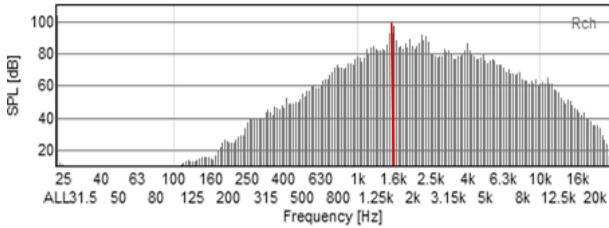
Berdasarkan Gambar 4.9, *SPL* pada sesi I relatif lebih tinggi sebesar 61.15 dBA yang didominasi frekuensi 1.600 Hz, sedangkan hasil pengukuran pada sesi II dan III menunjukkan hasil yang relatif sama. Hal ini disebabkan oleh letak rute B berdekatan dengan *amphitheater* yang bersifat multifungsional dan ramai pengunjung. Sehingga, adanya kegiatan senam pagi pada saat pengukuran di *amphitheater* ini menyebabkan *SPL* pada sesi I relatif lebih tinggi daripada sesi lainnya. Adapun lokasi dan detail *amphitheater* dapat dilihat pada Gambar 4.10. berikut ini.



**Gambar 4. 10** *Amphitheater* Hutan Joyoboyo (a) Gambar detail (b) Gambaran kondisi (c) Deskripsi lokasi (sumber: koleksi pribadi dan *Master Plan* Hutan Kota Joyoboyo)

Gambar 4.10 (a) menunjukkan detail fisik *amphitheater* berupa panggung pagelaran terbuka dengan konstruksi batu cadas. Sebagaimana yang tampak pada Gambar 4.10 (b), lokasi ini relatif

ramai pengunjung dan sering digunakan untuk pertunjukan seni, upacara, maupun sekadar berkumpul bersama. Pada Gambar 4.10 (c) dapat dilihat bahwa letak *amphitheater* berdekatan rute B dan hal ini menyebabkan intensitas bunyi rute tersebut relatif tinggi ketika *amphitheater* ramai. Selanjutnya, konten frekuensi hasil pengukuran di rute D dengan lokasi pada ketinggian yang berbeda dari rute lainnya dapat dilihat pada Gambar 4. 11. berikut ini.

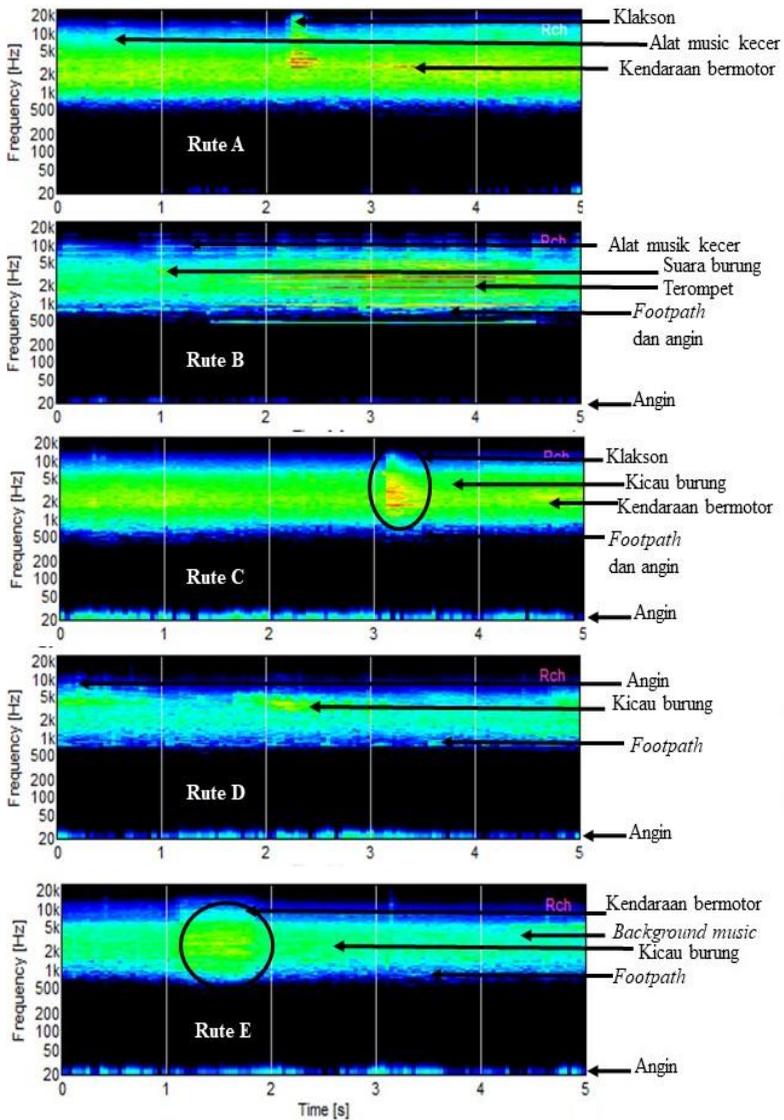


**Gambar 4. 11** Konten frekuensi hasil pengukuran *soundscape* rute D

Hasil pengukuran parameter *soundscape* dalam Gambar 4.8 terlihat bahwa,  $L_{93}$  rute D pada sesi II sebesar 54.71 dBA. Hasil tersebut menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari sesi III sebesar 52.59 dBA. Meskipun selisih keduanya cukup kecil dan dapat diabaikan, namun keduanya menunjukkan perbedaan kontras pada konten frekuensi sebagaimana tampak pada Gambar 4.11. Pengukuran pada sesi II memunculkan frekuensi rendah (25-315 Hz) pada *channel* kanan yang merupakan bunyi angin yang mendominasi pada siang hari karena rute D berada pada ketinggian 5 meter dari permukaan tanah.

### 4.2.3 Analisis Berdasarkan Pola Spektral

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa *soundscape* tersusun atas komposisi bunyi yang kompleks. Demikian pula dengan *soundscape* di Hutan Joyoboyo, seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.1, bahwa di dalamnya terdapat bunyi angin, pergerakan ranting dan daun, maupun kicauan burung yang menyatu dalam aspek bunyi-bunyi yang ditimbulkan oleh alam (*natural sound*). Selain itu juga terdapat bunyi buatan manusia seperti, kendaraan (*traffic noise*), *background music*, suara manusia (*speech*), dan hentakan kaki manusia. Bunyi-bunyi tersebut tentunya memiliki karakteristik yang berbeda, terutama kandungan frekuensi (spektral) yang dimiliki masing-masing sumber bunyi. Pada subbab sebelumnya, telah dilakukan identifikasi terkait konten frekuensi dominan. Selanjutnya, melalui pola spektral dapat dilakukan identifikasi terhadap jenis-jenis bunyi apa saja yang menjadi komponen penyusun *soundscape*. Analisis pola spektral dapat dilakukan dengan spektrogram sebagaimana yang tampak pada Gambar 4.12. berikut ini.



Gambar 4. 12 Spektrogram *soundscape* pada tiap rute

Berdasarkan Gambar 4.12, *soundscape* di Hutan Joyoboyo pada setiap rute pengukuran didominasi oleh frekuensi 500-10.000 Hz dengan intensitas yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh jarak serta durasinya yang terukur dalam fungsi waktu. Pada rute A, *traffic noise* yang dihasilkan oleh mesin kendaraan bermotor mendominasi dengan frekuensi menengah dan bunyi klakson dengan frekuensi tinggi. Selain itu juga masih terdapat *background music* dengan bunyi alat musik “kecer” meskipun dengan intensitas yang rendah.

Pada rute B, *background music* tersebut masih muncul dengan intensitas yang hampir sama namun terdengar lebih jelas. Berbeda dengan rute sebelumnya, rute B didominasi oleh frekuensi menengah yang berasal dari bunyi terompet. Pada frekuensi tersebut juga terdapat suara kicauan burung yang bersahutsahutan, sedangkan frekuensi rendah dihasilkan oleh bunyi angin dan hentakan kaki manusia. Pada rute C, dominasi masih terjadi pada frekuensi 500-10.000 Hz yang berasal dari *traffic noise* beserta bunyi klakson pada frekuensi tinggi. Selain itu, frekuensi menengah tersebut juga berasal dari bunyi kicauan burung. Sebagaimana rute sebelumnya, frekuensi rendah pada rute ini juga dihasilkan oleh bunyi angin dan hentakan kaki (*footpath*) dengan intensitas yang lebih tinggi serta pola spektrum yang lebih rapat.

Pada rute D, intensitas bunyi lebih rendah daripada rute lainnya dan didominasi bunyi angin. Selain itu juga terdapat bunyi kicauan burung dan hentakan kaki dengan intensitas dan frekuensi yang sama dengan rute sebelumnya. Pada rute E, frekuensi menengah mendominasi yang secara umum dihasilkan oleh *background music* dan kicauan burung, meskipun pada detik ke-2 muncul bunyi kendaraan bermotor yang mampu menutupi dominansi bunyi sebelumnya.

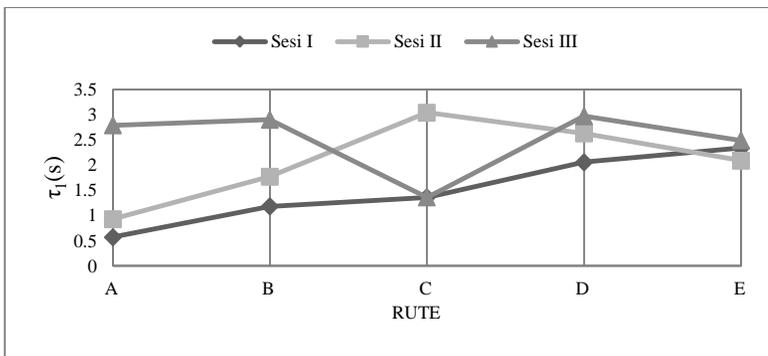
#### **4.3 Parameter Akustik Subjektif Ruang Terbuka Hijau**

Parameter subjektif digunakan untuk menggambarkan kualitas *soundscape* berdasarkan persepsi masing-masing individu. Pengukuran parameter subjektif dilakukan dengan pengisian kuisioner berdasarkan pada suara hasil rekaman (audiovisual).

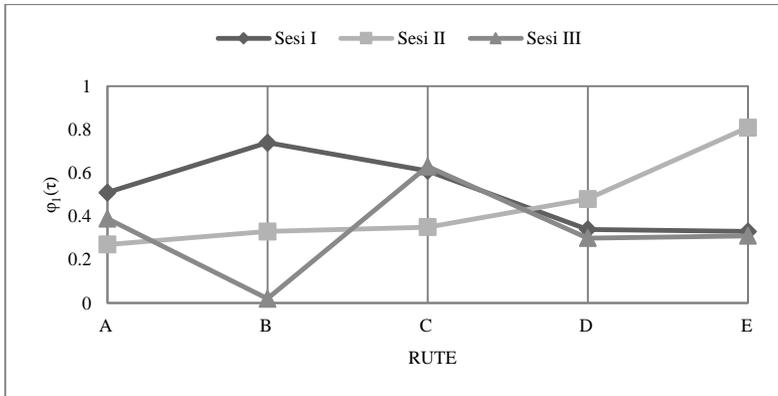
Kuisisioner tersebut merupakan upaya yang dilakukan untuk menilai lingkungan akustik maupun *soundscape* secara keseluruhan melalui penilaian dan respon individu terhadap bunyi yang muncul. Selain itu, secara kuantitatif penilaian individu terhadap *soundscape* dapat direpresentasikan oleh *autocorrelation function*.

#### 4.3.1 ACF (Autocorrelation Function)

Pengukuran *ACF* (*autocorrelation function*) pada *soundscape* bertujuan untuk mendapatkan parameter objektif dari subjektivitas individu berdasarkan sensasi *pitch* yang dirasakan. Selain itu, pengukuran *ACF* juga bertujuan mengidentifikasi sumber bunyi berdasarkan aspek spasial, temporal, dan spektral. Berdasarkan aspek spasial, *ACF* merepresentasikan *similarity* dari dua sinyal bunyi yang diterima oleh telinga kanan dan telinga kiri berdasarkan waktu tunda  $\tau$ . Apabila  $\Phi(\tau)$  (koefisien *ACF*) bernilai 1 maka kedua sinyal identik dan apabila bernilai 0 maka kedua sinyal tidak identik. Nilai negatif (-) mengindikasikan sumber bunyi datang dari arah kiri, dan nilai positif (+) mengindikasikan sumber bunyi datang dari arah kanan. Sedangkan aspek temporal dan spektral dapat ditunjukkan oleh  $\tau$  dan  $\Phi(\tau)$ . Semakin tinggi nilai  $\Phi(\tau)$ , *pitch* semakin kuat dan semakin tinggi  $\tau$ , *pitch* semakin rendah. Perhitungan *ACF* dilakukan dengan *Sound Analyzing System* pada program *Running ACF* dan dapat disajikan dalam Gambar 4.13 berikut ini.



(a)



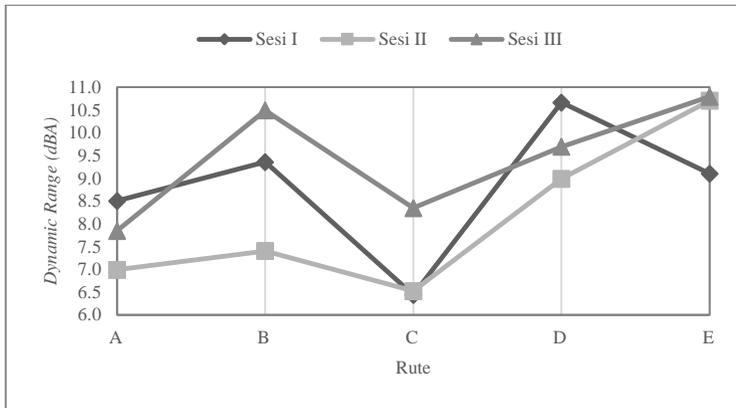
(b)

**Gambar 4.13** Hasil perhitungan *ACF* (a)parameter  $\tau_1$  (b)parameter  $\Phi_1$

Berdasarkan Gambar 4.13, rute A dan C memiliki  $\tau_1$  yang lebih rendah daripada rute lainnya, maka kedua rute tersebut memiliki waktu tunda yang relatif lebih pendek dan memiliki *pitch* yang lebih tinggi dengan konten frekuensi yang lebih banyak. Hal tersebut telah dijelaskan pada Gambar 4.7, bahwa pada rute A dan C terdapat frekuensi tinggi dengan level tinggi yang dihasilkan oleh bunyi klakson. Rute B, D, dan E *pitch* yang lebih rendah dengan dominasi bunyi angin beserta kicauan burung. Sementara, jika ditinjau dengan parameter  $\Phi_{(1)}$ , rute B memiliki nilai yang lebih tinggi daripada rute lainnya dan sekaligus menjelaskan bahwa rute tersebut memiliki *pitch* paling keras yang berasal dari bunyi terompet sebagaimana yang ditampilkan oleh Gambar 4.12. Secara keseluruhan, parameter  $\Phi_{(1)}$  yang terukur menunjukkan sinyal bunyi tidak sepenuhnya identik (sinyal yang diterima oleh telinga kanan tidak sama dengan sinyal yang diterima oleh telinga kiri) dengan nilai koefisien tertentu. Parameter  $\Phi_{(1)}$  yang bernilai positif mengindikasikan datangnya sumber bunyi dari arah kanan. Arah tersebut merupakan posisi sumber bunyi dominan, yaitu lalu lintas pada ruas jalan satu arah yang melintas dari kanan ke kiri terhadap posisi *H1 microphone*.

### 4.3.2 $D_R$ (Dynamic Range)

Secara matematis  $D_R$  didefinisikan sebagai selisih antara level maksimum dan level minimum dari suatu bunyi yang muncul dalam rentang waktu tertentu. Semakin besar nilai  $D_R$ , maka bunyi tersebut dikatakan semakin dinamis. Besar perubahan level bunyi akan berpengaruh terhadap penerimaan subjektif. Sehingga, parameter ini dapat digunakan untuk memprediksi persepsi subjek terhadap *soundscape*.  $D_R$  yang terukur pada tiap rute dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut ini.

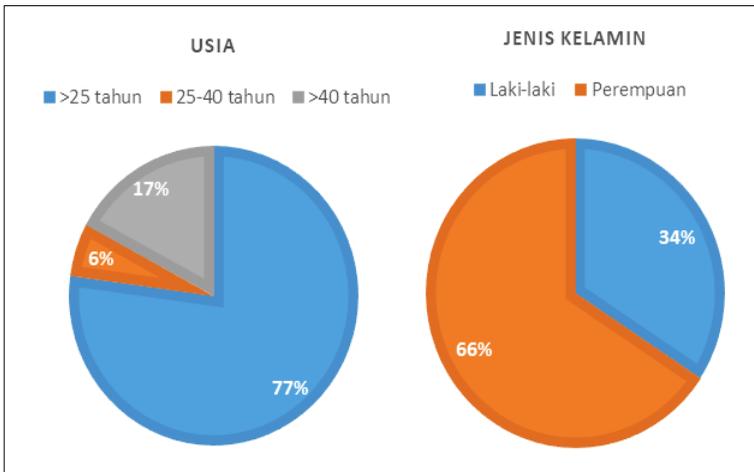


**Gambar 4. 14** Paramer  $D_R$  pada tiap rute

Berdasarkan Gambar 4.14, dapat dilihat bahwa rentang dinamis bunyi yang terukur berada pada level 6 sampai 11 dB. Jika ditinjau dari penerimaan subjektif, perubahan bunyi sebesar 6 dB masih kurang bisa dirasakan. Perubahan tersebut baru bisa jelas dirasakan pada level minimum 10 dB. Rentang dinamis yang tinggi disebabkan oleh bunyi yang bersifat temporal dan ditimbulkan oleh berbagai sumber. Hal tersebut terlihat pada rute D yang didominasi oleh kicauan burung, angin, dan bunyi lainnya. Sedangkan bunyi yang berlangsung secara kontinyu menunjukkan rentang dinamis yang relatif lebih rendah, seperti Rute A dengan dominansi tunggal oleh *traffic noise* yang bersifat kontinyu.

### 4.3.3 Kuisisioner

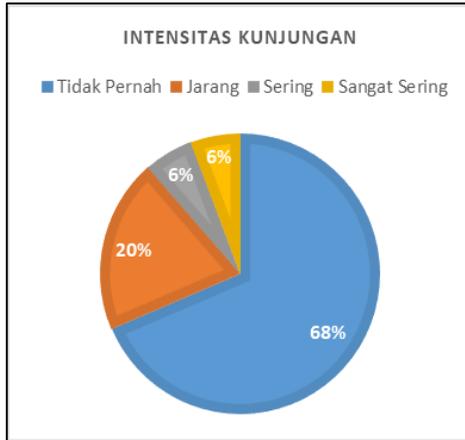
Kuisisioner yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk mengumpulkan informasi, yaitu perspektif atau penilaian responden terhadap *soundscape* Hutan Joyoboyo. Kuisisioner yang berbentuk skala bertingkat (skala *semantic*) ini berfungsi untuk mengukur parameter subjektif *soundscape* dari responden. Sebagaimana Gambar 3.5 dan 3.6, kuisisioner terdiri dari 11 pertanyaan, yaitu 7 pertanyaan tentang aspek akustik dan 4 pertanyaan tentang aspek visual. Sebelum mengisi kuisisioner, responden ditunjukkan rekaman audiovisual terlebih dahulu (*binaural test*). Kuisisioner dilakukan pada 35 responden dengan demografi yang dapat dideskripsikan pada Gambar 4.15 berikut.



**Gambar 4. 15** Demografi responden

Berdasarkan Gambar 4.15, demografi responden yang dicantumkan dalam penelitian ini meliputi usia dan jenis kelamin. Responden didominasi oleh usia <25 tahun sebagaimana usia sebagian besar pengunjung di Hutan Joyoboyo. Total responden sebanyak 35 orang terdiri dari 12 orang laki-laki dan 23 orang perempuan. Selain faktor demografi, pengalaman pengunjung terhadap kondisi Hutan Joyoboyo juga dipertimbangkan. Intensitas

kunjungan responden ke Hutan Joyoboyo dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini.



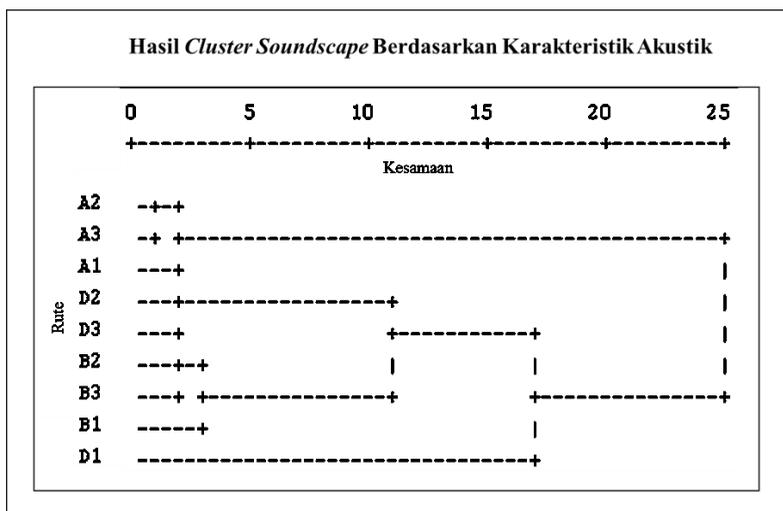
**Gambar 4. 16** Prosentase responden berdasarkan intensitas kunjungan

Berdasarkan Gambar 4.16, intensitas kunjungan responden ke Hutan Joyoboyo dibedakan menjadi 4 kategori, yaitu tidak pernah, jarang, sering, dan sangat sering. Intensitas kunjungan tersebut berkaitan dengan pengalaman responden dalam menilai kualitas *soundscape* melalui kuisioner. Terlibatnya responden dengan berbagai karakter pengalaman memungkinkan didapatkan hasil kuisioner yang lebih akurat.

#### 4.3.4 Analisis Cluster

Analisis *cluster* dalam penelitian ini digunakan untuk mengelompokan atau mengklasifikasikan titik lokasi di Hutan Joyoboyo berdasarkan karakteristik *soundscape*. Karakteristik tersebut diperoleh berdasarkan parameter subjektif dari perspektif masing-masing responden terhadap kondisi audiovisual yang diujikan melalui kuisioner. Klasifikasi tersebut bertujuan untuk memudahkan dan menyederhanakan perbaikan kualitas *soundscape* yang lebih efektif dan efisien. Sampel audiovisual yang didapatkan melalui *soundwalk* diujikan pada responden

sebanyak 35 orang (*binaural test*). Sampel tersebut terdiri dari rute A, B, dan D pada tiga sesi pengukuran, sehingga jumlah total sampel uji sebanyak 9 buah. Pada tahap ini, rute C dan E dieliminasi dari *binaural test* dan *comparison test* karena karakteristik fisis kedua rute tersebut sudah terwakili oleh rute lain. Karakter dari rute C memiliki kemiripan dengan rute A yang didominasi *traffic noise* dan karakter rute E memiliki kemiripan dengan rute D yang didominasi bunyi alam. Analisis *cluster* yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada klasifikasi *soundscape* taman kota berdasarkan persepsi yang dilakukan oleh Jin Yong Jeon dan Joo Young Hong (2015). Analisis *cluster* dilakukan dengan metode *HCA (Hierarchical Cluster Analysis) Single Linkage* menjadi tiga *cluster*. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh data sebagaimana Gambar 4.17. berikut.



**Gambar 4. 17** Dendrogram hasil *cluster soundscape* berdasarkan rute pengambilan data

Dendrogram dalam Gambar 4.17. merepresentasikan tiga hasil *cluster* karakteristik *soundscape* berdasarkan rute pengukuran. *Cluster-cluster* tersebut terbentuk melalui prosedur

pengelompokan *single linkage*, yaitu pengelompokan berdasarkan jarak terdekat antar objek. Sehingga, dua rute yang memiliki jarak kesamaan terdekat akan ditempatkan dalam *cluster* yang sama dan seterusnya. Adapun perincian anggota yang telah terbentuk pada masing-masing *cluster* dapat dilihat pada Tabel 4.4. berikut.

**Tabel 4. 4** Hasil *cluster soundscape* berdasarkan rute pengambilan data

| <i>Cluster</i> | Jumlah Anggota <i>Cluster</i> | Rute   |
|----------------|-------------------------------|--|
| 1              | 3                             | Rute A sesi I (A1), Rute A sesi III (A3), Rute A sesi 2 (A2)   |
| 2              | 5                             | Rute B sesi I (B1), Rute D sesi III (D3), Rute D sesi II (D2), Rute B sesi II (B2), Rute B sesi 3 (B3) |
| 3              | 1                             | Rute D sesi I (D1)   |

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa, jumlah total sampel uji sebanyak 9 buah telah terbagi menjadi tiga *cluster*. Terdapat dua rute pada *cluster* 1, lima rute pada *cluster* 2, dan satu rute pada *cluster* 3. *Cluster-cluster* terbentuk berdasarkan skor dari skala *semantic* pada kuisioner yang diisi oleh responden. Skor-skor tersebut akan dikelompokan berdasarkan jarak terdekat (*single linkage*) suatu variabel terhadap variabel yang lain sampai terbentuk suatu *cluster* dengan beberapa anggota di dalamnya. Sehingga, dalam hal ini rute-rute dalam suatu *cluster* yang sama akan memiliki karakteristik yang berdekatan atau hampir sama. Adapun karakteristik *cluster-cluster* tersebut dapat diidentifikasi secara rinci sebagaimana Tabel 4.5. berikut ini.

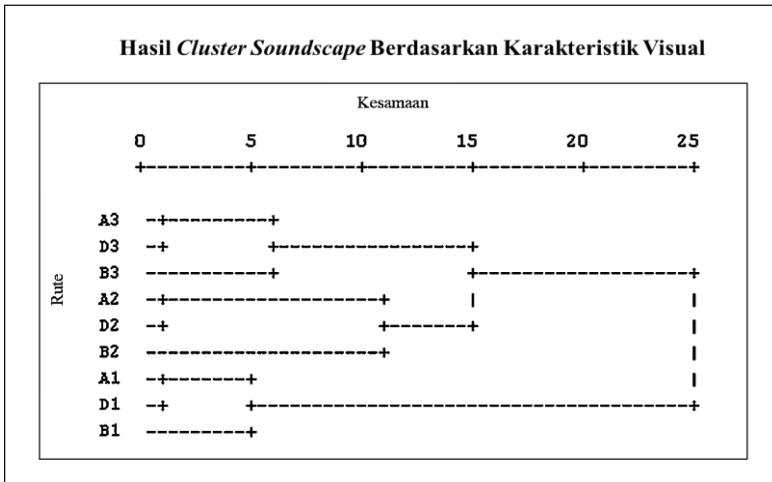
**Tabel 4. 5** Identifikasi hasil *cluster soundscape* aspek akustik

| <i>Cluster</i> | Rute | $L_{eq}$<br>(dBA) | $\tau_l$ (s) | $\Phi_l$ | $D_R$<br>(dB) | Konten<br>Frekuensi<br>Dominan                            |
|----------------|------|-------------------|--------------|----------|---------------|---|
| 1              | A1   | 67.48             | 0.57         | 0.51     | 8.5           | <i>Traffic noise</i>                                      |
|                | A2   | 61.88             | 0.93         | 0.27     | 6.9           | <i>Traffic noise</i>                                      |
|                | A3   | 62.87             | 2.79         | 0.39     | 7.8           | <i>Traffic noise</i>                                      |
| 2              | B1   | 61.15             | 1.18         | 0.74     | 9.3           | Kicauan<br>burung,<br>suara<br>manusia                    |
|                | D3   | 57.24             | 2.97         | 0.3      | 9.6           | Sedikit<br><i>background music</i> ,<br>kicauan<br>burung |
|                | B2   | 54.88             | 1.77         | 0.33     | 7.4           | <i>Background music</i> ,<br>angin                        |
|                | B3   | 57.79             | 2.9          | 0.02     | 10.4          | Musik,<br>kicauan<br>burung                               |
|                | D2   | 56.69             | 2.53         | 0.48     | 8.9           | Angin,<br><i>footpath</i>                                 |
| 3              | D1   | 61.01             | 2.06         | 0.34     | 10.6          | Ramai<br>suara<br>manusia                                 |

Berdasarkan Tabel 4.5, telah dilakukan identifikasi terhadap karakteristik setiap rute yang menjadikannya dimasukan dalam suatu *cluster* tertentu. Terbentuknya *cluster-cluster* tersebut dapat dijelaskan dengan beberapa parameter. Bunyi pada *cluster* 1

memiliki waktu tunda ( $\tau_1$ ) yang pendek, sehingga *pitch*-nya cenderung tinggi. Selain itu, jika ditinjau dari parameter  $D_R$ , *cluster* ini relatif lebih monoton dibandingkan dengan yang lain. Sedangkan *cluster 2* dan *cluster 3* memiliki waktu tunda ( $\tau_1$ ) yang lebih panjang, sehingga *pitch*-nya lebih rendah. Jika ditinjau dari konten frekuensinya, *cluster 1* didominasi *traffic noise*, *cluster 2* didominasi bunyi alam dan manusia, sedangkan *cluster 3* didominasi bunyi manusia.

Secara utuh, *soundscape* tidak hanya memperhatikan aspek akustik saja, tetapi juga aspek visual. Analisis *cluster* terhadap visualisasi *soundscape* dilakukan untuk mengetahui ketercapaian kualitas hutan kota sebagai RTH. Analisis *cluster* dilakukan berdasarkan penilaian responden terhadap 9 rute menggunakan skala *semantic*. Adapun hasil *cluster* karakteristik visual *soundscape* dapat dilihat pada Gambar 4.18. berikut ini.



**Gambar 4. 18** Dendogram hasil *cluster* visualisasi *soundscape*

Dendogram dalam Gambar 4.18. merepresentasikan tiga hasil *cluster* karakteristik visualisasi *soundscape* berdasarkan rute pengukuran. Prosedur pembentukan *clusterisasi* visual *soundscape* sama seperti prosedur yang digunakan dan dijelaskan pada

*clusterisasi* akustik, yaitu *single linkage*. Analisis *cluster* dilakukan berdasarkan skor yang diberikan responden melalui skala *semantic* terhadap beberapa atribut, yaitu terang, terbuka, penuh, dan bersih. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka dapat dilakukan perincian anggota dan identifikasi pada masing-masing *cluster* seperti Tabel 4.6. berikut ini.

**Tabel 4. 6** Identifikasi hasil *cluster soundscape* aspek visual

| <b>Cluster</b> | <b>Jumlah Anggota Cluster</b> | <b>Rute</b>   | <b>Identifikasi</b>   |
|----------------|-------------------------------|---|---|
| 1              | 3                             | Rute A sesi I (A1), Rute A sesi 2 (A2), Rute A sesi 3 (A3)    | Tidak terdapat pohon besar, sehingga kurang teduh.<br>Jalan raya ramai.<br>Pada rute A terdapat tugu Joyoboyo.  |
| 2              | 3                             | Rute B sesi I (B1), Rute B sesi II (B2), Rute B sesi 3 (B3)   | Rute B terletak di bagian tengah dari hutan kota dan lebih teduh.<br>Banyak pepohonan di sekitar rute tersebut.<br>Pada rute B terdapat tugu Panji Galuh.                             |
| 3              | 3                             | Rute D sesi I (D1), Rute D sesi II (D2), Rute D sesi III (D3) | Rute D terletak di bagian tengah dari hutan kota dan cukup teduh.<br>Banyak pepohonan di sekitar rute tersebut.<br>Rute D merupakan <i>sky bridge</i> dengan ketinggian $\pm 5$ meter |

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat dijelaskan bahwa tiga *cluster* yang terbentuk telah mengklasifikasikan kualitas visualisasi setiap rute di Hutan Joyoboyo berdasarkan mutu standar RTH. Kualitas tersebut diperoleh berdasarkan persepsi responden terhadap data visual yang diberikan. *Cluster* 1 adalah tempat yang memiliki karakter ruang lebih terbuka, tetapi memiliki banyak komposisi di dalamnya. Letaknya di seberang jalan raya memberikan kesan ruang terbuka yang lebih, tetapi banyaknya kendaraan yang melintas memunculkan kesan ruang yang penuh. Pada *cluster* 2 kondisi ruang secara keseluruhan cenderung lebih teduh, terbuka, tidak terlalu menimbulkan kesan monoton seperti *cluster* yang lain. *Cluster* ini didominasi oleh barisan vegetasi dan Tugu Panji Galuh, namun pada kondisi tertentu daun dan ranting yang berguguran dapat menjadikan kesan kebersihan ruang berkurang. Sedangkan *cluster* 3 memiliki bentuk fisik yang berbeda dengan rute yang lain, yaitu berupa *sky bridge* yang berbentuk lintasan memanjang.

#### 4.4 Perbaikan Kualitas Akustik

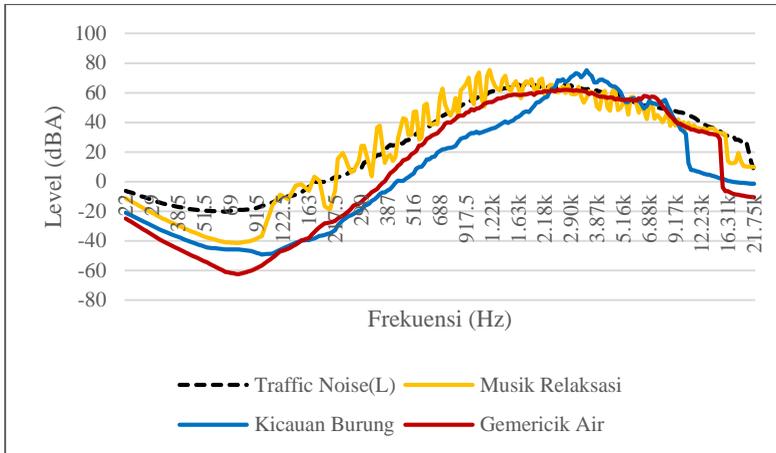
Sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1 bahwa, kerangka kerja *soundscape* pada penelitian ini menerapkan Model Kano sebagai acuan. Kerangka kerja tersebut mengupayakan terciptanya perspektif positif individu terhadap lingkungan akustik di sekitarnya. Sementara, berdasarkan pembahasan pada subbab 4.2.3 yang mengidentifikasi bunyi dengan konten frekuensi, dapat dilihat bahwa rute A didominasi oleh *traffic noise*. Analisis *cluster* juga menunjukkan bahwa *cluster* 1 yang beranggotakan rute A1, A2, dan A3 didominasi oleh *traffic noise*. Bunyi tersebut memiliki level yang melebihi ambang batas kebisingan RTH sebesar 50 dBA.

Upaya penanganan yang pernah ditawarkan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penerapan teknologi absorpsi bunyi dan *noise barrier*. Sedangkan, hal tersebut kurang efektif dan sulit dilakukan pada kondisi kebisingan akibat sumber bunyi yang kompleks dan beragam, seperti kebisingan perkotaan. Karena kebisingan perkotaan memiliki konten frekuensi yang beragam dan level yang fluktuatif, sehingga akan sulit untuk menemukan

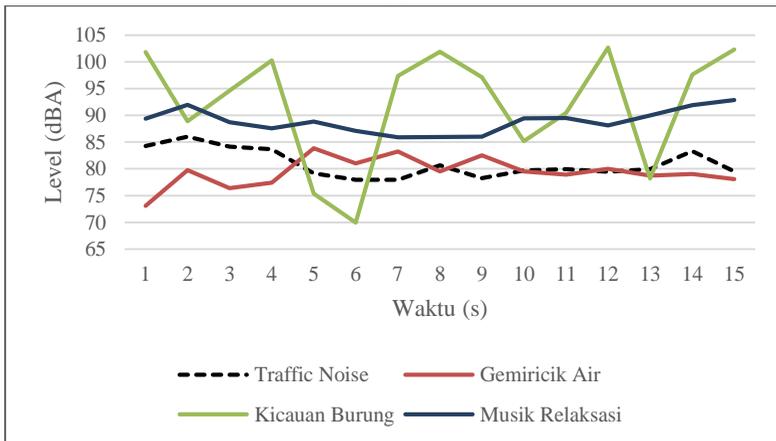
spesifikasi bahan yang berperan sebagai *passive noise control*. Kendala tersebut dapat diatasi dengan beberapa metode *noise control* lainnya, seperti *ANC (active noise cancellation)* dan *sound masking*. *ANC* adalah metode untuk mengurangi bunyi yang tidak diinginkan dengan menambahkan bunyi kedua yang dirancang khusus untuk membatalkan yang pertama. Sementara, *sound masking* adalah penambahan bunyi, baik alami maupun buatan ke dalam suatu lingkungan untuk menutupi bunyi yang tidak diinginkan.

*ANC* cocok digunakan untuk mengendalikan kebisingan pada frekuensi rendah. Pengujian *ANC* telah dilakukan pada sinyal bunyi rute A yang didominasi oleh *traffic noise*. Alasan pemilihan sinyal rute A sebagai sampel uji *ANC* adalah karena rute tersebut memiliki level bunyi yang lebih tinggi dibandingkan rute lainnya. Prinsip kerja dari *ANC* adalah interferensi destruktif, yaitu penggabungan gelombang yang bersifat saling melemahkan. *ANC* dilakukan dengan membangkitkan sinyal bunyi baru yang sama, tetapi fasenya terbalik terhadap sinyal bunyi pertama. Kedua sinyal bunyi tersebut akan bergabung membentuk sinyal bunyi baru dan saling membatalkan satu sama lain akibat interferensi destruktif. *ANC* yang diterapkan pada sinyal bunyi di rute A mampu menurunkan level bunyi asli (*traffic noise*) sebesar  $\pm 20$  dBA. Namun, pada hasil akhir proses tersebut masih terdapat bunyi residual sebagai hasil sampingannya. Langkah lebih lanjut untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan dengan *sound masking* sebagai upaya yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas bunyi dengan metode yang mudah.

*Soundmasking* bertujuan menutupi bunyi, mengganggu pendengar, sehingga perhatian pendengar akan teralihkan pada bunyi yang bertindak sebagai *masker*. Pada penelitian ini, *soundmasking* dilakukan pada *traffic noise* yang mendominasi pada rute A. Pada penelitian ini *soundmasking* dilakukan menggunakan kicauan burung, gemericik air, dan music relaksasi. Adapun karakteristik bunyi tersebut berdasarkan spektrumnya dapat dilihat pada Gambar 4.19. berikut ini.



(a)



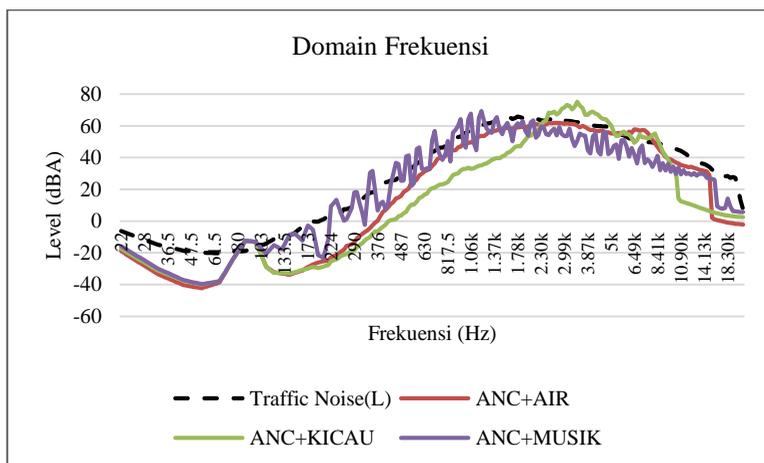
(b)

**Gambar 4. 19** Karakteristik bunyi *mask* terhadap bunyi *traffic noise*  
(a)domain frekuensi (b)domain waktu

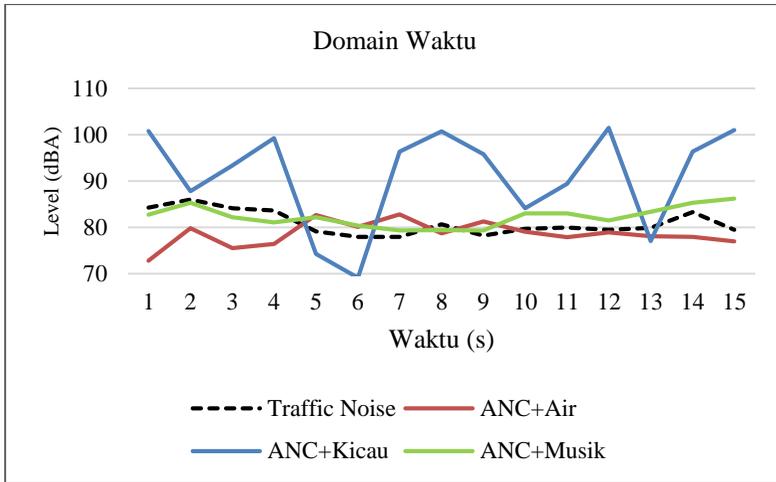
Pada Gambar 4.19, dapat dilihat spektrum frekuensi dari bunyi yang digunakan sebagai *masker* terhadap pada *traffic noise*. Sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya bahwa tujuan dari *sound masking* adalah menutupi bunyi yang tidak diinginkan dengan

mengalihkan fokus pendengaran subjek pada bunyi lain. Adapun bunyi lain tersebut direkomendasikan memiliki level 3 dBA lebih tinggi daripada bunyi yang akan ditutupi. Hal tersebut berkaitan dengan faktor penilaian subjek terhadap perubahan level bunyi, dimana pada perubahan minimal 3 dBA perubahan level bunyi baru bisa dirasakan.

Berdasarkan Gambar 4.19, dapat dilihat bahwa *masking sound* yang dilakukan dengan gemericik air, kicauan burung, dan musik relaksasi belum bisa menutupi *traffic noise* secara keseluruhan. Hal tersebut disebabkan oleh level bunyi yang fluktuatif terhadap frekuensinya. Menindaklanjuti hal tersebut, maka dilakukan sebuah formula gabungan dalam mengoptimalkan pengendalian kebisingan pada *traffic noise*, yaitu *sound masking* dan *ANC*. Metode *ANC* akan membatalkan sinyal *traffic noise*, namun masih timbul bunyi residual dengan level yang lebih rendah. Selanjutnya, bunyi residual tersebut akan ditutupi oleh *sound masking* menggunakan bunyi lain yang telah disebutkan sebelumnya. Dengan demikian, hasil dari pengendalian kebisingan yang dilakukan akan lebih optimal. Hasil rekayasa dari pengendalian bunyi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.20. berikut ini.



(a)



(b)

**Gambar 4. 20** Karakteristik bunyi hasil *masking* dan ANC terhadap bunyi *traffic noise* asli (a)domain frekuensi (b)domain waktu

Pada Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa penetapan *masking* terhadap bunyi *traffic noise* lebih terlihat daripada sebelum dilakukannya ANC pada bunyi tersebut. Metode ANC dapat menurunkan level bunyi dengan residual yang akan ditutupi oleh *masking*. Penurunan level bunyi tersebut dapat menguntungkan proses *sound masking* karena level bunyi *traffic noise* lebih rendah.

#### 4.5 Comparison Test

Upaya perbaikan kualitas *soundscape* diperlukan dalam memenuhi standar mutunya sebagai RTH. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada subbab 4.4, upaya tersebut dilakukan melalui ANC dan *sound masking*. Keberhasilan dari upaya tersebut dapat ditinjau dari secara objektif melalui parameter fisis dan subjektif berdasarkan perspektif responden. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui perspektif responden terhadap perbaikan *soundscape* adalah *comparison test* sebagai uji *psychoacoustic*. *Comparison test* dilakukan dengan

memperdengarkan sepasang bunyi pada responden, kemudian responden diharuskan memilih salah satu dari kedua bunyi tersebut. Jika  $i$  adalah bunyi pertama dan  $j$  adalah bunyi kedua, maka apabila responden memilih bunyi pertama, nilai preferensi bunyi  $Y_{ij}$  bernilai 1 dan preferensi bunyi  $Y_{ji}$  bernilai 0 begitupun sebaliknya. Apabila responden menilai bunyi pertama identik dengan bunyi kedua maka  $Y_{ij}$  sama dengan  $Y_{ji}$  dan bernilai 0.5. Adapun komposisi pemasangan bunyi pada yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

**Tabel 4. 7** Komposisi pemasangan bunyi pada *comparison test*

| <b>Tahap 1<br/>(Bunyi Asli)</b> | <b>Tahap 2<br/>(Masking)</b> | <b>Tahap 3<br/>(Masking+ANC)</b> | <b>Mask</b>              |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| A,B                             | 1,2                          | 1,2                              | (1) : Gericik Air        |
| A,C                             | 1,3                          | 1,3                              | (2) : Kicau Burung       |
| B,D                             | 2,3                          | 2,3                              | (3) : <i>Relax Music</i> |

Pada Tabel 4.7 dijelaskan bahwa, *comparison test* yang dilakukan terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama adalah pengujian terhadap bunyi asli yang terjadi pada rute A, B, dan D. Pada tahap ini, rute C dan E dieliminasi dari *comparison test* karena karakteristik fisis kedua rute tersebut sudah cukup terwakili oleh rute lain. Karakter dari rute C memiliki kemiripan dengan rute A yang didominasi *traffic noise* dan karakter rute E memiliki kemiripan dengan rute D yang didominasi bunyi alam. Tahap kedua adalah pengujian terhadap bunyi pada rute A (*traffic noise*) yang telah ditutupi (*masking*) oleh gemericik air, kicau burung, dan *relax music*. Sedangkan tahap ketiga adalah pengujian terhadap bunyi pada rute A yang diberi perlakuan *ANC* dan *masking noise*. Dari setiap pemasangan bunyi tersebut dapat dilakukan perhitungan distribusi nilai preferensi ( $S_{i(k)}$ ) dengan persamaan,

$$S_{i(k)} = \sqrt{2\pi}(P_{i(k)} - 0.5) \quad i = 1,2,3 \dots\dots\dots(4.1)$$

dimana  $i$  adalah tipe bunyi yang diujikan dan  $k$  adalah nomor responden yang memberikan penilaian. Maka probabilitas nilai yang diberikan responden ( $P_{i(k)}$ ) dapat dihitung dengan persamaan,

$$P_{i(k)} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M Y_{ij(k)} \quad i, j = 1, 2, 3 \dots \dots \dots (4.2)$$

dimana  $M$  adalah jumlah bunyi yang diujikan pada setiap responden. Berdasarkan persamaan 4.1. dan 4.2, maka dapat dilakukan contoh perhitungan *comparison test* pada Tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4. 8** Contoh perhitungan pada *comparison test*

| Rute |   | j   |     |     | Skor |
|------|---|-----|-----|-----|------|
|      |   | A   | B   | D   |      |
| i    | A | 0.5 | 0   | 0   | -0.8 |
|      | B | 1   | 0.5 | 1   | 0.8  |
|      | D | 1   | 0   | 0.5 | 0.0  |

Berdasarkan Tabel 4.8, skor tertinggi pada penilaian bunyi asli dimiliki oleh sinyal bunyi yang terdapat pada rute B. Sebagaimana tabel contoh diatas dapat disimpulkan bahwa, bunyi pada rute B paling disukai oleh responden. Dengan cara perhitungan yang sama, maka hasil *comparasi test* terhadap bunyi hasil rekayasa yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.9. berikut ini.

**Tabel 4. 9** Hasil skor *comparison test*

| Sinyal Asli |       | Sinyal Rekayasa        |         |              |
|-------------|-------|------------------------|---------|--------------|
| Rute        | Skor  | Mask                   | Masking | Masking +ANC |
| A           | -0.75 | Gemicik Air (1)        | -0.61   | -0.22        |
| B           | 1.67  | Kicau Burung (2)       | 4.44    | 2.78         |
| D           | 5.83  | <i>Relax Music</i> (3) | 1.67    | -0.56        |

Berdasarkan Tabel 4.9, *comparison test* yang telah dilakukan pada 30 responden menunjukkan jenis bunyi asli yang paling disukai responden yang dilihat dari skor adalah rute D. Sebagaimana yang tercantum pada Tabel 4.4, rute ini merupakan anggota *cluster* 3 dengan karakteristik yang didominasi oleh bunyi alam (*natural sound*), yaitu angin dan kicauan burung. Pada pengujian bunyi hasil rekayasa, skor tertinggi dimiliki oleh jenis *mask* kicauan burung. Sehingga *traffic noise* yang direkayasa dengan kicau burung dianggap responden sebagai komposisi bunyi yang paling nyaman, baik sebelum dan sesudah dilakukan *ANC*. Preferensi terhadap hasil rekayasa bunyi tersebut dapat dideskripsikan secara kuantitatif melalui beberapa parameter fisis pada Tabel 4.10. berikut ini.

**Tabel 4. 10** Karakteristik bunyi rekayasa berdasarkan parameter fisis

| <i>Masking</i>      | $\tau_I(s)$ | $\Phi_I(\tau)$ | $D_R(dB)$ |
|---------------------|-------------|----------------|-----------|
| Air (1)             | 5.33        | 0.59           | 11.96     |
| Kicau Burung (2)    | 4.10        | 0.69           | 23.25     |
| Musik Relaksasi (3) | 0.73        | 0.50           | 8.18      |
| <i>Masking+ANC</i>  | $\tau_I(s)$ | $\Phi_I(\tau)$ | $D_R(dB)$ |
| Air (1)             | 1.90        | 0.04           | 10        |
| Kicau Burung (2)    | 0.73        | 0.03           | 32.35     |
| Musik (3)           | 6.05        | 0.51           | 6.86      |

Berdasarkan Tabel 4.10, hasil perbaikan kualitas bunyi RTH diidentifikasi dengan beberapa parameter. Semakin tinggi nilai  $\Phi(\tau)$ , *pitch* semakin kuat dan semakin tinggi  $\tau$ , *pitch* semakin rendah. Sementara  $D_R$  menunjukkan aspek dinamika pada bunyi yang terjadi. Kicau burung memiliki dinamika bunyi  $D_R$  paling tinggi diantara dua bunyi lainnya. Timbulnya dinamika yang cukup tinggi membuat subjek dapat merasakan perubahan level bunyi dengan sangat jelas. Selain itu, jika ditinjau dari parameter  $\tau_1$  hasil perbaikan bunyi dengan *ANC* dan kicauan burung memiliki *pitch* yang lebih tinggi daripada bunyi lainnya. Bunyi tersebut cenderung lebih disukai karena telinga manusia lebih sensitif dengan *pitch* yang tinggi dan hal ini juga berlaku untuk bunyi lainnya.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.3 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. *Soundscape* di Hutan Joyoboyo dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yang memiliki karakter berdasarkan dominansi bunyinya. Kelompok-kelompok tersebut terdiri dari kelompok dominansi bunyi lalu lintas, bunyi alam, dan bunyi manusia.
  - a) Dominansi bunyi lalu lintas terjadi di rute A yang diukur di sesi I, sesi II, dan sesi III.
  - b) Dominansi bunyi manusia dan alam terjadi di rute B di sesi I, sesi II, dan sesi III serta rute D di sesi II dan sesi III.
  - c) Dominansi bunyi manusia terjadi di rute D yang diukur di sesi I.
  - d) Lingkungan akustik yang paling disukai responden adalah rute D dengan skor 5.83, sedangkan skor rute A dan B berturut-turut adalah -0.75 dan 1.67.
  - e) Upaya perbaikan kualitas berdasarkan mutu standar RTH yang paling disukai responden adalah *sound masking* dan *ANC* dengan kicauan burung dengan skor berturut-turut 4.44 dan 2.78.
2. Hasil identifikasi *soundscape* pada Rute D menunjukkan dominansi bunyi alam (angin dan kicauan burung) yang dinyatakan dengan nilai  $L_{eq}=57.24$  dBA,  $L_{10}=59.13$  dBA,  $L_{93}=54.52$  dBA,  $L_{max}=63.41$  dBA,  $\tau_1=2.97$  s, dan  $\Phi_1=0.3$   $D_R=9.6$ . Identifikasi menggunakan spektogram juga menunjukkan adanya dominansi bunyi angin dan kicauan burung pada rute ini. Demikian pula pada rute lain juga dilakukan identifikasi yang sama. Sedangkan, berdasarkan hasil identifikasi pada *traffic noise* yang diberi perlakuan *ANC* dan *sound masking* dengan kicauan burung diperoleh nilai  $D_R= 32.35$  dBA,  $\tau_1=0.73$  s, dan  $\Phi_1=0.03$ .

#### **5.4 Saran**

Pemenuhan mutu standar RTH (ruang terbuka hijau) di Hutan Joyoboyo dapat dilakukan dengan mengurangi kebisingan, terutama kebisingan lalu lintas. Selain itu, juga diperlukan penambahan elemen yang dapat menciptakan nuansa alam, seperti air mancur dan kicauan burung. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan eksistensi dan fungsi RTH dalam aspek estetika maupun aspek sosial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aedi, N., 2010. *Instrumen Penelitian dan Pengumpulan Data*. Bandung: Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ando, Y., 1998. *Architectural Acoustics: Blending Sound Source, Sound Fields, and Listener*. New York: Springer.
- Bahali, S. & Bayazit, N. T., 2014. *A Soundscape Research on the Route Gezi Park–Tunel Square*. Melbourne, Inter Noise.
- BAPPENAS, 2013. *Proyeksi Penduduk Indonesia*, Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Bennet & Brigitte, 2016. *The Soundscape Standart*, Hamburg: INTER-NOISE.
- Breysse, P. N. & Less, P. S., 2006. *Noise*. New York: John Hopkin's University.
- Brown, A. & Muhar, A., 2004. An Approach to the Acoustic Design of Outdoor Space. *Environmental Planning and Management*, XLVII(6), pp. 827-842.
- BSI, 2014. *ISO 12913-1: Definition and Conceptual Framework*. United Kingdom: BSI Standards Limited.
- Budel, J., 2016. *Creative Response to Soundscape Ecology : Innovative Framework and Case Study*. Brisbane, ACMC.
- Cai, J., Liu, J., Yu, N. & Liu, B., 2019. Effect of water sound masking on perception of the industrial. *Applied Acoustic*, Issue 150, pp. 307-312.
- Chanaud, R., 2008. *Sound Masking Done Right: Simple Solution for Complex Problem*. 1 ed. United States of America: Atlas Sound.
- Deng, Z., Liu, A. & Kang, J., 2015. Linear Multivariate Evaluation Models for Spatial Perception. *Acoustical Society of America*, pp. 2860-2870.

Fadliana, A., 2015. *Penerapan Metode Agglomerative Hierarchical Cluster Analysis untuk Klasifikasi Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Kualitas Pelayanan KB*. Malang: Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim.

Frick, H. & Mulyani, T. H., 2006. *Arsitektur Ekologis*. 2 ed. Semarang: Kanisius.

Hopp, S. L., Owen, M. J. & Evans, C. S., 1998. *Animals Acoustics Communication*. Verlag Berlin Heidenberg: Springer.

ISO, 2003. *1996-1 Acoustics-Description, Measurement, and Assesment of Environmental Noise: Basic Quantities and Assesment Procedure*. Switzerland: International Standard Organization.

ISO, 2018. *12913-2 Acoustic-Soundscape: Data Collection and Reporting Requirement*. Switzerland: Internatonal Organization for Standardization.

Jennings, P. & R.Cain, 2013. A framework for improving urban soundscapes. *Applied Sound*, Issue 74, pp. 293-299.

Jeon, J. Y. & Hong, J. Y., 2015. Classification of Urban Park Soundscape through Perception of the Acoustical Environment. *Landscape and Urban Planning*, Volume 141, pp. 100-111.

Kasnodiharjo, 1993. *Langkah-langkah Menyusun Kuisisioner*, Jakarta: Media Litbangkes.

Khambali, 2017. *Model Perencanaan Vegetasi Hutan Kota*. Erang Risanto ed. Yogyakarta: ANDI.

Kogan, P. et al., 2018. A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. *Science of the Total Environment*, Volume 642, pp. 463-472.

- Kusuma, S. W., 2018. *Mengatasi Permasalahan Keterbatasan Lahan Perumahan Permukiman di DKI Jakarta*, Jakarta: Kompasiana.
- Lamancusa, J., 2009. *Noise Control*. Pennsylvania: Penn State Mechanical Engineering.
- Maekawa, Z. & P.Lord, 1992. *Environmental and Architectural Acoustics*. Osaka: E and FN SPON.
- Puspagarini, D. A., 2018. *Studi Soundscape di Taman Kearifan UGM*. Yogyakarta: Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik UGM.
- Rahmawati, L., Abadyo & Trianingsih, 2013. *Analisis Kelompok Dengan Menggunakan Metode Hierarki untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasar Indikator Kesehatan*. Malang, Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Rovira, G. d. I. T., 2017. *Active Noise Cancellation*. Barcelona: Universitat Politecnica De Catalunya.
- Sibarani, R. A., 2018. *Identifikasi Sinyal Suara Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT) Berbasis Matlab*. Medan: Departemen Fisika FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Snyder, S. D., 2000. *Active Noise Control Primer*. New York: Springer.
- Soeta, Y. & Shimokura, R., 2017. Sound Quality Evaluation Of Air-Conditioner Based Of Factor On The Autocorrelation Function. *Applied Acoustic*, Issue 124, pp. 11-19.
- Swain, A., 2014. *Active Noise Control: Basic Understanding*. Odisha, Institute of Minerals and Materials Technology.
- Tanoni, C. F. et al., 2018. Upaya Pemetaan Soundscape bersama Disabilitas Netra untuk Taman Kota yang Aman dan Aksesibel di Surabaya. *Indonesian Architect Convention*, pp. 289-295.

Timang, R. P., Danes, V. R. & Lintong, F., 2016. Hubungan Kebisingan Terhadap Fungsi Pendengaran Pekerja Mesin. *E-Biomedik*, 4(1), pp. 1-5.

Tohyama, M., Suzuki, H. & Ando, Y., 1995. *The Nature and Technology of Acoustic Space*. San Diego: Academic Press.

Widyatama, A., Hidayatno, A. & Zahra, A. A., 2010. *Peningkatan Kualitas Sinyal Suara Menggunakan Pemodelan Mikrofon dengan Metode Konvolusi dan Dekonvolusi*. Semarang, Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

## LAMPIRAN 1

### Kuisisioner *Soundscape* Ruang Terbuka Hijau

1. Jenis Kelamin :
2. Usia :
3. Apakah anda pernah mengunjungi tempat ini?
4. Berapa kali mengunjungi tempat ini?
5. Apakah anda pernah mengunjungi taman lain?
6. Baimana pendengaran anda tentang lokasi ini? (Berikan penilaian dengan mencentang pada rentang 1-5)
  - Menyegarkan  
 1       2       3       4       5
  - Nyaman  
 1       2       3       4       5
  - Ramai  
 1       2       3       4       5
  - Hiruk Pikuk  
 1       2       3       4       5
7. Bagaimana pendapat visual anda tentang lokasi ini?
  - Bersih  
 1       2       3       4       5
  - Terang  
 1       2       3       4       5
  - Terbuka  
 1       2       3       4       5
  - Penuh  
 1       2       3       4       5
8. Secara umum, apa yang terdengar di telinga anda?

- Suara lalu lintas

1       2       3       4       5

- Suara alam

1       2       3       4       5

- Suara manusia

1       2       3       4       5

9. Saran tentang kondisi yang anda butuhkan disini.

-

-

**LAMPIRAN 2**  
**Hasil Kuisisioner *Soundscape***

**Tabel L2. 1** Penilaian responden terhadap lingkungan akustik di Rute A

| <b>Responden ke-</b> | <b>Menyegarkan</b> | <b>Nyaman</b> | <b>Ramai</b> | <b>Hiruk Pikuk</b> | <b>Suara alam</b> | <b>Suara Manusia</b> | <b>Suara Lalu lintas?</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|--------------|
| 1                    | 2                  | 2             | 4            | 4                  | 1                 | 2                    | 5                         | 20           |
| 2                    | 2                  | 2             | 5            | 5                  | 2                 | 2                    | 5                         | 23           |
| 3                    | 2                  | 3             | 5            | 5                  | 1                 | 1                    | 5                         | 22           |
| 4                    | 2                  | 2             | 4            | 5                  | 1                 | 1                    | 5                         | 20           |
| 5                    | 4                  | 3             | 4            | 5                  | 2                 | 2                    | 5                         | 25           |
| 6                    | 3                  | 3             | 5            | 5                  | 3                 | 1                    | 4                         | 24           |
| 7                    | 2                  | 3             | 4            | 4                  | 2                 | 4                    | 5                         | 24           |
| 8                    | 1                  | 1             | 4            | 4                  | 3                 | 2                    | 5                         | 20           |
| 9                    | 3                  | 2             | 5            | 5                  | 3                 | 4                    | 5                         | 27           |
| 10                   | 3                  | 3             | 3            | 2                  | 4                 | 2                    | 2                         | 19           |
| 11                   | 2                  | 3             | 4            | 4                  | 2                 | 3                    | 5                         | 23           |
| 12                   | 1                  | 1             | 5            | 5                  | 1                 | 2                    | 5                         | 20           |
| 13                   | 3                  | 3             | 5            | 5                  | 1                 | 3                    | 5                         | 25           |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 14 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 20 |
| 15 | 1 | 4 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 22 |
| 16 | 2 | 1 | 5 | 5 | 1 | 2 | 5 | 21 |
| 17 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 2 | 5 | 19 |
| 18 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 21 |
| 19 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 20 |
| 20 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 3 | 5 | 21 |
| 21 | 1 | 1 | 4 | 5 | 2 | 3 | 5 | 21 |
| 22 | 4 | 3 | 4 | 4 | 2 | 3 | 5 | 25 |
| 23 | 4 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 4 | 24 |
| 24 | 4 | 3 | 4 | 5 | 1 | 4 | 5 | 26 |
| 25 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | 3 | 5 | 23 |
| 26 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 4 | 5 | 19 |
| 27 | 2 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 20 |
| 28 | 2 | 2 | 5 | 4 | 1 | 2 | 5 | 21 |
| 29 | 2 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 4 | 19 |
| 30 | 2 | 3 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 22 |
| 31 | 1 | 1 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 19 |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 32 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 23 |
| 33 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 5 | 21 |
| 34 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 24 |
| 35 | 2 | 3 | 5 | 4 | 1 | 5 | 1 | 21 |

**Tabel L2. 2** Penilaian *soundscape* Rute B

| <b>Responden ke-</b> | <b>Menyegarkan</b> | <b>Nyaman</b> | <b>Ramai</b> | <b>Hiruk Pikuk</b> | <b>Suara alam</b> | <b>Suara manusia</b> | <b>Suara lalu lintas</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| 1                    | 3                  | 3             | 3            | 2                  | 3                 | 3                    | 3                        | 20           |
| 2                    | 4                  | 4             | 3            | 2                  | 5                 | 3                    | 2                        | 23           |
| 3                    | 4                  | 4             | 3            | 2                  | 4                 | 4                    | 3                        | 24           |
| 4                    | 4                  | 4             | 2            | 2                  | 5                 | 2                    | 2                        | 21           |
| 5                    | 4                  | 5             | 2            | 2                  | 4                 | 3                    | 1                        | 21           |
| 6                    | 4                  | 4             | 3            | 3                  | 5                 | 4                    | 1                        | 24           |
| 7                    | 4                  | 4             | 4            | 4                  | 3                 | 4                    | 4                        | 27           |
| 8                    | 2                  | 3             | 3            | 3                  | 3                 | 3                    | 3                        | 20           |
| 9                    | 5                  | 4             | 3            | 4                  | 5                 | 4                    | 3                        | 28           |
| 10                   | 4                  | 3             | 3            | 2                  | 4                 | 3                    | 2                        | 21           |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 11 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 21 |
| 12 | 5 | 5 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | 27 |
| 13 | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 4 | 20 |
| 14 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 25 |
| 15 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 26 |
| 16 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 22 |
| 17 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 21 |
| 18 | 3 | 4 | 4 | 2 | 5 | 4 | 2 | 24 |
| 19 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 17 |
| 20 | 4 | 4 | 3 | 2 | 5 | 3 | 1 | 22 |
| 21 | 4 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 4 | 26 |
| 22 | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 3 | 1 | 21 |
| 23 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 24 |
| 24 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 24 |
| 25 | 5 | 5 | 4 | 2 | 5 | 3 | 3 | 27 |
| 26 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 18 |
| 27 | 3 | 5 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 17 |
| 28 | 2 | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | 20 |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 29 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 18 |
| 30 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 2 | 5 | 30 |
| 31 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 20 |
| 32 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 23 |
| 33 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 24 |
| 34 | 5 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 20 |
| 35 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 1 | 23 |

**Tabel L2. 3** Penilaian *soundscape* Rute D

| <b>Responden ke-</b> | <b>Menyegarkan</b> | <b>Nyaman</b> | <b>Ramai</b> | <b>Hiruk Pikuk</b> | <b>Suara alam</b> | <b>Suara manusia</b> | <b>Suara lalu lintas</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|--------------------|---------------|--------------|--------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| 1                    | 1                  | 2             | 4            | 4                  | 2                 | 5                    | 1                        | 19           |
| 2                    | 3                  | 4             | 2            | 4                  | 4                 | 4                    | 1                        | 22           |
| 3                    | 5                  | 4             | 4            | 3                  | 2                 | 5                    | 2                        | 25           |
| 4                    | 3                  | 3             | 3            | 3                  | 3                 | 4                    | 1                        | 20           |
| 5                    | 4                  | 4             | 3            | 3                  | 4                 | 4                    | 1                        | 23           |
| 6                    | 5                  | 5             | 5            | 2                  | 1                 | 5                    | 1                        | 24           |
| 7                    | 3                  | 3             | 4            | 4                  | 3                 | 5                    | 1                        | 23           |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 8  | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 20 |
| 9  | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 5 | 3 | 24 |
| 10 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 | 23 |
| 11 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 22 |
| 12 | 5 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 1 | 28 |
| 13 | 4 | 5 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 27 |
| 14 | 4 | 4 | 5 | 4 | 2 | 5 | 3 | 27 |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 1 | 29 |
| 16 | 2 | 2 | 5 | 5 | 1 | 5 | 1 | 21 |
| 17 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 5 | 1 | 22 |
| 18 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 1 | 21 |
| 19 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 18 |
| 20 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 5 | 1 | 22 |
| 21 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 | 2 | 25 |
| 22 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 | 5 | 1 | 23 |
| 23 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 2 | 24 |
| 24 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 4 | 26 |
| 25 | 3 | 3 | 5 | 5 | 1 | 5 | 2 | 24 |

|    |   |   |   |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 26 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 20 |
| 27 | 1 | 1 | 5 | 4 | 3 | 4 | 1 | 19 |
| 28 | 2 | 2 | 5 | 4 | 1 | 3 | 2 | 19 |
| 29 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 22 |
| 30 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 3 | 28 |
| 31 | 2 | 1 | 5 | 5 | 2 | 5 | 1 | 21 |
| 32 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 19 |
| 33 | 3 | 1 | 5 | 3 | 1 | 5 | 1 | 19 |
| 34 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 22 |
| 35 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 1 | 27 |

**Tabel L2. 4** Penilaian visual *soundscape* Rute A

| <b>Responden ke-</b> | <b>Terang</b> | <b>Terbuka</b> | <b>Bersih</b> | <b>Penuh</b> | <b>Total</b> |
|----------------------|---------------|----------------|---------------|--------------|--------------|
| 1                    | 5             | 5              | 4             | 3            | 17           |
| 2                    | 5             | 5              | 4             | 3            | 17           |
| 3                    | 3             | 4              | 4             | 4            | 15           |
| 4                    | 3             | 4              | 3             | 3            | 13           |
| 5                    | 4             | 5              | 5             | 3            | 17           |
| 6                    | 5             | 5              | 5             | 4            | 19           |
| 7                    | 3             | 5              | 4             | 4            | 16           |
| 8                    | 4             | 5              | 3             | 3            | 15           |
| 9                    | 4             | 5              | 4             | 3            | 16           |
| 10                   | 4             | 3              | 4             | 3            | 14           |
| 11                   | 3             | 4              | 4             | 4            | 15           |
| 12                   | 5             | 5              | 3             | 3            | 16           |
| 13                   | 5             | 4              | 4             | 2            | 15           |
| 14                   | 5             | 5              | 3             | 2            | 15           |
| 15                   | 4             | 5              | 5             | 5            | 19           |
| 16                   | 5             | 4              | 3             | 3            | 15           |
| 17                   | 5             | 5              | 5             | 2            | 17           |
| 18                   | 3             | 5              | 4             | 3            | 15           |
| 19                   | 3             | 4              | 3             | 3            | 13           |
| 20                   | 4             | 4              | 5             | 3            | 16           |
| 21                   | 2             | 5              | 2             | 3            | 12           |
| 22                   | 4             | 4              | 4             | 3            | 15           |
| 23                   | 5             | 4              | 5             | 5            | 19           |
| 24                   | 3             | 4              | 4             | 3            | 14           |
| 25                   | 5             | 5              | 5             | 5            | 20           |
| 26                   | 4             | 4              | 4             | 3            | 15           |
| 27                   | 5             | 5              | 5             | 4            | 19           |
| 28                   | 5             | 5              | 4             | 4            | 18           |

|    |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|----|
| 29 | 4 | 4 | 3 | 2 | 13 |
| 30 | 5 | 5 | 5 | 3 | 18 |
| 31 | 5 | 5 | 5 | 3 | 18 |
| 32 | 3 | 5 | 4 | 4 | 16 |
| 33 | 3 | 4 | 5 | 3 | 15 |
| 34 | 5 | 5 | 5 | 2 | 17 |
| 35 | 4 | 4 | 4 | 3 | 15 |

**Tabel L2. 5** Penilaian visual *soundscape* Rute B

| Responden ke- | Terang | Terbuka | Bersih | Penuh | Total |
|---------------|--------|---------|--------|-------|-------|
| 1             | 4      | 4       | 4      | 3     | 15    |
| 2             | 4      | 4       | 4      | 3     | 15    |
| 3             | 4      | 4       | 4      | 4     | 16    |
| 4             | 2      | 2       | 2      | 2     | 8     |
| 5             | 4      | 5       | 5      | 2     | 16    |
| 6             | 3      | 4       | 4      | 1     | 12    |
| 7             | 3      | 2       | 4      | 3     | 12    |
| 8             | 4      | 4       | 4      | 2     | 14    |
| 9             | 5      | 4       | 4      | 4     | 17    |
| 10            | 4      | 3       | 3      | 2     | 12    |
| 11            | 4      | 3       | 4      | 3     | 14    |
| 12            | 5      | 5       | 4      | 2     | 16    |
| 13            | 4      | 3       | 4      | 2     | 13    |
| 14            | 5      | 5       | 3      | 3     | 16    |
| 15            | 4      | 5       | 5      | 3     | 17    |
| 16            | 3      | 4       | 3      | 2     | 12    |
| 17            | 5      | 5       | 5      | 2     | 17    |
| 18            | 2      | 4       | 4      | 2     | 12    |
| 19            | 3      | 3       | 4      | 2     | 12    |
| 20            | 4      | 3       | 4      | 2     | 13    |

|    |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|----|
| 21 | 3 | 4 | 4 | 1 | 12 |
| 22 | 3 | 4 | 3 | 2 | 12 |
| 23 | 4 | 4 | 5 | 4 | 17 |
| 24 | 3 | 4 | 4 | 3 | 14 |
| 25 | 5 | 5 | 5 | 4 | 19 |
| 26 | 4 | 4 | 4 | 3 | 15 |
| 27 | 5 | 5 | 5 | 2 | 17 |
| 28 | 5 | 4 | 4 | 3 | 16 |
| 29 | 4 | 3 | 3 | 2 | 12 |
| 30 | 4 | 5 | 4 | 3 | 16 |
| 31 | 5 | 5 | 5 | 4 | 19 |
| 32 | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 |
| 33 | 3 | 4 | 5 | 2 | 14 |
| 34 | 5 | 4 | 5 | 2 | 16 |
| 35 | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |

**Tabel L2. 6** Penilaian visual *soundscape* Rute D

| Responden ke- | Terang | Terbuka | Bersih | Penuh | Total |
|---------------|--------|---------|--------|-------|-------|
| 1             | 4      | 4       | 3      | 3     | 14    |
| 2             | 4      | 5       | 4      | 3     | 16    |
| 3             | 5      | 4       | 4      | 3     | 16    |
| 4             | 3      | 3       | 3      | 2     | 11    |
| 5             | 4      | 4       | 3      | 3     | 14    |
| 6             | 4      | 4       | 4      | 1     | 13    |
| 7             | 4      | 4       | 3      | 4     | 15    |
| 8             | 4      | 4       | 4      | 2     | 14    |
| 9             | 4      | 4       | 4      | 4     | 16    |
| 10            | 4      | 5       | 4      | 3     | 16    |
| 11            | 4      | 4       | 4      | 3     | 15    |
| 12            | 5      | 5       | 3      | 4     | 17    |

|    |   |   |   |   |    |
|----|---|---|---|---|----|
| 13 | 4 | 4 | 3 | 2 | 13 |
| 14 | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| 15 | 4 | 5 | 5 | 4 | 18 |
| 16 | 4 | 4 | 2 | 2 | 12 |
| 17 | 5 | 5 | 3 | 4 | 17 |
| 18 | 4 | 3 | 4 | 4 | 15 |
| 19 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 20 | 4 | 4 | 3 | 3 | 14 |
| 21 | 3 | 4 | 5 | 3 | 15 |
| 22 | 4 | 4 | 3 | 4 | 15 |
| 23 | 5 | 4 | 3 | 4 | 16 |
| 24 | 4 | 3 | 4 | 2 | 13 |
| 25 | 5 | 5 | 4 | 4 | 18 |
| 26 | 5 | 3 | 3 | 3 | 14 |
| 27 | 1 | 5 | 5 | 1 | 12 |
| 28 | 4 | 5 | 4 | 2 | 15 |
| 29 | 4 | 4 | 4 | 3 | 15 |
| 30 | 5 | 5 | 5 | 3 | 18 |
| 31 | 5 | 5 | 5 | 5 | 20 |
| 32 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 |
| 33 | 4 | 4 | 5 | 4 | 17 |
| 34 | 5 | 5 | 4 | 2 | 16 |
| 35 | 5 | 4 | 4 | 2 | 15 |

### LAMPIRAN 3

#### Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi I

**Tabel L3. 1** Pengukuran di rute A

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 72.5     | 82.5  | 82.1      | 66.9      | 73.9     | 67.6     |
| 2                   | 73.9     | 83.9  | 78.7      | 69.8      | 75.6     | 70.8     |
| 3                   | 73.1     | 83.1  | 77.7      | 68.9      | 76.5     | 69.5     |
| 4                   | 73.1     | 83.1  | 77.7      | 68.9      | 76.5     | 69.5     |
| 5                   | 73.1     | 83.1  | 77.7      | 68.9      | 76.5     | 69.5     |
| 6                   | 66.5     | 76.5  | 70.1      | 63.4      | 69.1     | 63.8     |
| 7                   | 64.6     | 74.6  | 69        | 62.8      | 65.9     | 63.2     |
| 8                   | 64.1     | 74.1  | 65.6      | 63.2      | 64.7     | 63.6     |
| 9                   | 66.9     | 76.9  | 72        | 63.3      | 70.4     | 64.6     |
| 10                  | 71.1     | 81.1  | 73.9      | 66.2      | 73.3     | 67.8     |
| 11                  | 66.1     | 76.1  | 70.5      | 62.5      | 69       | 63.3     |
| 12                  | 60.7     | 70.7  | 70.8      | 56.9      | 63.6     | 57.2     |
| 13                  | 60.1     | 70.1  | 63.4      | 57.4      | 62.2     | 57.7     |
| 14                  | 63.5     | 73.5  | 66.2      | 59.5      | 65.1     | 61.9     |
| 15                  | 66.5     | 76.5  | 69.5      | 63.9      | 67.6     | 65       |
| 16                  | 67.2     | 77.2  | 77.8      | 65.3      | 67.6     | 65.5     |
| 17                  | 64.2     | 74.2  | 69.2      | 59.6      | 66.2     | 61       |

**Tabel L3. 2** Pengukuran di rute B

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 60.5     | 70.5  | 68.1      | 55        | 63.3     | 55.7     |
| 2                   | 59.4     | 69.4  | 63.8      | 56        | 61.8     | 56.8     |
| 3                   | 58.8     | 68.8  | 67.1      | 56        | 59.9     | 56.7     |
| 4                   | 64.1     | 74.1  | 70.3      | 59.2      | 66.7     | 60       |
| 5                   | 65.2     | 75.2  | 69.7      | 59.7      | 68.3     | 60.7     |
| 6                   | 66.9     | 76.9  | 70.2      | 62.6      | 69.1     | 64.2     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 7  | 64   | 74   | 67.4 | 59.2 | 66.1 | 60.6 |
| 8  | 59.8 | 69.8 | 64.5 | 57   | 62.3 | 57.8 |
| 9  | 57.2 | 67.2 | 61.3 | 54.4 | 59.2 | 55.3 |
| 10 | 58.2 | 68.2 | 62.1 | 55.1 | 59.9 | 55.7 |
| 11 | 58.5 | 68.5 | 65.4 | 52.8 | 61.2 | 54.1 |

**Tabel L3. 3** Pengukuran di rute C

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 63       | 73    | 68.6      | 59.1      | 65.3     | 59.8     |
| 2                   | 64.5     | 74.5  | 69.5      | 58.6      | 66.5     | 60.2     |
| 3                   | 62.9     | 72.9  | 65.9      | 58.2      | 64.7     | 60       |
| 4                   | 61.7     | 71.7  | 71.8      | 59.3      | 62.4     | 59.9     |
| 5                   | 63.3     | 73.3  | 66.4      | 61.4      | 64.8     | 61.9     |
| 6                   | 62.3     | 72.3  | 63.9      | 61        | 63.2     | 61.6     |
| 7                   | 61.2     | 71.2  | 63.1      | 59.4      | 62.4     | 59.7     |
| 8                   | 64.5     | 74.5  | 66.3      | 63.8      | 65       | 64       |
| 9                   | 62.9     | 72.9  | 65.2      | 61.5      | 64.1     | 61.8     |
| 10                  | 62.9     | 72.9  | 65.2      | 61.5      | 64.1     | 61.8     |
| 11                  | 63.4     | 73.4  | 68.5      | 59.8      | 66.1     | 60.8     |

**Tabel L3. 4** Pengukuran di rute D

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 57.8     | 67.8  | 64.6      | 53.7      | 60.3     | 55.1     |
| 2                   | 60.4     | 70.4  | 67        | 53        | 63.6     | 53.4     |
| 3                   | 60.2     | 70.2  | 69.6      | 54.9      | 61.6     | 55.6     |
| 4                   | 63.2     | 73.2  | 73.2      | 54.2      | 67       | 55.7     |
| 5                   | 57.7     | 67.7  | 63.5      | 53.7      | 60.8     | 55       |
| 6                   | 58.8     | 68.8  | 62.3      | 54.7      | 61.4     | 56.1     |
| 7                   | 57.9     | 67.9  | 62        | 55.1      | 59.3     | 55.7     |
| 8                   | 61.8     | 71.8  | 68.7      | 55        | 65.5     | 55.6     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 9  | 61.3 | 71.3 | 69.8 | 56.8 | 63.8 | 57.1 |
| 10 | 63.5 | 73.5 | 71.7 | 56.6 | 67.2 | 57.4 |
| 11 | 60.1 | 70.1 | 63.9 | 58   | 61.6 | 58.4 |
| 12 | 58.7 | 68.7 | 61.9 | 56.9 | 60.1 | 57.3 |
| 13 | 60.7 | 70.7 | 64.2 | 58.7 | 63.1 | 59.1 |
| 14 | 62   | 72   | 66.6 | 57.7 | 64   | 58.4 |
| 15 | 64.1 | 74.1 | 69   | 59.5 | 66.3 | 60.2 |
| 16 | 64.7 | 74.7 | 71.3 | 57.7 | 68.5 | 58.2 |
| 17 | 60.3 | 70.3 | 63.5 | 57.4 | 62   | 58.5 |
| 18 | 64.9 | 74.9 | 70.8 | 58.1 | 68   | 58.6 |

**Tabel L3. 5** Pengukuran di rute E

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 61.8     | 71.8  | 68.4      | 57        | 63.9     | 58.3     |
| 2                   | 58.5     | 68.5  | 61.9      | 55.6      | 60.3     | 56.2     |
| 3                   | 58.5     | 68.5  | 63.3      | 55        | 60.7     | 56.1     |
| 4                   | 60.1     | 70.1  | 64        | 57.1      | 62.3     | 58       |
| 5                   | 57.6     | 67.6  | 63.8      | 54.8      | 59.9     | 55.1     |
| 6                   | 57.9     | 67.9  | 62        | 55.6      | 59.3     | 56.1     |
| 7                   | 59.7     | 69.7  | 67.6      | 56.3      | 61.6     | 56.9     |
| 8                   | 55.8     | 65.8  | 61.7      | 52.8      | 57.9     | 53.5     |
| 9                   | 55.3     | 65.3  | 64.4      | 51        | 58.3     | 51.7     |
| 10                  | 55.4     | 65.4  | 59.6      | 50.6      | 58.1     | 51.9     |
| 11                  | 54.3     | 64.3  | 60.1      | 50        | 56.4     | 51.2     |
| 12                  | 59.6     | 69.6  | 65        | 55        | 62       | 56.9     |
| 13                  | 57.8     | 67.8  | 68.1      | 52.9      | 60.1     | 53.7     |
| 14                  | 54.7     | 64.7  | 58.1      | 52.4      | 56.4     | 52.8     |
| 15                  | 52.9     | 62.9  | 56.8      | 50.3      | 54.6     | 51.1     |
| 16                  | 54.8     | 64.8  | 58.6      | 51.4      | 56.7     | 52.3     |

## LAMPIRAN 4

### Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi II

**Tabel L4. 1** Pengukuran di rute A

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 65.2     | 75.2  | 70.5      | 62.9      | 66.9     | 63.3     |
| 2                   | 71.6     | 81.6  | 76.6      | 67.1      | 75.3     | 67.6     |
| 3                   | 68.1     | 78.1  | 73.2      | 61.7      | 70.6     | 62.6     |
| 4                   | 66.1     | 76.1  | 68.9      | 62.4      | 68       | 63       |
| 5                   | 66.1     | 76.1  | 69        | 63.7      | 67.8     | 64.1     |
| 6                   | 62.8     | 72.8  | 68.8      | 61.5      | 63.2     | 61.8     |
| 7                   | 60.7     | 70.7  | 62.3      | 59.7      | 61.4     | 59.9     |
| 8                   | 60.6     | 70.6  | 64.6      | 58.8      | 61.4     | 59       |
| 9                   | 61.4     | 71.4  | 67        | 59.4      | 62.7     | 59.7     |
| 10                  | 60.7     | 70.7  | 63        | 59        | 61.4     | 59.8     |
| 11                  | 58.6     | 68.6  | 61.5      | 56.2      | 59.7     | 57       |
| 12                  | 56.5     | 66.5  | 60.5      | 54.5      | 57.5     | 55.3     |
| 13                  | 60.3     | 70.3  | 66.6      | 55.4      | 64.5     | 56       |
| 14                  | 58.6     | 68.6  | 64.4      | 56.8      | 59.2     | 57.2     |
| 15                  | 60.3     | 70.3  | 63.6      | 58.2      | 62       | 58.5     |
| 16                  | 61.8     | 71.8  | 64.3      | 60.7      | 62.5     | 60.9     |
| 17                  | 52.6     | 62.6  | 62.5      | 50.5      | 54       | 51.1     |

**Tabel L4. 2** Pengukuran di rute B

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 53.3     | 63.3  | 58.2      | 51        | 55       | 51.6     |
| 2                   | 53.6     | 63.6  | 55.3      | 51.7      | 54.7     | 52.3     |
| 3                   | 54.5     | 64.5  | 60.8      | 52.3      | 55.4     | 53       |
| 4                   | 55.5     | 65.5  | 56.8      | 54.1      | 56.1     | 54.7     |
| 5                   | 57.5     | 67.5  | 61.8      | 56        | 58.5     | 56.4     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6  | 57.2 | 67.2 | 58.9 | 54.6 | 58.4 | 55.1 |
| 7  | 54.8 | 64.8 | 58.1 | 53.2 | 55.9 | 53   |
| 8  | 54.8 | 64.8 | 63.4 | 51.4 | 56.5 | 52.8 |
| 9  | 53.2 | 63.2 | 59.2 | 51.1 | 54.4 | 51.5 |
| 10 | 53.1 | 63.1 | 59.1 | 51.5 | 54.1 | 51.9 |
| 11 | 56.2 | 66.2 | 68.8 | 52.1 | 58.7 | 52.5 |

**Tabel L4. 3** Pengukuran di rute C

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 60.5     | 70.5  | 62.5      | 59.4      | 61.6     | 59.6     |
| 2                   | 62.6     | 72.6  | 65.2      | 60.9      | 64.1     | 61.1     |
| 3                   | 62.2     | 72.2  | 64.5      | 61.1      | 62.9     | 61.5     |
| 4                   | 61.6     | 71.6  | 63.9      | 60.5      | 62.1     | 61.1     |
| 5                   | 60.6     | 70.6  | 63.2      | 59.6      | 61.3     | 60.1     |
| 6                   | 58.6     | 68.6  | 61.2      | 56.9      | 59.4     | 57.5     |
| 7                   | 58.8     | 68.8  | 63.4      | 56.4      | 60.6     | 56.7     |
| 8                   | 58.6     | 68.6  | 68.4      | 56.1      | 59.5     | 56.5     |
| 9                   | 57.4     | 67.4  | 62        | 55.7      | 58.4     | 56.1     |
| 10                  | 56.7     | 66.7  | 63.5      | 54.4      | 57.5     | 55       |
| 11                  | 57.6     | 67.6  | 61.8      | 55.3      | 59.1     | 55.9     |
| 12                  | 58.9     | 68.9  | 64.8      | 56.9      | 60.4     | 57.3     |
| 13                  | 54.1     | 64.1  | 64.8      | 51.2      | 55.8     | 52       |

**Tabel L4. 4** Pengukuran di rute D

| <i>Waktu</i><br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|---------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                   | 53.6     | 63.6  | 57.2      | 51.9      | 54.7     | 52.6     |
| 2                   | 55.9     | 65.9  | 64.9      | 52.7      | 57.5     | 53.4     |
| 3                   | 56.6     | 66.6  | 67.1      | 53.4      | 58.2     | 54       |
| 4                   | 54.2     | 64.2  | 61.3      | 51        | 55.6     | 52       |
| 5                   | 53.1     | 63.1  | 58.7      | 51.2      | 54.4     | 51.8     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6  | 55.7 | 65.7 | 71.2 | 51.4 | 55.4 | 51.9 |
| 7  | 52.8 | 62.8 | 54.9 | 51.7 | 53.4 | 52.2 |
| 8  | 53.2 | 63.2 | 56.1 | 51.7 | 54   | 52.2 |
| 9  | 54.5 | 64.5 | 59.9 | 51.9 | 56   | 52.8 |
| 10 | 59.2 | 69.2 | 71.1 | 53.6 | 61.5 | 54.6 |
| 11 | 57.4 | 67.4 | 61.4 | 55.3 | 60   | 56   |
| 12 | 61.1 | 71.1 | 67.7 | 56.5 | 64.2 | 57   |
| 13 | 59   | 69   | 65.8 | 56.5 | 60.7 | 57.1 |
| 14 | 58.4 | 68.4 | 63.8 | 56.1 | 59.6 | 57   |
| 15 | 57   | 67   | 59.9 | 55.4 | 58   | 55.8 |
| 16 | 59.4 | 69.4 | 61.2 | 57.8 | 60.5 | 58.4 |
| 17 | 59   | 69   | 61.2 | 56.6 | 60.2 | 56.9 |
| 18 | 60.3 | 70.3 | 71.6 | 58.5 | 61.3 | 59.1 |

**Tabel L4. 5** Pengukuran di rute E

| <i>Waktu (s)</i> | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|------------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1                | 53.5     | 63.5  | 59.7      | 51.4      | 54.3     | 52.2     |
| 2                | 55       | 65    | 65.6      | 51.2      | 55.5     | 51.7     |
| 3                | 53.6     | 63.6  | 57.8      | 50.5      | 55.4     | 51.7     |
| 4                | 54.9     | 64.9  | 60        | 50.8      | 56.9     | 52.5     |
| 5                | 54.9     | 64.4  | 64.2      | 51.8      | 55.7     | 52.2     |
| 6                | 54.7     | 64.7  | 64.3      | 49.7      | 57.5     | 50.5     |
| 7                | 53.8     | 63.8  | 64.2      | 49.7      | 55.8     | 50.6     |
| 8                | 53.5     | 63.5  | 60.7      | 49.5      | 56.7     | 50.3     |
| 9                | 57.4     | 67.4  | 63.6      | 52.7      | 60       | 54.3     |
| 10               | 55.9     | 65.9  | 58.7      | 54.1      | 57       | 54.8     |
| 11               | 55.4     | 65.4  | 63.2      | 52.1      | 57.5     | 52.8     |
| 12               | 56       | 66    | 61.8      | 51.9      | 58.2     | 52.8     |
| 13               | 55.6     | 65.6  | 61.8      | 52.9      | 57.9     | 53.9     |
| 14               | 58       | 68    | 60.8      | 55.6      | 59.4     | 56.1     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 15 | 58   | 68   | 61.2 | 55.4 | 59.3 | 56.3 |
| 16 | 56.3 | 66.3 | 62.6 | 53.9 | 57.4 | 54.7 |
| 17 | 55.4 | 65.4 | 65.6 | 53.2 | 56.2 | 53.7 |
| 18 | 55.4 | 65.4 | 65.6 | 53.2 | 56.2 | 53.7 |
| 19 | 56.5 | 66.5 | 60.5 | 53.2 | 58.5 | 54   |

## LAMPIRAN 5

### Pengukuran Parameter Akustik Lingkungan Sesi III

**Tabel L5. 1** Pengukuran di rute A

| Waktu (s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|-----------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1         | 68.4     | 78.4  | 72.8      | 65.4      | 70.8     | 65.9     |
| 2         | 71.1     | 81.1  | 77.2      | 67.3      | 73.9     | 67.6     |
| 3         | 69.3     | 79.3  | 72.1      | 65.7      | 70.9     | 67.8     |
| 4         | 66.3     | 76.3  | 70.9      | 63.4      | 69.1     | 63.8     |
| 5         | 66.6     | 76.6  | 77.5      | 61.3      | 68.9     | 61.8     |
| 6         | 60.8     | 70.8  | 65        | 59.6      | 61.1     | 60.1     |
| 7         | 62.2     | 72.2  | 68.4      | 60.6      | 63.6     | 60.9     |
| 8         | 61.5     | 71.5  | 63.9      | 60.3      | 62.4     | 60.7     |
| 9         | 62.9     | 72.9  | 67.4      | 58.4      | 64.3     | 60.1     |
| 10        | 59.5     | 69.5  | 70        | 56.8      | 61.3     | 57.2     |
| 11        | 57.5     | 67.5  | 61.7      | 55        | 58.5     | 55.8     |
| 12        | 57.4     | 67.4  | 61.5      | 55.9      | 58.2     | 56.3     |
| 13        | 58.1     | 68.1  | 61.1      | 56.8      | 59.2     | 57.1     |
| 14        | 61.2     | 71.2  | 64.7      | 59.6      | 62.1     | 60.2     |
| 15        | 61.4     | 71.4  | 63.1      | 60.2      | 62.3     | 60.5     |
| 16        | 63.1     | 73.1  | 70.1      | 61        | 64.5     | 61.4     |
| 17        | 61.5     | 71.5  | 70.9      | 57.7      | 62.9     | 58.6     |

**Tabel L5. 2** Pengukuran di rute B

| Waktu (s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|-----------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1         | 55.5     | 65.5  | 59.3      | 53.4      | 56.9     | 53.9     |
| 2         | 62.6     | 72.6  | 68.4      | 54.8      | 66.9     | 55.7     |
| 3         | 55.1     | 65.1  | 61.2      | 52        | 56.5     | 52.6     |
| 4         | 58       | 68    | 74.3      | 51.9      | 56.2     | 52.7     |
| 5         | 54       | 64    | 58.7      | 50.8      | 56.1     | 51.7     |
| 6         | 57.5     | 67.5  | 63.2      | 53.1      | 60.8     | 53.8     |

|    |      |        |      |      |      |      |
|----|------|--------|------|------|------|------|
| 7  | 56.8 | 66.8   | 62.5 | 52.3 | 59.6 | 52.9 |
| 8  | 55.5 | 65.5   | 62.5 | 52.3 | 58.3 | 52.7 |
| 9  | 54.4 | 64.4   | 61.5 | 52.5 | 55.4 | 53   |
| 10 | 56.1 | 66.1   | 63.5 | 52.9 | 58.5 | 54   |
| 11 | 56.3 | 66.3   | 61.5 | 53.6 | 57.9 | 54.4 |
| 12 | 59.3 | 69.3   | 63.6 | 56.6 | 61.4 | 57.4 |
| 13 | 62.3 | 72.3   | 70.9 | 56.2 | 65.4 | 57.2 |
| 14 | 60.4 | 70.4   | 71.7 | 55.1 | 63.1 | 55.7 |
| 15 | 59.1 | 69.1   | 61.3 | 56.2 | 60.4 | 57.9 |
| 16 | 59.4 | 69.4   | 65   | 56.8 | 61.4 | 57.4 |
| 17 | 58.7 | 68.7   | 68.1 | 54   | 61.8 | 54.9 |
| 18 | .3   | 69.359 | 63.5 | 57.4 | 60.8 | 57.8 |

**Tabel L5. 3** Pengukuran di rute C

| Waktu (s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|-----------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1         | 63.3     | 73.3  | 70.2      | 59.8      | 64.8     | 60.3     |
| 2         | 64.5     | 74.5  | 65.8      | 62.4      | 65.5     | 62.9     |
| 3         | 63.4     | 73.4  | 70.5      | 61.5      | 64.6     | 61.9     |
| 4         | 60.2     | 70.2  | 63.3      | 57.5      | 61.7     | 58.2     |
| 5         | 59.6     | 69.6  | 61.7      | 58        | 60.6     | 58.4     |
| 6         | 58.2     | 68.2  | 60.4      | 56.3      | 59.1     | 56.9     |
| 7         | 58.5     | 68.5  | 67.3      | 56.5      | 59.5     | 57       |
| 8         | 56.8     | 66.8  | 59.6      | 54.8      | 58.6     | 55.4     |
| 9         | 56.5     | 66.5  | 59.2      | 55.1      | 57.3     | 55.6     |
| 10        | 56.7     | 66.7  | 58.9      | 55.1      | 57.5     | 55.8     |
| 11        | 58.1     | 68.1  | 64.8      | 55.4      | 59.8     | 56       |
| 12        | 58.8     | 68.8  | 60.5      | 57.6      | 59.5     | 58       |
| 13        | 56.5     | 66.5  | 63.3      | 48.9      | 60       | 51       |
| 14        | 55.1     | 64.1  | 61.4      | 50.2      | 58       | 51.6     |
| 15        | 56.1     | 66.1  | 64.5      | 49.9      | 58.3     | 51.9     |
| 16        | 58.4     | 68.4  | 65.5      | 51.7      | 61.7     | 52.8     |
| 17        | 54.3     | 64.3  | 64.2      | 51.4      | 55.5     | 52.1     |
| 18        | 55.6     | 65.6  | 62        | 51.7      | 57.8     | 52.4     |
| 19        | 56.8     | 66.8  | 61.2      | 53.4      | 58.6     | 54.4     |
| 20        | 54.2     | 64.2  | 60.8      | 51        | 57       | 51.4     |

**Tabel L5. 4** Pengukuran di rute D

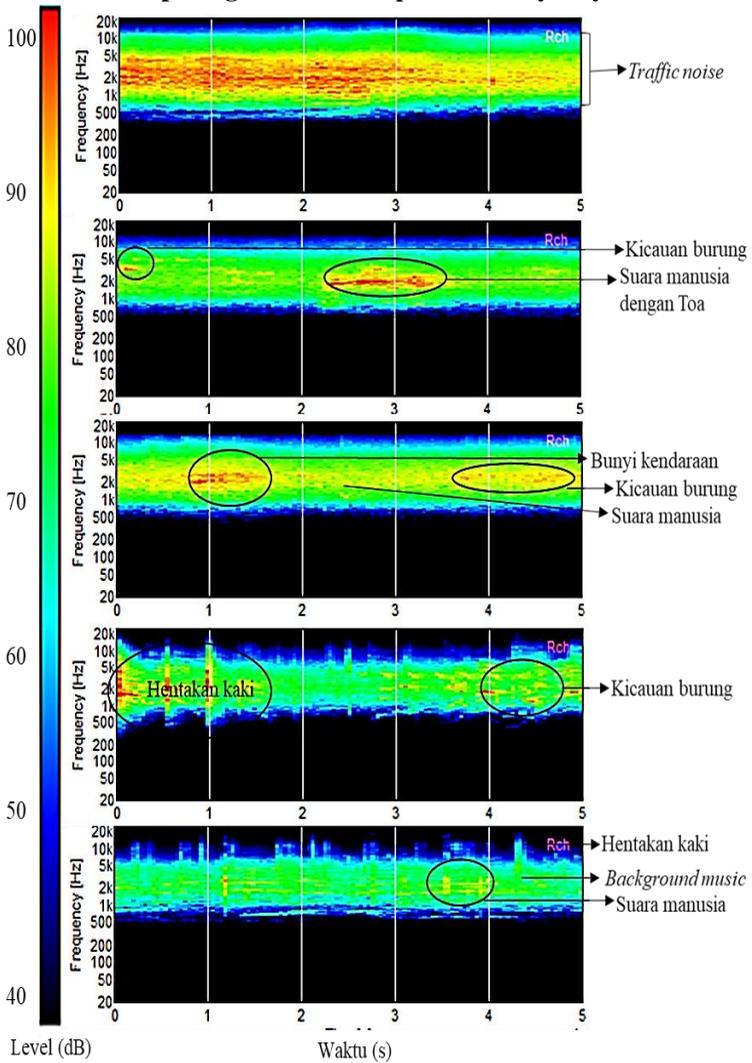
| Waktu (s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|-----------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1         | 57.5     | 67.5  | 65        | 53.7      | 60.6     | 54.5     |
| 2         | 56.4     | 66.4  | 58.5      | 54.2      | 57.5     | 54.9     |
| 3         | 58.7     | 68.7  | 62.4      | 57.1      | 59.5     | 57.7     |
| 4         | 57.1     | 67.1  | 59.5      | 55.6      | 58.4     | 56.3     |
| 5         | 57.6     | 67.6  | 60.3      | 55.4      | 59.3     | 56.1     |

|    |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6  | 58.8 | 68.8 | 63.4 | 57   | 59.9 | 57.5 |
| 7  | 57.6 | 67.6 | 61.6 | 54.7 | 58.8 | 55.5 |
| 8  | 55.9 | 65.9 | 58.9 | 53.1 | 57.6 | 54   |
| 9  | 57.4 | 67.4 | 72.2 | 50.6 | 57.7 | 51.7 |
| 10 | 55.8 | 65.8 | 63.1 | 50.2 | 59.8 | 50.9 |
| 11 | 55.8 | 65.8 | 67.6 | 49.8 | 59.3 | 50.9 |
| 12 | 58.3 | 68.3 | 68.4 | 53.2 | 61.2 | 54.2 |

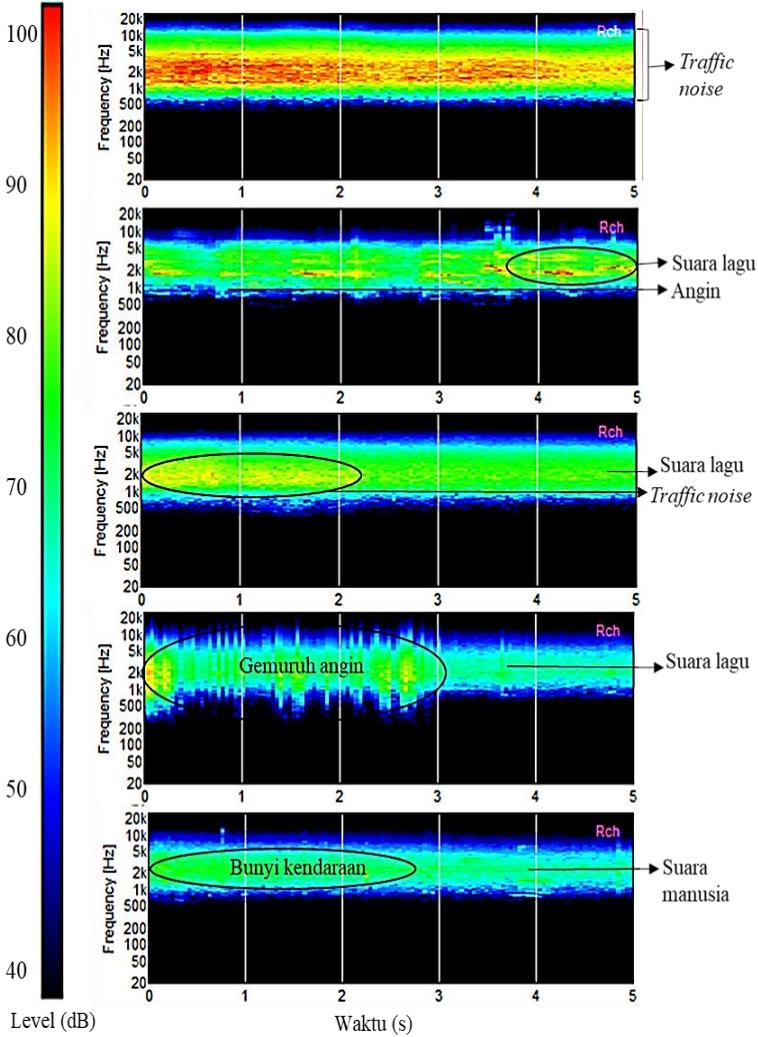
**Tabel L5. 5** Pengukuran di rute E

| Waktu<br>(s) | $L_{eq}$ | $L_E$ | $L_{max}$ | $L_{min}$ | $L_{10}$ | $L_{93}$ |
|--------------|----------|-------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1            | 54.9     | 64.9  | 59.9      | 51.2      | 56.9     | 52.5     |
| 2            | 53.4     | 63.4  | 59.8      | 50.5      | 55.3     | 51.1     |
| 3            | 57.4     | 67.4  | 67.9      | 50.7      | 61.3     | 51.2     |
| 4            | 53.8     | 63.8  | 62.5      | 50.4      | 55.5     | 51.6     |
| 5            | 56.2     | 66.2  | 63.6      | 51.6      | 59       | 52.9     |
| 6            | 59.5     | 69.5  | 65.3      | 52        | 63.1     | 52.5     |
| 7            | 55.1     | 65.1  | 58.6      | 52.3      | 56.9     | 53       |
| 8            | 55.4     | 65.4  | 59.8      | 52.4      | 57.1     | 53.4     |

### LAMPIRAN 6 Spektrogram *Soundscape* Hutan Joyoboyo



Gambar L6. 1 Spektrogram sesi I



Gambar L6. 2 Spektogram Sesi

## BIODATA PENULIS



Lailatul Inayah merupakan nama dari penulis. Putri sematawayang dari pasangan Bapak Ridwan dan Ibu Andariyah yang lahir di Surabaya tanggal 22 September 1996. Memulai pendidikan di RA Kusuma Mulya dan MI Hidayatus Shibyan Desa Sumberejo, Kecamatan Ngasem Kabupaten Kediri. Melanjutkan pendidikan menengah di MTsN Kediri II, Ngronggo Kota Kediri dan pendidikan atas di MAN III Kota Kediri. Setelah itu melanjutkan di perguruan tinggi pada tahun 2015 di Jurusan Fisika ITS Hingga sekarang dengan NRP 01111540000089. Selain aktif di bangku perkuliahan penulis juga aktif di beberapa organisasi mahasiswa seperti UKM Rebana, Tim Kawal PKM ITS, dan Trainer Keilmiahan ITS. Selain itu, penulis juga aktif mengembangkan ilmu fisika dalam kompetisi keilmiahan. Penulis juga merupakan santri aktif di Pondok Pesanteren Muhyiddin Gebang Kidul Surabaya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*