EVALUASI KENYAMANAN AUDIAL PADA KAWASAN PERUMAHAN DI KOTA BOGOR

DAMARIA WIDASARI

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Evaluasi Kenyamanan Audial pada Kawasan Perumahan di Kota Bogor adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2020

Damaria Widasari
NIM A451170141

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

RINGKASAN

DAMARIA WIDASARI. Evaluasi Kenyamanan Audial pada Kawasan Perumahan di Kota Bogor. Dibimbing oleh INDUNG SITTI FATIMAH dan NIZAR NASRULLAH.

Pembangunan kawasan permukiman dan perumahan di Kota Bogor semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan ditandai oleh pengembangan beberapa jalan. Salah satu permasalahan pada perumahan adalah kebisingan. Kebisingan di area perumahan membawa berbagai gangguan kenyamanan bagi penghuninya, khususnya kenyamanan audial. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur dan menganalisis distribusi bising kawasan perumahan, menganalisis persepsi penduduk perumahan terhadap bising, serta menemukan penghalang yang efektif untuk mereduksi kebisingan di kawasan perumahan tersebut.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kebisingan di Perumahan IPB 1 Baranangsiang rata-rata, selama hari kerja dan hari libur, sebesar 87.2 dB. Berdasarkan analisis persamaan regresi, distribusi bising pada berbagai jarak dari jalan, di Perumahan IPB 1 Baranangsiang memiliki R square atau koefisien determinasi sebesar 0.763. Hal ini menunjukkan bahwa variable jarak mempengaruhi kebisingan sebesar 76% dan 24% merupakan variable lain. Persamaan linear yang didapatkan adalah $Y = 69.63 - 0.35X$, menunjukkan bahwa apabila variable jarak mengalami penambahan 1 m maka akan menurunkan variable kebisingan sebesar 0.35 dB. Dari hasil analisis regresi, jarak mempengaruhi nilai kebisingan, semakin dekat dengan sumber kebisingan maka nilai kebisingannya akan semakin besar begitu juga sebaliknya.

Hasil analisis lainnya adalah gangguan yang sering dirasakan oleh penduduk Perumahan IPB 1 Baranangsiang, seperti mengganggu konsentrasi, tidak nyaman, dan gangguan saat tidur. Terdapat hubungan yang signifikan antara tingkat bising dengan gangguan kebisingan berupa sakit kepala, tidak nyaman, gangguan saat tidur, dan harus berbicara keras. Penduduk perumahan tersebut merasa terganggu dengan adanya suara bising dari kendaraan yang melintas saat berada di halaman rumah dengan perolehan suara 60%.

Penyusunan penghalang (*barrier*) yang efektif dalam meredam kebisingan adalah susunan pohon berkelompok dan susunan beberapa baris semak berbentuk jalur. Susunan pohon berkelompok efektif mereduksi kebisingan di frekuensi tinggi 5000 Hz - 8000 Hz, dengan nilai pengurangan suara tertinggi sebesar 13.42 dB atau sekitar 12.21%. Susunan semak berbentuk jalur efektif mereduksi kebisingan pada frekuensi 315 Hz - 8000 Hz, dengan nilai pengurangan suara tertinggi sebesar 19.10 dB atau sekitar 11.27%. Susunan pohon berkelompok lebih efektif dalam meredam bising apabila posisi sumber suara lebih tinggi daripada posisi penempatan *barrier*, namun apabila posisi sumber suara berada pada ketinggian yang sama dengan posisi penempatan *barrier* maka susunan semak berbentuk jalur lebih efektif mereduksi bising. Pola penyusunan *barrier* tanaman yang tepat di lingkungan perumahan akan memberikan kenyamanan secara audial bagi penduduk perumahan.

Kata kunci: distribusi bising, kenyamanan audial, penyusunan tanaman.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

SUMMARY

DAMARIA WIDASARI. Evaluation of Audial Comfort in Residential Areas in Bogor City. Supervised by INDUNG SITTI FATIMAH and NIZAR NASRULLAH.

The development of residential areas and housing in Bogor city is increasing in line with the growth of population and characterized by the development of street infrastructures, one of problems in that residential environment is noise. Noise in residential areas brings a variety of disruptions to comfort for residents, especially audial comfort. This study aimed to measure and analyze the noise distribution of residential areas, analyze the perceptions of housing residents, and to find the effective of barriers to reduce noise in residential areas.

The results showed that the average noise level, during weekdays and weekend, was 87.2 dB. Based on the analysis of noise distribution in varied distance from the street, noise distribution at various distances from the street, in the Housing has R square or a determination coefficient of 0.763. This shows that the distance variable affects noise by 76% and 24% was by other variable. The linear equation obtained is $Y = 69.63 - 0.35X$, indicating that if the distance variable increases by 1 m it will reduce the variable noise by 0.35 dB. Finally, distance affects the value of noise, the closer to the noise source the greater the noise value and vice versa.

The other results are the disturbances that often felt by the residents, such as disturbing concentration, discomfort, and disturbance during sleep. There is a significant relationship between noise level with noise disorder, such as headache, discomfort, disturbance during sleep, and speak loudly. The residents were disturbed by the traffic noise with votes 60%.

The effective barrier types in reducing noise were the arrangement of trees in groups and the arrangement several rows of bushes in line shape. The group tree arrangement effectively reduced noise at high frequencies, 5000 Hz - 8000 Hz, with the highest insertion loss is 13.42 dB or 12.21%. The line shape bush arrangement effectively reduced noise at frequencies 315 Hz - 8000 Hz, with the highest insertion loss is 19.10 dB or 11.27%. The group tree arrangement was more effective in reducing noise when the elevation of the sound source was higher than the elevation of the barrier placement, but if the sound source elevation was the same as the elevation of barrier placement then the arrangement of bushes in line shape was more effective at reducing noise. The pattern of composing the right plant barrier can reduce noise caused by passing vehicles in a residential environment, so it will provide audial comfort for the residential population.

Keywords: noise distribution, audial comfort, plant preparation.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2020
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

EVALUASI KENYAMANAN AUDIAL PADA KAWASAN PERUMAHAN DI KOTA BOGOR

DAMARIA WIDASARI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
pada
Program Studi Arsitektur Lanskap

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2020**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengantar luar komisi pada Ujian Tesis: Dr. Ir. Tati Budiarti M.S.

Komisi Pembimbing

Hakcipta-m

Dr Ir Indung Sitti Fatimah, MSi
Ketua

Dr Ir Nizar Nasrullah, MAg
Anggota

Dekan Sekolah Pascasarjana

Ketua Program Studi
Arsitektur Lanskap

Dr Ir Nizar Nasrullah, MAgr

Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng

Tanggal Ujian: 6 Agustus 2020

Tanggal Lulus: 24 OCT 2020

Bogor Agricultural University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam tesis ini adalah kebisingan di perumahan, dengan judul Evaluasi Kenyamanan Audial pada Kawasan Perumahan di Kota Bogor. Penelitian ini diawali dengan menganalisis distribusi bising pada perumahan IPB 1 Baranangsiang melalui penentuan titik pengukuran, mengukur tingkat bising, membuat peta sebaran kebisingan, melakukan penelitian simulasi untuk mengukur nilai pengurangan suara pada *barrier*, serta mengkaji persepsi dan preferensi masyarakat terhadap kebisingan di lingkungan perumahan mereka. Oleh karena itu, dapat dibuat suatu rekomendasi yang tepat untuk mengurangi kebisingan pada kawasan perumahan yang banyak terdapat sumber bising. Penelitian ini merupakan Penelitian Tesis Magister, Program Studi Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr Ir Indung Sitti Fatimah, MSi dan Dr Ir Nizar Nasrullah, MAgr selaku Komisi Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dukungan, nasehat, dan waktu serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam penyelesaian tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ir Wisnu Eka Yulyanto selaku pembimbing laboratorium atas bimbingan, masukan, bantuan, nasehat, serta atas izin pemakaian fasilitas Laboratorium Kebisingan dan Getaran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK), Serpong, Tangerang Selatan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam memberikan arahan dan petunjuk selama penelitian serta penyusunan tesis ini.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, seperti pemerintah dan masyarakat pada perumahan IPB 1 Baranangsiang di Kota Bogor, dalam menerapkan bentuk pengembangan lanskap kawasan perumahan. Hal tersebut juga diharapkan dapat diterapkan pada kawasan perumahan lain yang memiliki tipologi serupa dan banyak sumber bising. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Agustus 2020

Damaria Widasari

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	3
Tujuan Penelitian	4
Manfaat Penelitian	4
Ruang Lingkup Penelitian	4
Kerangka Pikir Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
Perumahan Sekitar Jalan Layang dan Jalan Tol	6
Bising	6
Sumber Bising di Jalan	8
Analisis Frekuensi	9
Dampak Kebisingan	9
Pengendalian Bising	10
Karakteristik Tanaman Pereduksi Bising	13
METODOLOGI	15
Waktu dan Lokasi Penelitian	15
Alat dan Bahan Penelitian	16
Rancangan Penelitian	16
Metode Analisis Data	22
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	25
Kondisi Umum	25
Analisis Tingkat Kebisingan	27
Persepsi dan Preferensi	36
Simulasi Penggunaan Penghalang (<i>Barrier</i>)	48
Perumusan Rekomendasi	66
SIMPULAN DAN SARAN	70
Simpulan	70
Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	75
RIWAYAT HIDUP	89

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

1	Baku tingkat kebisingan	8
2	Efektifitas pengurangan kebisingan oleh berbagai macam tanaman	14
3	Alat dan bahan penelitian	16
4	Pengaruh jarak dan waktu terhadap nilai kebisingan	34
5	Jumlah kendaraan yang melintas pada kawasan perumahan	37
6	Persepsi penduduk yang tinggal di jarak < 10 m	37
7	Persepsi penduduk yang tinggal di jarak 25 m	38
8	Persepsi penduduk yang tinggal di jarak 50 m	38
9	Hasil pengukuran intensitas kebisingan 18 titik pengukuran	39
10	Distribusi responden yang mengalami gangguan fisiologi	40
11	Distribusi responden yang mengalami gangguan psikologi	41
12	Distribusi responden yang mengalami gangguan komunikasi	42
13	Hasil uji bivariate terhadap gangguan fisiologi	43
14	Hasil uji bivariate terhadap gangguan psikologi	43
15	Hasil uji bivariate terhadap gangguan komunikasi	44
16	Persepsi mengenai kenyamanan audial lingkungan perumahan	44
17	Perbedaan SPL sumber bunyi <i>on</i> dan <i>off</i> pada frekuensi 20 – 20000 Hz	49
18	Nilai IL dari ketiga model penyusunan tanaman	63

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan kerangka pikir	5
2	Diagram blok <i>sound level meter</i>	7
3	Jalur suara yang digunakan untuk menghitung perbedaan jalur	11
4	Grafik koreksi potensial <i>barrier</i> potensial	11
5	Tanaman dikombinasi dengan tanaman lain untuk memperbesar kerimbunan	12
6	Tanaman dikombinasi dengan gundukan tanah dan dinding	12
7	Lokasi penelitian	15
8	Ilustrasi pengukuran bising	17
9	Denah ruang semi bebas gema	18
10	Ilustrasi kondisi lapang dalam ruang semi bebas gema	18
11	Ilustrasi model penyusunan tanaman	19
12	Ilustrasi simulasi pengukuran <i>barrier</i>	21
13	Alat yang digunakan dalam pengukuran simulasi	22
14	Bagan alur penelitian	22
15	Bagian utara dan timur Perumahan IPB 1 Baranangsiang	25
16	Bagian selatan Perumahan IPB 1 Baranangsiang	25
17	Tingkat kebisingan rata-rata siang hari (L_s)	27
18	Tingkat kebisingan pada hari libur (Minggu)	28
19	Tingkat kebisingan pada hari kerja I (Senin)	28
20	Tingkat kebisingan pada hari kerja II (Rabu)	29
21	Jalur transek pada lokasi penelitian	29
22	Perbandingan jalur transek I – IV	30
23	Perbandingan jalur transek V dan VI	32

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

24	Grafik persamaan regresi linear	32
25	Pola penyebaran bising pada sumber bagian utara dan timur	32
26	Peta sebaran bising Perumahan IPB 1 Baranangsiang	32
27	Tingkat kebisingan yang ditoleransi pada kawasan pemukiman	45
28	Upaya pengendalian kebisingan di lingkungan perumahan	46
29	Tipe <i>barrier</i> penataan tanaman dan pagar tanaman	46
30	Penataan tanaman pada halaman rumah untuk mereduksi bising	47
31	Pola penataan tanaman menyebar di halaman rumah penduduk	47
32	Halaman rumah yang efektif mereduksi bising	47
33	Kenyamanan lingkungan perumahan yang diinginkan responden	48
34	Pengukuran SPL di ruang semi bebas gema	48
35	IL penyusunan pohon berkelompok	51
36	Penyusunan pohon berkelompok	51
37	IL penyusunan semak berkelompok	52
38	Penyusunan semak berkelompok	53
39	IL kombinasi susunan berkelompok	54
40	Penyusunan kombinasi tanaman berkelompok	54
41	IL penyusunan pohon menyebar	55
42	Penyusunan pohon menyebar	55
43	IL penyusunan semak menyebar	56
44	Penyusunan semak menyebar	57
45	IL kombinasi susunan menyebar	58
46	Penyusunan kombinasi tanaman menyebar	58
47	IL penyusunan pohon bentuk jalur	59
48	Penyusunan pohon berbentuk jalur	59
49	IL penyusunan semak bentuk jalur	60
50	Penyusunan semak berbentuk jalur	61
51	IL kombinasi susunan bentuk jalur	62
52	Penyusunan kombinasi tanaman berbentuk jalur	62
53	Ilustrasi rekomendasi penataan <i>barrier</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

1	Tingkat kebisingan setiap titik pengukuran	75
2	Karakteristik responden Perumahan IPB 1 Baranangsiang	77
3	Propagasi suara <i>merk</i> speaker	78
4	IL pohon berkelompok pada frekuensi 63 – 8000 Hz	80
5	IL semak berkelompok pada frekuensi 63 – 8000 Hz	81
6	IL kombinasi tanaman berkelompok pada frekuensi 63 – 8000 Hz	82
7	IL pohon menyebar pada frekuensi 63 – 8000 Hz	83
8	IL semak menyebar pada frekuensi 63 – 8000 Hz	84
9	IL kombinasi tanaman menyebar pada frekuensi 63 – 8000 Hz	85
10	IL pohon berbentuk jalur pada frekuensi 63 – 8000 Hz	86
11	IL semak berbentuk jalur pada frekuensi 63 – 8000 Hz	87
12	IL kombinasi tanaman berbentuk jalur pada frekuensi 63 – 8000 Hz	88

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan kota di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pesatnya pembangunan. Pembangunan kota sering lebih banyak dicerminkan oleh adanya perkembangan fisik kota yang lebih banyak ditentukan oleh sarana dan prasarana, seperti jalan raya, jalan tol, transportasi, kawasan industri, kawasan perdagangan, dan pemukiman. Pembangunan kota pada saat ini memiliki kecenderungan untuk meminimalkan ruang terbuka hijau, karena lahan-lahan kosong banyak dialih fungsikan menjadi pertokoan, pemukiman, industri, dan bangunan lainnya (Dahlan 2004). Menurut penelitian yang dilakukan Suryadi *et al* (2008), pada tahun 1972 luas RTH yang diperoleh dari *landcover* hutan, kebun campuran, dan semak adalah 8 060.09 ha atau sekitar 68% dari luas kota Bogor. Kemudian pada tahun 2005 terjadi penurunan luas RTH yang diperoleh dari *landcover* hutan, kebun campuran, semak, dan sawah yaitu sebesar 6 206.35 ha atau sekitar 52% dari luas Kota Bogor. Hal ini berarti dalam kurun waktu 33 tahun terjadi penurunan RTH sebesar 16% atau sekitar 0.48% per tahun di Kota Bogor.

Kota Bogor merupakan salah satu kota di Indonesia yang terus mengalami perkembangan dengan tingkat pertumbuhan penduduk dan pembangunan fisik kota yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti (1) letak Kota Bogor yang sangat strategis, yaitu dekat dengan Jakarta yang merupakan Ibukota negara Indonesia, (2) kedudukan Kota Bogor sebagai bagian dari sistem metropolitan Jabodetabek (Jakarta-Bogor-Depok-Tangerang-Bekasi), serta (3) kedudukan Kota Bogor sebagai kota satelit yang menunjang Kota Jakarta. Kondisi demikian menjadikan Kota Bogor sebagai pilihan bagi penduduk baik yang datang dari sekitar Bogor maupun perantau dari daerah-daerah lainnya yang menjadikan Kota Bogor dan Jakarta sebagai sumber mata pencaharian. Kondisi tersebut memberikan dampak luas bagi perkembangan Kota Bogor. Namun, jika perkembangan ini tidak diseimbangkan dengan penataan dan pembangunan lanskap perkotaan yang berwawasan lingkungan, akan mengakibatkan terjadinya degradasi lingkungan.

Letak Kota Bogor yang strategis merupakan potensi untuk pengembangan permukiman, pertumbuhan ekonomi dan pelayanan, perdagangan, transportasi, komunikasi, dan pariwisata. Berdasarkan analisis data BPS Kota Bogor tahun 2017, Kota Bogor memiliki jumlah penduduk 1 064 687 jiwa dengan kepadatan penduduk 8 985 jiwa/km². Dengan jumlah penduduk yang mencapai lebih dari 1 juta jiwa, Kota Bogor menjadi salah satu kota di Indonesia dengan kategori Kota Metropolitan, yaitu wilayah perkotaan hasil perwujudan perkembangan alamiah dari suatu kawasan permukiman yang berkembang sangat pesat (Angotti 1993).

Pada tahun 1976 dikeluarkan Instruksi Presiden tentang Jabodetabek yang menetapkan Kota Bogor sebagai salah satu kota penyangga (*hinterland*) ibukota dan sebagai kota permukiman (*dormitory town*). Semakin mudahnya akses dan singkatnya waktu tempuh Jakarta-Bogor menyebabkan Bogor menjadi salah satu daerah tujuan untuk bermukim. Kota Bogor tumbuh sebagai kota berbasis permukiman para pekerja yang mencari nafkah di Jakarta. Perkembangan permukiman skala besar ditandai oleh pesatnya permintaan akan lahan untuk

kegiatan usaha atau tempat hunian, khususnya kawasan perumahan sebagai akibat perkembangan ekonomi yang cukup pesat di Kota Jakarta, sehingga perkembangan permukiman di wilayah sub-urban Jabotabek yang terjadi pada umumnya masih punya ketergantungan yang sangat tinggi dengan Kota Jakarta. Pembangunan perumahan di Kota Bogor ditetapkan sebagai *hinterland* Jakarta lebih didasarkan pada kedekatan dan kemudahan akses transportasi bagi para *commuter* (Tohjiwa *et al* 2010).

Berdasarkan RTRW Kota Bogor, sebagian besar wilayah Kota Bogor adalah permukiman. Permukiman tersebut terdiri dari permukiman kepadatan tinggi, permukiman kepadatan sedang, dan permukiman kepadatan rendah. Pembangunan kawasan permukiman dan perumahan di perkotaan semakin tahun semakin meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Untuk menarik minat konsumen agar permukiman dan perumahan yang ditawarkan laku, pihak pengembang berusaha melengkapi infrastruktur yang diantaranya adalah prasarana jalan. Pada satu sisi jalan memberikan kemudahan bagi masyarakat akan kebutuhan transportasi, namun demikian disisi lain keberadaan mobil dan motor tentunya membawa berbagai gangguan dan kenyamanan bagi penghuni rumah.

Salah satu bentuk gangguan yang ditimbulkan dari semakin meningkatnya pembangunan dan aktivitas manusia adalah kebisingan. Kebisingan telah menjadi masalah umum di perkotaan. Suara tersebut dapat bersumber dari mesin untuk konstruksi infrastruktur dan transportasi, namun sebagian besar kebisingan bersumber dari transportasi, terutama kendaraan bermotor. Berdasarkan SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No: KepMen-48/MEN.LH/11/1996, kebisingan merupakan bentuk suara yang tidak diinginkan karena menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan, termasuk ternak, satwa, dan sistem alam. Menurut *Workplace Health and Safety* (2015), kebisingan dapat mempengaruhi fungsi telinga bagian dalam, yang dapat menyebabkan kehilangan pendengaran sementara. Setelah beberapa waktu jauh dari kebisingan, pendengaran dapat dipulihkan. Namun jika paparan kebisingan dibiarkan lebih lanjut, telinga secara bertahap akan kehilangan kemampuannya untuk pulih dan mengakibatkan kehilangan pendengaran secara permanen. Tingkat kebisingan lalu lintas jalan pada permukiman di tiga kota, yaitu Kota Bekasi, Bogor, dan Tangerang rata-rata diatas 70 dBA (Depkes RI 1994 dalam Ikron *et al* 2007), seharusnya tingkat kebisingan kawasan perumahan dan permukiman adalah 55 dBA menurut standar lingkungan hidup. Kebisingan telah menjadi masalah umum di kawasan permukiman, yang dapat menyebabkan tuli dan mempengaruhi mental kesehatan, seperti stress dan tekanan jiwa. Jika tekanan jiwa tidak dapat disembuhkan akan berdampak pada menurunnya kesehatan fisik.

Pengurangan dampak negative dari kebisingan adalah dengan penempatan dinding penghalang kebisingan. Penelitian telah menunjukkan bahwa suatu dinding penghalang harus ditempatkan sedekat mungkin dengan sumber pencemar suara untuk mencapai pengurangan suara yang maksimum. Pada dasarnya, penghalang kebisingan terdiri dari tiga jenis (1) membentuk gundukan tanah seperti tanggul, (2) dinding penghalang, dan (3) kombinasi tanggul dengan dinding (Hakim 2006). Selain itu, tingkat kebisingan juga dapat dikontrol oleh vegetasi tergantung pada (1) jenis spesies, tinggi tanaman, kepadatan, dan jarak tumbuh; (2) factor iklim, yaitu kecepatan angin, suhu, dan kelembaban; dan (3)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

jenis suara, asal dan tingkat decibel (tingkat intensitas). Gelombang suara diserap oleh daun, dahan, ranting pohon, dan semak-semak (Pudjowati *et al* 2013).

Keberadaan vegetasi di dalam kota secara mendasar diperlukan justru bukan sekedar untuk keindahan semata namun lebih jauh lagi untuk tujuan kenyamanan dan kesehatan manusia pengguna kota. Menurut Karyono (2005) terdapat empat jenis kenyamanan manusia yang berkaitan dengan keberadaan taman kota, yaitu kenyamanan spasial, kenyamanan visual, kenyamanan termal, dan kenyamanan audial. Kenyamanan spasial yaitu taman diharapkan mampu mewadahi aktifitas informal warga seperti halnya istirahat, duduk, ngobrol, bermain, dan sebagainya. Kenyamanan visual yaitu taman perlu dirancang agar indah, dimana pertimbangan estetika perlu diperhatikan sehingga secara visual dapat dinikmati oleh warga kota. Kenyamanan termal yaitu taman dapat mengurangi ketidaknyamanan yang diakibatkan oleh iklim setempat, untuk daerah beriklim dingin, perlu dirancang agar suhu udara taman dapat menjadi lebih tinggi sementara daerah beriklim tropis, diharapkan suhu udara di dalam taman dapat lebih rendah dari suhu rata-rata kota. Kenyamanan audial yaitu taman kota yang tersusun oleh berbagai jenis vegetasi diharapkan dapat membantu mengurangi polusi suara yang dikeluarkan kendaraan bermotor dan bising kota. Terkait permasalahan kebisingan di perkotaan dan kenyamanan audial, baku mutu kebisingan perumahan dan permukiman sudah diatur dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, dinyatakan bahwa baku mutu perumahan dan permukiman adalah sebesar 55 dB.

Informasi mengenai kenyamanan audial di kawasan perumahan dapat menjadi informasi tambahan dan panduan bagi arsitek lanskap dalam melakukan perencanaan, perancangan, dan pengelolaan lanskap perkotaan yang tidak hanya ramah bagi manusia, tetapi juga bagi makhluk hidup lainnya dan lingkungan yang aman dan nyaman. Rekomendasi berupa konsep kawasan permukiman dalam menciptakan kenyamanan audial dapat menjadi pedoman, panduan, dan referensi dalam melakukan perencanaan, perancangan, dan pengelolaan lanskap kawasan permukiman dalam mengendalikan kebisingan.

Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. berapa tingkat bising kawasan permukiman pada lokasi penelitian?
2. bagaimana persepsi penduduk mengenai kebisingan yang terjadi di lingkungan mereka?
3. seperti apa bentuk penghalang tanaman dan gundukan tanah yang efektif dalam mengurangi bising?
4. kawasan permukiman seperti apa yang memberikan kenyamanan audial bagi penduduk di lokasi penelitian?

Perlu dilakukan pengukuran dan analisis tingkat kebisingan, perhitungan pengurangan suara pada *barrier* gundukan tanah dan tanaman, serta analisis persepsi penduduk pada kawasan permukiman di Kelurahan Baranangsiang, Kota Bogor. Dengan adanya informasi tersebut dapat membantu dalam membuat rekomendasi konsep kawasan permukiman dalam menciptakan kenyamanan audial di Kelurahan Baranangsiang.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengukur dan menganalisis distribusi bising pada kawasan perumahan IPB 1 Baranangsiang di Kota Bogor;
2. menganalisis jenis gangguan kebisingan yang dirasakan penduduk perumahan IPB 1 Baranangsiang di Kota Bogor;
3. menganalisis nilai pengurangan suara pada *barrier* tanaman yang efektif dalam mengurangi bising; dan
4. menyusun rekomendasi konsep RTH pada permukiman dalam menciptakan kenyamanan audial.

Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman, panduan, dan referensi bagi berbagai pihak khususnya arsitek lanskap, planologi, dan pengelola Kota Bogor dalam melakukan perencanaan, perancangan, dan pengelolaan lanskap dalam menciptakan kenyamanan audial, khususnya di tempat-tempat yang membutuhkan ketenangan seperti permukiman, rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah.

Ruang Lingkup Penelitian

Batasan penelitian ini meliputi lingkup kajian dan lingkup wilayah kajian. Lingkup kajian penelitian ini dibatasi pada pengukuran tingkat bising, analisis tingkat bising, perhitungan pengurangan suara pada penghalang gundukan tanah dan tanaman, serta analisis persepsi penduduk pada area permukiman. Sementara itu, ruang lingkup wilayah penelitian ini adalah area permukiman yang berada di dekat Jalan Tol Jagorawi dan Jalan Pandu, Kelurahan Baranangsiang, Kota Bogor.

Kerangka Pikir Penelitian

Lanskap perkotaan seringkali mengalami berbagai permasalahan terkait kualitas lingkungan. Kota Bogor merupakan salah satu kota di Indonesia yang kualitas lanskapnya terus menurun yang disebabkan oleh pesatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan kota. Dalam pembangunan perkotaan, khususnya pada kawasan perumahan, seringkali menimbulkan berbagai masalah, salah satunya kebisingan. Bising yang ditimbulkan dari kendaraan dan mesin konstruksi dapat menimbulkan dampak negative bagi manusia dan makhluk hidup disekelilingnya. Usaha untuk mengontrol bising dapat dilakukan melalui manipulasi sumber suara, jalur suara, dan penerima suara. Pengendalian kebisingan pada jalur suara dapat dilakukan dengan *barrier* tanaman dan dinding penghalang. Bising pada kawasan permukiman seringkali membuat penghuni perumahan menjadi tidak nyaman, sehingga diperlukan analisis tingkat bising, analisis efektivitas jalur hijau dalam mengurangi bising, serta analisis persepsi

dan preferensi penduduk mengenai kenyamanan audial. Dengan demikian, dapat dibuat rekomendasi konsep ruang terbuka hijau pada kawasan perumahan dalam menciptakan kenyamanan audial sehingga dapat membuat lingkungan kawasan perumahan menjadi lebih nyaman. Berikut merupakan bagan kerangka pikir pada penelitian ini (Gambar 1).

Gambar 1 Bagan kerangka pikir

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2 TINJAUAN PUSTAKA

Perumahan Sekitar Jalan Tol

Perumahan, menurut UU Nomor 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, adalah kumpulan rumah sebagai bagian dari permukiman, baik perkotaan maupun perdesaan, yang dilengkapi dengan prasarana, sarana, dan utilitas umum sebagai hasil upaya pemenuhan rumah yang layak huni. Menurut Tilaar *et al* (2012), permukiman dapat diklasifikasikan kedalam permukiman terencana dan tidak terencana. Permukiman terencana adalah permukiman dimana pembangunannya terencana secara keseluruhan, seperti sarana jalan, drainase, ruang terbuka, pola tata massa, dan sebagainya, sedangkan untuk permukiman yang tidak terencana merupakan permukiman yang dibangun secara bertahap dari unit-unit oleh masing-masing pemilik dengan kondisi lingkungan yang kurang terencana seperti jalan dan drainase. Menurut Kwanda (2000), konsep perencanaan *real estate* terbagi menjadi tiga, diantaranya pola konvensional, *cluster*, dan *planned unit development* (PUD). Sementara itu, terdapat tiga pola jalan dalam perencanaan *real estate*, yaitu pola kotak (*grid*), pola putaran (*loop*), dan pola *cul de sac*.

Pembangunan jalan tanjakan dan jalan tol yang menembus daerah permukiman dan perumahan banyak terdapat pada kota-kota besar akibat tuntutan dari pembangunan infrastruktur jalan dan kemudahan aksesibilitas di dalam kota. Pembangunan infrastruktur jalan tersebut menimbulkan dampak positif dan negatif. Dampak positif dapat meliputi nilai lahan cenderung meningkat, berkembangnya kegiatan komersial, peningkatan aksesibilitas, dan menurunnya tingkat kemacetan. Sementara itu, dampak negatif yang ditimbulkan dari pembangunan jalan layang diantaranya timbulnya polusi udara, polusi suara, dan menurunnya estetika lingkungan. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 829/MENKES/SK/VII/1999, menyatakan bahwa persyarikat kesehatan perumahan dan lingkungan permukiman dalam hal kebisingan dan getaran yang dianjurkan adalah 45 – 55 dBA untuk kebisingan dan tingkat getaran maksimum 10 mm/detik. Menurut data dari Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1994) dalam Ikron (2007), tingkat kebisingan lalu lintas jalan pada permukiman di tiga kota, yaitu Kota Bekasi, Bogor, dan Tangerang rata-rata diatas 70 dBA.

Bising

Bising didefinisikan sebagai “suara yang tidak diinginkan” dari berbagai jenis dan intensitas, termasuk kebisingan dari transportasi dan industry, dianggap sebagai polutan dan sebagai stressor lingkungan (lingkungan penuh tekanan) yang merupakan ciri menonjol dari lingkungan perkotaan (Lagonigro 2018). Bising dapat menyebabkan berbagai gangguan terhadap kesehatan, seperti peningkatan tekanan darah, gangguan psikologis, gangguan komunikasi, gangguan keseimbangan, dan gangguan pendengaran (Lintong 2009). Kebisingan pada umumnya merupakan bunyi yang terdiri dari sejumlah frekuensi dengan tingkat bunyi berbeda-beda dalam besaran desibel (dB).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengukuran bising dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan orang yang berkompeten dan menggunakan alat *sound level meter*. Kriteria pengukuran bising dengan menggunakan ‘orang yang kompeten’, diantaranya (1) memiliki pemahaman yang baik mengenai akustik dan praktik standar pengukuran, (2) memiliki pengetahuan yang lebih detail mengenai standar dan pedoman nasional, (3) terbiasa dalam memantau kebisingan, dan (4) memiliki kemampuan untuk menginterpretasikan hasil yang memerlukan penyelidikan lebih lanjut. *Sound level meter* merupakan instrument yang merekam tingkat suara serta melakukan analisis tambahan pada suara untuk menyajikan informasi yang dapat digunakan kepada operator. Alat ini mampu mencatat data secara terus menerus dalam jangka waktu lama, serta beberapa alat ini juga dilengkapi dengan GSM (*Global System for Mobile communication*) dan dapat dimonitor dari jarak jauh (Murphy dan King 2014). *Sound level meter* harus memenuhi spesifikasi dari IEC 61672-1 (*International Electrotechnical Commission*). Pada dasarnya, alat ini terdiri dari mikrofon omnidirectional, attenuator yang telah dikalibrasi, jaringan pembobot, penguat arus listrik yang stabil, *squarer*, sirkuit rata-rata, dan indikator (Peterson 1980). Cara kerja alat ini adalah tekanan suara yang direkam oleh mikrofon omnidirectional akan diubah menjadi tegangan listrik, kemudian melewati pembobotan frekuensi dan waktu, dan menampilkan hasil pengukuran (Maekawa *et al* 2011).

Gambar 2 Diagram blok *sound level meter*

Menurut Fithri dan Annisa (2015), ditinjau dari hubungan tingkat bunyi sebagai waktu maka kebisingan dibedakan menjadi:

1. kebisingan kontinyu (*steady state wide band noise*), yaitu bising tidak lebih dari 6 dBA dengan spectrum frekuensi yang luas. Contohnya, bunyi yang ditimbulkan dari mesin gergaji dan katub gas.
2. kebisingan terputus-putus (*intermittent noise*), merupakan bising dimana bunyi mengeras dan melemah secara perlahan-lahan. Misalnya, bising lalu lintas dan kereta api.
3. kebisingan impulsive berulang (*impulse noise*), bising yang memekakkan telinga dalam waktu relative singkat, misalnya suara ledakkan senjata.
4. *steady state noise*, merupakan kebisingan yang tingkat tekanan bunyinya stabil terhadap perubahan waktu, misalnya bising di sekitar air terjun.
5. *fluctuating noise*, merupakan kebisingan yang kontinyu namun berubah-ubah tingkat tekanan bunyinya.

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996, baku mutu tingkat kebisingan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu untuk peruntukan kawasan dan peruntukan lingkungan kegiatan. Artinya, lingkungan kegiatan mungkin saja berada pada peruntukan kawasan yang berbeda, seperti yang terlampir pada Tabel 1.

Tabel 1 Baku mutu tingkat kebisingan

	Peruntukan Kawasan/Lingkungan Kegiatan	Tingkat Kebisingan dB(A)
A.	Peruntukan Kawasan	
1.	Perumahan dan Permukiman	55
2.	Perdagangan dan Jasa	70
3.	Perkantoran dan Perdagangan	65
4.	Ruang Terbuka Hijau	50
5.	Industri	70
6.	Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
	Rekreasi	70
	Khusus:	
	- Bandar Udara*	
	- Stasiun Kereta Api*	
	- Pelabuhan Laut	70
	- Cagar Budaya	60
B.	Lingkungan Kegiatan	
	Rumah sakit atau sejenisnya	55
	Sekolah atau sejenisnya	55
	Tempat ibadah atau sejenisnya	55

Sumber: Kepmen LH No. 48/MENLH/11/1996

Keterangan *) disesuaikan dengan ketentuan Menteri Perhubungan

Sumber Bising di Jalan

Kebisingan yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor berasal dari beberapa sumber, yaitu mesin, transmisi, rem, klakson, knalpot, dan gesekan roda dengan jalan. Kebisingan akibat gesekan roda dengan jalan tergantung pada beberapa factor, seperti jenis ban, kecepatan kendaraan, kondisi permukaan jalan, dan kemiringan jalan. Kecepatan kendaraan mempengaruhi kebisingan yang muncul akibat gesekan ban dengan permukaan jalan. Jalan yang tidak halus dan basah akan menimbulkan tingkat bising yang tinggi (White dan Walker 1982).

Kemiringan jalan dapat mempengaruhi kebisingan. Pada tanjakan jalan, dibutuhkan torsi yang lebih besar dibandingkan saat jalan rata, agar kendaraan dapat bergerak. Untuk menghasilkan torsi yang lebih besar, dibutuhkan persneling rendah dengan putaran mesin tinggi, sehingga akan menghasilkan kebisingan yang lebih tinggi. Demikian pada saat kendaran menuruni jalan, persneling rendah dibutuhkan untuk membantu pengereman, agar rem menjadi lebih efektif (White dan Walker 1982). Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebisingan pada area bangunan yang berada di tepi jalan tanjakan akan lebih tinggi dibandingkan dengan area bangunan yang berada di tepi jalan datar dengan permukaan halus.

Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi atau analisis spektrum juga dibutuhkan dalam pengukuran tingkat bising. Dalam analisis frekuensi terdapat berbagai pita frekuensi, salah satunya pita oktaf. Analisis ini menghasilkan serangkaian level, satu untuk setiap band, yang disebut juga 'level band' atau 'band oktaf'. Dalam pengukuran bising, analisis frekuensi yang biasa dilakukan, diantaranya analisis frekuensi 1/1 oktaf (*octave band analysis*) dan analisis frekuensi 1/3 oktaf (*one-third octave band analysis*). Analisis 1/1 oktaf memiliki lebar pita sebesar satu oktaf dengan rentang sepuluh pita, yaitu 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, dan 16000 Hz (Peterson 1980).

Analisis frekuensi 1/3 oktaf biasanya digunakan untuk menganalisis frekuensi bising yang lebih rinci. Analisis 1/3 oktaf memiliki lebar pita sebesar sepertiga oktaf, dengan rentang pita yang lebih banyak, misalnya 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, dan seterusnya (Peterson 1980). Analisis frekuensi 1/1 oktaf merupakan bagian dari analisis 1/3 oktaf, karena frekuensi pita 1/1 oktaf terdapat juga pada pita 1/3 oktaf (Wilson 1994).

Dampak Kebisingan

Kebisingan dapat menyebabkan kerusakan pendengaran, namun dampak tersebut akan terjadi secara bertahap dan jika berlangsung secara terus menerus akan menyebabkan kerusakan pendengaran yang permanen (Peterson 1980). Manusia memiliki kemampuan mendengar frekuensi suara mulai 20 Hz hingga 20000 Hz. Manusia dapat mendengar suara hingga 140 dB, namun bila lebih dari 140 dB mengakibatkan kerusakan pada gendang telinga. Ambang batas maksimum yang aman bagi telinga manusia adalah 80 dB (Lintong 2009). Ketika telinga sering terpapar dengan tingkat kebisingan yang lebih tinggi akan menyebabkan sel-sel rambut koklea distimulasi terus-menerus dan dapat menyebabkan kematian dari fungsi sel-sel rambut koklea. Ini biasanya terjadi pada rentang 2000 – 4000 Hz, dimana mekanisme pendengaran memiliki sensitivitas terbesar, seperti suara dengung pada telinga atau dengan kata lain disebut tinnitus (Cowan 1994). Selain pendengaran, kebisingan juga memiliki dampak lain bagi manusia, diantaranya gangguan kenyamanan dan stress pada anak-anak, gangguan konsentrasi, dan menurunnya kualitas kerja (Goembira *et al* 2003; Hernawan 2008 dalam Anangga *et al* 2015).

Menurut Anangga *et al* (2015), terdapat tiga gangguan akibat dari kebisingan, yaitu gangguan psikologis, gangguan fisiologis, dan gangguan komunikasi. Gangguan psikologis merupakan gangguan dimana kondisi psikis yang dimiliki oleh komunikan dan komunikator. Gangguan psikologis dapat berupa kurang konsentrasi, rasa tidak nyaman, susah tidur, dan cepat marah. Bila berlangsung dalam waktu lama, dapat menyebabkan penyakit psikosomatik, seperti stress, kelelahan, jantung, dan gastritis. Gangguan komunikasi merupakan gangguan yang ditandai dengan kesulitan dalam pemahaman atau penggunaan bahasa. Biasanya pendengaran menjadi kurang jelas atau gangguan kejelasan suara. Gangguan fisiologis merupakan gangguan yang mengakibatkan fungsi

pendengaran secara fisiologis terganggu, seperti meningkatnya tekanan darah, peningkatan denyut nadi, kontraksi pembuluh darah perifer, pucat, dan gangguan sensoris. Adapun menurut Cowan (1994), gangguan fisiologis lainnya adalah tinnitus. Tinnitus umumnya disebabkan oleh stimulasi berlebihan pada saraf pendengaran. Ketika terpapar oleh kebisingan tingkat tinggi, tinnitus dapat berlangsung selama beberapa menit hingga hari, namun biasanya mereda dalam beberapa jam. Jika tinnitus tidak mereda setelah beberapa hari, maka disarankan untuk melakukan konsultasi medis.

Pengendalian Bising

Kebisingan dapat menimbulkan gangguan bila tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu, perlu dibuat usaha untuk mengontrol kebisingan hingga mencapai tingkat atau level yang dapat diterima oleh telinga manusia. Upaya pengendalian bising diantaranya, tindakan memanipulasi sumber kebisingan, jalur yang dilalui suara, atau penerima suara (Spon 1991); manajemen lalu lintas (King *et al* 2011); pendekatan *soundscape* (Papadimitrou *et al* 2009); dan insulasi fasad bangunan (Taherzadeh 2014). Menurut Bachtiar *et al* (2013), upaya pengendalian bising dapat dilakukan dengan menggunakan *barrier*. *Barrier* dapat berupa dinding massif, pagar, gundukan tanah, tanaman pagar, dan bangunan lain yang ditempatkan diantara sumber suara dan penerima (Wilson 1994). Menurut Jiang dan Kang (2016), *Barrier* yang lebih tinggi lebih efektif mengurangi kebisingan dibandingkan dengan *barrier* yang lebih rendah.

Dinding berbentuk benteng dan dinding yang dibentuk berkelok-kelok sangat baik untuk menciptakan visual pandangan yang lebih menarik dan memberikan tempat bagi tanaman. Kedua jenis dinding tersebut memiliki keuntungan struktur konstruksi yang lebih kuat dan tahan roboh yang menjadi persyaratan bagi dinding penghalang kebisingan. Karakteristik material dinding penghalang peredam bising dipengaruhi oleh lokasi, panjang dan tinggi dinding, sifat transmitif (daya hantar), reflektif (daya pantul) atau absorptive (daya serap) dari material penyusunnya. Beberapa jenis material dinding penghalang yang dapat digunakan sebagai peredam bising, diantaranya kayu, panel beton pracetak, beton ringan berongga (*aerated*), panel fiber semen, panel acrylic transparan dan baja profil (Balitbang PU 2005). Agar dinding penghalang dapat bekerja dengan baik, maka dinding penghalang harus cukup tinggi dan panjang untuk mengurangi bising ke pendengar. Misalnya, untuk bangunan rumah yang berada di permukaan yang lebih rendah dari permukaan jalan maka dinding penghalang perlu dibangun lebih tinggi. Jika letak bangunan rumah konstan, maka dinding penghalang dapat diletakkan dekat dengan sumber maupun pendengar agar kemampuan redamannya meningkat.

Efektifitas bangunan dalam mengurangi kebisingan sangat dipengaruhi oleh bahan dan dimensi bangunan. Menurut uji laboratorium Balitbang PU (2005), bahan yang terbuat dari susunan batu bata dengan lebar 0.5 m dan tinggi 2.5 m memiliki IL (*insertion loss*) sebesar 15 – 16 dB(A), kemudian bahan kayu yang memiliki lebar 0.3 m dan tinggi 2 – 3 m memiliki IL 18 – 19 dB(A), selain itu bahan fiber dan kaca dengan lebar 0.5 m dan tinggi 3 – 4 m memiliki IL 16 – 17 dB (A). Ketinggian dinding penghalang yang lebih rendah daripada dinding

bangunan memerlukan perhitungan yang tepat untuk mendapatkan reduksi suara yang efektif (Mashuri 2007). Salah satu metode untuk menghitung keefektifan dinding penghalang adalah menggunakan persamaan berikut (Taherzadeh 2014).

$$\bar{A} = 10 \log \left(3 \pm \frac{20}{N} \right)$$

dimana:

$\bar{A}$: atenuasi *barrier* (dB)

N : *Fresnel Number* $\left(\frac{2\delta}{\lambda} \right)$

δ : $(A + B) - C$, perbedaan jalur suara (Gambar 3)

A : jarak dari sumber suara ke puncak *barrier* (m)

B : jarak dari puncak *barrier* ke penerima (m)

C : jarak dari sumber suara ke penerima (m)

λ : panjang gelombang suara (m)

Gambar 3 Jalur suara yang digunakan untuk menghitung perbedaan jalur
Sumber: Taherzadeh (2014)

Dengan demikian, perbedaan jalur suara tergantung pada ketinggian sumber suara, penerima dan penghalang, serta jarak sumber dan penerima dari penghalang. Persamaan diatas didasarkan pada teori difraksi dengan asumsi transmisi suara melalui dinding penghalang diabaikan. Dalam praktiknya, insulasi suara yang dihasilkan oleh material dinding penghalang harus memadai untuk memastikan bahwa tingkat suara yang ditransmisikan setidaknya 10 dB. Jika *barrier* ($\bar{A}$) bernilai positif, maka menunjukkan *barrier* memotong jalur transmisi suara dari sumber suara ke penerima, sebaliknya jika *barrier* ($\bar{A}$) bernilai negative maka jalur suara antara sumber suara dengan penerima tidak terpotong oleh *barrier* (Taherzadeh 2014). Grafik koreksi potensial *barrier* sebagai fungsi dari perbedaan jalur dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 Grafik koreksi potensial *barrier*
Sumber: Taherzadeh (2014)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gundukan tanah dapat dikatakan sebagai jenis penghalang suara kebisingan paling alami. Kombinasi gundukan tanah dan dinding sangat efektif untuk mengendalikan suara kebisingan, terutama bila gundukan tanah tidak mencapai persyaratan ketinggian untuk mengurangi kebisingan (Hakim 2006).

Pada ruang perkotaan, tidak semua dapat menggunakan dinding penghalang yang tinggi karena keterbatasan ruang, keamanan, dan dampak visual. Salah satu solusi untuk mengganti dinding penghalang namun tetap memberikan fungsi yang sama dalam mengendalikan bising adalah menggunakan *barrier* tanaman.

Barrier tanaman dapat digunakan sebagai penghalang untuk mereduksi kebisingan, karena dapat menyerap dan memancarkan energy bunyi (Marsh 1986). Pada jalan, tanaman biasanya dalam bentuk sabuk hijau (*tree belts*). Selain dapat mengurangi bising, manfaat pohon-pohon di jalan, yaitu dapat melindungi pejalan kaki dari matahari dan hujan; sebagai habitat dan konektivitas satwa, seperti burung, tupai; serta dapat menurunkan suhu di perkotaan dan mengurangi limpasan air hujan (Onder *et al* 2012). Jenis tanaman yang digunakan untuk penghalang kebisingan harus memiliki kerimbunan dan kerapatan daun yang cukup dan merata, mulai dari permukaan tanah hingga ketinggian yang diharapkan. Untuk itu perlu diatur suatu kombinasi antara tanaman penutup tanah, perdu, pohon, dan bahan lainnya sehingga efek *barrier* menjadi optimum (Balitbang PU 2005).

Gambar 5 Tanaman dikombinasi dengan tanaman lain untuk memperbesar kerimbunan

Sumber: Balitbang PU (2005)

Gambar 6 Tanaman dikombinasi dengan gundukan tanah dan dinding

Sumber: Balitbang PU (2005)

Kombinasi antara vegetasi dan dinding, atau dikenal dengan istilah *green barrier*, juga dapat dijadikan alternative pada lahan yang sempit (Van Renterghem *et al* 2015). Dinding dan semak padat dapat dianggap sebagai penghalang kebisingan yang efektif, jika tingginya lebih besar daripada posisi penerima.

Penelitian yang dilakukan oleh Kalansuriya *et al* (2009) mengenai pengaruh vegetasi di pinggir jalan dalam mengurangi kebisingan adalah 4 dB, namun jika tebal vegetasi menjadi 1.5 m maka dapat mengurangi 5 dB. Menurut Carpenter *et al* (1975), tanaman dengan lebar 6 – 15 m dapat mereduksi hingga 10 – 20 dB pada frekuensi tinggi. Tanaman dan dinding mampu mereduksi suara dalam rentang frekuensi yang rendah maupun tinggi. Dinding penghalang dapat mereduksi suara yang berada dalam frekuensi 500 Hz – 5000 Hz, sedangkan tanaman memiliki kemampuan mereduksi bising dengan frekuensi berbeda, misalnya bamboo cina (*Chimonobambusa quadrangularis*), akalipa (*Acalypha wilkenasia*), dan bambu (*Bambusa vulgaris*) dapat mereduksi frekuensi 500 Hz – 5000 Hz dan soka dapat mereduksi bising diatas 100 Hz (Widagdo 1998).

Karakteristik Tanaman Pereduksi Bising

Tanaman yang efektif dalam mereduksi kebisingan adalah yang memiliki daun lebat sepanjang tahun dengan pola daun menyebar hingga ke permukaan tanah (Carpenter *et al* 1975), sementara menurut Fakuara (1986) tanaman yang paling efektif meredam suara ialah yang mempunyai lapisan tajuk yang tebal, daun yang ringan, dan bertangkai daun. Tingkat kebisingan yang dapat direduksi oleh tanaman juga bergantung pada kepadatan tanaman, tinggi tanaman, dan lebar penanaman. Penanaman beberapa spesies secara bersama lebih efektif dalam mereduksi kebisingan daripada penanaman tunggal. Faktor lingkungan yang ikut mempengaruhi tingkat penerimaan kebisingan adalah arah angin, suhu, dan kelembaban. Selain itu, tingkat kebisingan yang dapat direduksi oleh tanaman juga dipengaruhi oleh intensitas, frekuensi, dan arah suara. Frekuensi yang dapat direduksi dengan baik oleh masing-masing tanaman berbeda-beda, tetapi sebagian besar tanaman dapat mereduksi bising pada frekuensi tinggi (Carpenter *et al* 1975). Penyerapan kebisingan oleh tanaman lebih efektif terjadi pada suara dengan frekuensi tinggi 1000 – 2000 Hz (Marsh 1986). Menurut Onder dan Kocbeker (2012), prinsip-prinsip yang diperlukan untuk membangun *green belts* dalam mengurangi kebisingan adalah sebagai berikut.

- lebar tanam adalah 5m – 30m;
- tanaman yang digunakan dipilih dari flora lokal atau varietas yang sesuai;
- tanaman utama harus memiliki daun jarum;
- tanaman harus ditanam sedekat mungkin antara satu sama lain dan jarak antara dua tanaman harus sesuai dengan kondisi pertumbuhannya;
- kriteria tanaman yang dapat digunakan adalah tinggi, besar, bertekstur keras, dan bercabang;
- menggunakan kombinasi ketinggian tanaman, seperti pohon, semak, dan *groundcover*;
- tanaman yang lebih tinggi ditanam di sisi bagian belakang dari tanaman yang lebih pendek. Tanaman semak, termasuk jenis konifera, yang ditanam lebih dari 5m dapat memblokir kebisingan;
- akan lebih baik apabila *green belts* ditempatkan sedekat mungkin dengan sumber kebisingan; serta

- i. akan lebih efisien apabila penempatan *green belts* dikombinasikan dengan dinding penghalang kebisingan dan gundukan tanah untuk mengurangi kebisingan.

Menurut Fang dan Ling (2003), semak paling efektif dalam mengurangi kebisingan karena memiliki dedaunan yang lebat dan ranting-ranting yang banyak, sementara pohon memiliki dedaunan dan ranting yang lebih sedikit. Pohon dengan tinggi yang cukup dapat menyerap bising, oleh karena itu, kombinasi antara semak dan pohon dapat dimanfaatkan, artinya, semak harus ditanam dibawah pohon, sehingga memungkinkan *tree belts* mereduksi kebisingan dengan baik. Jenis tanaman yang efektif dalam menurunkan kebisingan, diantaranya *Berberis thujnbergii* dan *Euonymus japonica* dapat menurunkan bising 6.3 dBA; *Cotoneaster dammerii* dan *Pyracantha coccinea* dapat menurunkan bising 5.5 dBA; serta *Juniperus horizontalis* dan *Spiraea vanhouetti* dapat menurunkan bising 6.2 dBA (Onder dan Kocbeker 2012). Menurut Pudjowati *et al* (2013), vegetasi asam londo (*Pithecellobium dulce*) dapat mengurangi kebisingan 3.82% - 10.12%. Hal ini dikarenakan asam londo memiliki daun yang lebat dan bentuk kanopi yang menjuntai hingga ke permukaan tanah. Tanaman yang efektif mengurangi kebisingan adalah daun yang lebat sepanjangn tahun dan pola daun menyebar hingga ke permukaan tanah. Indikasi efektivitas tanaman yang dapat digunakan untuk mereduksi bising menurut Balitbang PU (2005) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektifitas pengurangan kebisingan oleh berbagai macam tanaman

Jenis Tanaman	Volume Kerimbunan Daun (m3)	Jarak Sumber ke Tanaman (d)(m)	Ketinggian Pengukuran (m)	Rata-rata Reduksi Kebisingan IL (dBA)
Akasia (<i>Acacia mangium</i>)	114.39	18.20	1.20	2.5
		30.20	4.00	4.1
	118.23	18.20	1.20	2.7
		24.60	4.00	4.4
Bambu pringgodani (<i>Bambuga sp</i>)	122.03	7.0	1.20	1.1
		16.40	2.50	4.9
	366.08	35.4	1.20	14.7
Johar (<i>Casia siamea</i>)	60.74	9.8	1.20	0.3
		17.0	3.60	3.2
	83.24	9.6	1.20	0.20
Lee Kwan Yew (<i>Venemia obtusifolia</i>)	2.464	8.20	1.20	2.3
Sinyo nakal (<i>Durant repens</i>)	1.680	9.80	1.20	0.8
Soka (<i>Ixora sp</i>)	1.350	11.20	1.20	0.9
Kekaretan	1.105	4.60	1.20	0.9
Sebe	1.792	3.2	1.20	3.4
Teh-tehan	13.88	6	1.20	2.7
	2.75	9	1.20	3.8
	16.65	6	1.20	4.2
<i>Heliconia sp</i>	33.3	9	1.20	5.0

Sumber: Balitbang PU (2005)

Ket: d = jarak dari tepi perkerasan sampai dengan penghalang (kelompok tanaman)

3 METODOLOGI

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-April 2019 di perumahan IPB 1 Baranangsiang yang terletak di Kelurahan Baranangsiang, Kecamatan Bogor Timur, Kota Bogor (Gambar 7). Dalam penelitian ini, pola Perumahan IPB 1 Baranangsiang merupakan pola konvensional, dimana tingkat kepadatan rumah memiliki batas kapling yang jelas dan bentuk kapling relative sama tersebar secara merata pada seluruh lahan, perumahan tersebut pola jalan berbentuk grid. Pola jalan *grid* adalah pola jalan paling efisien untuk mendapatkan jumlah rumah secara maksimal, namun menimbulkan volume lalu lintas yang relative tinggi karena merupakan jalan tembus (Triyuly dan Amelia 2014).

Penelitian simulasi juga dilakukan di Laboratorium Kebisingan dan Getaran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL), Kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (PUSPIPTEK), Serpong, Tangerang Selatan. Pengukuran akan dilakukan di dalam ruang semi bebas gema (*hemi anechoic room*).

Pada penelitian utama, sumber bising berasal dari Jalan Tol Jagorawi dan Jalan Padi untuk di sebelah utara, serta Jalan Pandu Raya dan Jalan Sinangling Padi Ramp untuk di sebelah timur. Selain itu, sumber bising pada penelitian simulasi menggunakan generator suara (*speaker*).

Gambar 7 Lokasi penelitian

Alat dan Bahan Penelitian

Pengukuran kebisingan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya membutuhkan beberapa alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3 Alat dan bahan penelitian

	Alat dan bahan	Fungsi
A.	Alat	
1.	<i>Sound Level Meter</i>	Mengukur nilai kebisingan
2.	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Menandai dan mengambil posisi koordinat
3.	<i>Software</i> GoogleEarthPro	Mengetahui lokasi penelitian dan titik pengukuran
4.	<i>Software</i> Surfer 8.0	Mengolah peta kebisingan
5.	<i>Sound recorder</i> Sony type ICD-PX333 dan ICD-UX71	Mengambil rekaman suara bising di lapangan untuk sumber suara simulasi
6.	<i>Real Time Octave Band Analyzer</i> merk Onosokki DS-2000 (DS-0223)	Mengetahui level kebisingan untuk tiap frekuensi yang terukur
7.	Speaker merk JBL	Pengeras sumber suara
8.	<i>Microphone</i> Onosokki MI-3110	Sensor penerima suara
9.	Kalibrator type 4231 TA 2011	Mengkalibrasi mikrofon
10.	Laptop	Sumber suara
11.	Meteran	Mengukur jarak dan tinggi
12.	MS Excel 2010 dan MS Word 2010	Mengolah data dan menyusun tesis
B.	Bahan	
1.	Kuesioner	Bahan untuk mengetahui persepsi dan preferensi penghuni rumah
2.	Triplek	Simulasi untuk jalan
3.	Karpet	Penutup triplek untuk simulasi jalan
4.	Styrofoam	Simulasi untuk gundukan tanah
5.	Tanaman	Simulasi untuk <i>barrier</i> tanaman

Rancangan Penelitian

Sebaran bising

Untuk mengukur dan menganalisis sebaran bising di kawasan perumahan, maka bising diukur pada titik 0 m (sebagai kontrol), 10 m, 25 m, dan 50 m dari sumber bising pada 4 transek yang mengarah pada Jalan Pandu dan 2 transek yang mengarah Jalan Tol Jagorawi, sehingga titik pengukuran berjumlah 27 titik. Ilustrasi pengukuran bising ditunjukkan pada Gambar 8.

Pengukuran bising diukur dengan menggunakan alat *Sound Level Meter* (SLM) dengan mengukur tingkat tekanan bunyi dB(A) selama 10 menit dan pembacaan data dilakukan setiap 5 detik. Ketinggian mikrofon *Sound Level Meter* adalah 1.2 m (setinggi dada). Waktu pengukuran bising dilakukan selama 16 jam,

yaitu pukul 06.00 – 22.00 WIB. Pengukuran bising dilakukan sebanyak tiga kali ulangan yang terdiri dari satu hari libur dan dua hari kerja.

Gambar 8 Ilustrasi pengukuran bising

Pengambilan sampel responden

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu menentukan sampel yang akan diambil oleh peneliti berdasarkan tujuan penelitian. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 30 responden berdasarkan jarak rumah yang sesuai dengan titik pengukuran kebisingan, yaitu rumah pada jarak 0 meter, 10 meter, 25 meter, dan 50 meter dari sumber bising. Hal ini bertujuan untuk mengetahui persepsi dan preferensi penghuni rumah mengenai pengaruh kebisingan di lingkungan mereka. Persepsi penduduk terhadap gangguan kebisingan dan kenyamanan audial di lingkungan perumahan dikaji menggunakan skala likert, dengan menggunakan indikator variable sangat setuju (5), setuju (4), ragu-ragu (3), tidak setuju (2), dan sangat tidak setuju (1).

Simulasi pengukuran efektivitas *barrier*

Rancangan penelitian simulasi yang dilakukan adalah penentuan model *barrier* gundukan tanah dan tanaman. Model tersebut menggunakan skala 1:10, yang artinya dinding penghalang dan tanaman yang digunakan memiliki ukuran 10 kali lebih kecil dibandingkan dengan di lapangan. Jika diasumsikan tinggi gundukan tanah di lapangan adalah 0.6 m, maka ukuran yang digunakan di laboratorium adalah tinggi 0.06 m. Begitu juga dengan tanaman, jika tinggi tanaman di lapang adalah 7.5 m dan tebal tanaman 2 m, maka ukuran yang digunakan di laboratorium adalah tinggi tanaman 0.75 m dan tebal tanaman 0.2 m.

Karakteristik penghalang (*barrier*) yang diamati adalah:

- tipe *barrier* (gundukan tanah dan tanaman),
- pola penyusunan *barrier* tanaman (bergerombol, menyebar, dan berbentuk jalur), serta
- tipe tanaman.

Tipe tanaman yang digunakan dipilih berdasarkan ketinggian tanaman, yaitu pohon dan semak dengan tipe daun sedang. Dalam membuat simulasi laboratorium di dalam ruang semi gema terdapat keterbatasan ruang dalam penyesuaian kondisi lapang. Ukuran panjang jalan di lapangan kurang lebih mencapai 56.5 m, sedangkan ruang semi bebas gema memiliki ukuran panjang 3 m dan lebar 4 m. Oleh karena itu, pada penelitian simulasi ini dibagi menjadi 2 frame.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 9 Denah ruang bebas semi bebas gema

Dalam satu frame terdapat dua sumber suara yang terletak pada level ketinggian yang berbeda. Sumber suara pertama berada pada level ketinggian yang lebih tinggi daripada sumber suara kedua dan posisi *barrier*, sedangkan sumber suara kedua berada pada level ketinggian yang sama dengan posisi *barrier*. Perbedaan kedua frame terletak pada level ketinggian sumber suara pertama, lebar jalan sumber suara kedua, dan lebar penempatan *barrier*. Ilustrasi frame keadaan/kondisi lapang pada penelitian simulasi ditunjukkan pada Gambar 10.

Gambar 10 Ilustrasi keadaan/kondisi lapang di dalam ruang semi bebas gema

Pada frame 1, terlihat bahwa level ketinggian sumber suara pertama berada pada ketinggian 0.06 m lebih tinggi dibandingkan dengan sumber suara kedua. Lebar jalan untuk sumber suara kedua adalah 1.018 m dan lebar penempatan *barrier* adalah 1.250 m. Kemudian untuk frame 2, level ketinggian sumber suara pertama berada pada ketinggian 0.25 m lebih tinggi dibandingkan dengan sumber suara kedua. Lebar jalan untuk sumber suara kedua adalah 1.142 m dan lebar penempatan *barrier* adalah 0.75 m.

Dari deskripsi kedua frame diatas dapat diketahui bahwa sumber suara pertama pada frame 2 lebih tinggi dibandingkan dengan sumber suara pertama pada frame 1. Lebar jalan untuk sumber suara kedua pada frame 1 memiliki lebar jalan yang lebih kecil dibandingkan dengan lebar jalan pada frame 2. Sumber suara kedua memiliki pengaruh bising lebih besar dibandingkan sumber suara pertama karena adanya pengaruh propagasi suara dari sumber suara pertama. Kemudian untuk lebar *barrier* pada frame 1 lebih besar dibandingkan dengan lebar *barrier* pada frame 2. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa jarak sumber suara menuju penerima pada frame 1 lebih besar dibandingkan dengan frame 2.

Pada simulasi pengukuran terdapat tiga jenis model penyusunan tanaman, antara lain:

- penyusunan tanaman bergerombol/berkelompok,
- penyusunan tanaman menyebar, dan
- penyusunan tanaman berbentuk jalur.

Jenis tanaman yang digunakan antara lain damar (*Agathis dammara* Lamb.), pucuk merah (*Syzygium oleana* Br. Ex), dan teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage).

Gambar 11 Ilustrasi model penyusunan tanaman

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada penelitian simulasi terdapat sembilan perlakuan model penyusunan tanaman, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. Setiap perlakuan tersebut dilakukan pada kedua frame diatas (Gambar 10), sehingga terdapat delapan belas total perlakuan yang diterapkan pada penelitian simulasi. Pada frame 1, jenis tanaman yang digunakan adalah pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br. Ex), sedangkan jenis tanaman pada frame 2 adalah pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage). Perbedaan penggunaan jenis tanaman semak dikarenakan pada saat pengukuran frame 2 tanaman pucuk merah sudah banyak yang layu, sehingga tanaman semak diganti menjadi tanaman teh-tehan. Akan tetapi, kedua jenis tanaman semak memiliki tipe daun yang sama, yaitu tipe daun sedang.

Adapun jumlah tanaman yang digunakan pada penelitian ini tidak selalu sama. Jumlah pohon saat pengukuran pohon berkelompok belum tentu sama dengan jumlah pohon saat pengukuran pohon berbentuk jalur. Hal ini dikarenakan waktu pengukuran pohon berkelompok dengan pohon berbentuk jalur dilakukan pada hari yang berbeda, sehingga pada saat pengukuran pohon berkelompok jumlah pohon masih banyak yang segar, namun saat pengukuran pohon berbentuk jalur jumlah pohon sudah banyak yang layu. Begitu juga untuk perlakuan semak dan kombinasi tanaman.

Pada Gambar 11, dapat dilihat dalam satu kali pengukuran terdapat tiga titik peletakkan *microphone*, yaitu titik kiri, titik tengah, dan titik kanan. Dalam satu titik terdapat tiga *microphone* dimana diletakkan pada bagian bawah, tengah, dan atas. Pengambilan data pada masing-masing titik *microphone* dilakukan selama 10 detik. Masing-masing bagian *microphone* (bawah – tengah – atas) dihubungkan dengan kabel menuju alat *real time band octave analyzer* yang berada di luar ruangan semi bebas gema. Alat *analyzer* diletakkan di luar ruangan semi bebas gema, agar tidak terjadi pemantulan suara. Ilustrasi pengukuran di dalam ruang semi bebas gema ditunjukkan pada Gambar 12.

Gambar 12 Ilustrasi simulasi pengukuran *barrier* pada
(a) pohon (b) semak (c) kombinasi

Pengukuran dilakukan sebelum dan setelah ada *barrier*. Tujuannya untuk mengetahui tingkat suara sebelum dan sesudah ada *barrier* pada tiap jarak yang berbeda. Pengukuran tingkat tekanan suara dilakukan dengan meletakkan *speaker* tegak lurus dengan *microphone*, penghalang (*barrier*) diletakkan diantara *speaker* dan *microphone*. Pengukuran simulasi laboratorium menggunakan dua alat *speaker* sebagai sumber suara di lapang, dengan tinggi ± 20 cm yang menggambarkan tinggi kendaraan.

Frekuensi yang diukur adalah *range* 20 Hz – 20000 Hz yang disesuaikan dengan jangkauan pendengaran telinga normal manusia. Sumber suara menggunakan sumber suara asli dari keadaan di lapangan, dengan mengambil rekaman suara pada sumber suara tersebut untuk melihat frekuensi suara. Rekaman suara inilah yang dijadikan sumber bising pada percobaan simulasi di laboratorium. Pengambilan rekaman suara menggunakan alat perekam merk Sony tipe ICD-PX333 dan ICD-UX71.

Gambar 13 Alat yang digunakan dalam pengukuran simulasi (a) perekam suara Sony ICD-PX333 (b) perekam suara Sony ICD-UX71 (c) *microphone* (d) *real time octave band Analyzer* Onosokki DS-2000 (DS-0223)

Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tiga tahapan, yaitu analisis distribusi tingkat bising di kawasan perumahan, analisis efektivitas dinding penghalang dan tanaman, dan analisis persepsi penduduk. Bagan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 14.

Gambar 14 Bagan alur penelitian

Analisis tingkat kebisingan perumahan

Data yang diperoleh selama pengukuran 10 menit selanjutnya akan dilakukan perhitungan data untuk mengetahui nilai kebisingan dari hasil pengukuran. Menurut Endi dan Palupi (2011), perhitungan data L_{eq} 1 menit dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_{eq} (1 \text{ menit}) = 10 \log \frac{1}{60} [(10^{0.1 L_1} + 10^{0.1 L_2} + \dots + 10^{0.1 L_{12}}) 5] \text{ dB(A)} \dots (1)$$

Rumus ini digunakan pada setiap menit hingga diperoleh data L_{eq} 1 menit. Setelah masing-masing nilai L_{eq} 1 menit diperoleh, maka dilanjutkan dengan perhitungan L_{eq} 10 menit dengan rumus:

$$L_{eq} (10 \text{ menit}) = 10 \log \frac{1}{10} [(10^{0.1 L_I} + 10^{0.1 L_{II}} + \dots + 10^{0.1 L_X})] \text{ dB(A)} \dots (2)$$

Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 48/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan, maka akan diperoleh nilai rata-rata dari hasil pengukuran L_{eq} selama 24 jam. Penelitian ini hanya sebatas pengukuran selama aktivitas 16 jam (L_s) dengan selang waktu 06.00 – 22.00 WIB. Setiap pengukuran mewakili selang waktu tertentu dengan menetapkan 4 waktu pengukuran, antara lain L_1 (pengukuran pada rentang waktu 06.00 – 09.00), L_2 (pengukuran pada rentang waktu 09.00 – 14.00), L_3 (pengukuran pada rentang waktu 14.00 – 17.00), dan L_4 (pengukuran pada rentang waktu 17.00 – 22.00). Berdasarkan Menurut Endi dan Palupi 2011, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$L_{eq} (siang) = L_s (16 \text{ jam}) = 10 \log \frac{1}{16} (T_a 10^{0.1 L_a} + \dots + T_d 10^{0.1 L_d}) \text{ dB(A)}$$

Keterangan:

L_{eq} : kebisingan ekuivalen [dB(A)]

$L_1, \dots, L_{12}$: kebisingan setiap 5 detik selama 60 detik [dB(A)]

$L_1, \dots, L_X$: kebisingan setiap 1 menit selama 10 menit [dB(A)]

L_s : L_{eq} di siang hari [dB(A)]

$T_a, \dots, T_d$: selang waktu pengukuran di siang hari (jam)

Analisis regresi linear sederhana

Analisis regresi linear sederhana digunakan untuk membuat keputusan apakah naik atau menurunnya variable dependen dapat dilakukan melalui peningkatan variable independen (Sugiyono 2011). Variabel dependen adalah nilai kebisingan dan variable independen adalah jarak. Taraf signifikansi yang digunakan adalah 5%. Persamaan linear yang digunakan adalah:

$$Y = a + bX \dots (4)$$

Keterangan:

Y : Variabel dependen (terikat)

X : Variabel independen (bebas)

a : konstanta

b : koef. regresi (kemiringan), besaran *response* yang ditimbulkan *predictor*

Uji statistic rancangan factorial

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui pengaruh jarak dan waktu terhadap tingkat kebisingan adalah uji statistic rancangan factorial. Rancangan factorial adalah rancangan yang berada dalam satu keadaan dicobakan secara bersamaan dari dua atau lebih percobaan-percobaan tunggal (Zaki *et al* 2014). Faktor yang digunakan dalam analisis adalah pengaruh waktu terhadap kebisingan, pengaruh jarak terhadap kebisingan, serta interaksi antara waktu dan jarak terhadap kebisingan. Faktor waktu dan jarak diduga berpengaruh terhadap nilai kebisingan yang dihasilkan di setiap titik lokasi. Taraf nyata yang digunakan adalah 5%. Model linear percobaan factorial yang terdiri dari dua factor adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \rho_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \dots (5)$$

Keterangan:

- Y_{ijk} : pengamatan pada kelompok ke- k yang mendapat perlakuan factor A ke- i dan factor B taraf ke- j .
 μ : rata-rata umum
 α_i : pengaruh factor A taraf ke- i
 β_j : pengaruh factor B taraf ke- j
 ρ_k : pengaruh kelompok ke- k
 $(\alpha\beta)_{ij}$: pengaruh interaksi factor A taraf ke- i dan factor B taraf ke- j
 ε_{ijk} : komponen galat

Analisis tingkat bising terhadap gangguan kebisingan

Pada tahap ini dilakukan untuk mengetahui suatu keeratan hubungan antara variable tingkat bising dengan gangguan kebisingan yang dirasakan penduduk perumahan. Uji statistic yang digunakan adalah korelasi *rank Spearman*. Untuk mengetahui ada dan tidaknya hubungan antara variable dapat langsung dilihat probabilitasnya. Jika probabilitas > 0.05 maka H_1 ditolak, sebaliknya, jika probabilitas < 0.05 maka H_1 diterima. Dalam penelitian ini, hipotesis (H_1) yang digunakan adalah ada hubungan antara tingkat bising perumahan IPB 1 Baranangsiang dengan gangguan kebisingan dari penduduk setempat.

Nilai pengurangan suara (*insertion loss*)

Nilai pengurangan suara (*insertion loss* – IL) adalah selisih tingkat tekanan bunyi antara titik pengukuran sebelum dan setelah ada *barrier*. Nilai pengurangan suara ini akan menjadi acuan dalam membuat model *barrier* di lokasi perumahan. Menurut Wang *et al* (2018), rumus IL adalah sebagai berikut.

$$L_D = SPL_0 - SPL_b \dots (6)$$

keterangan:

- L_D : Pengurangan suara (*insertion loss* – IL) [dB]
 SPL_0 : *sound pressure level* sebelum ada *barrier* [dB]
 SPL_b : *sound pressure level* setelah ada *barrier* [dB]

Perumusan rekomendasi

Pada tahap ini merupakan tahap akhir evaluasi yang menetapkan rekomendasi untuk peningkatan kualitas permukiman dalam mengatasi kebisingan. Rekomendasi diarahkan pada ilustrasi desain pada *barrier* yang dapat digunakan pada kawasan perumahan, seperti mendesain gundukan tanah dan penambahan jenis tanaman pada kawasan rumah.

Pada ilustrasi desain *barrier*, menggunakan jenis tanaman yang mampu untuk mereduksi bising serta dikombinasikan dengan gundukan tanah. Penggunaan *barrier* disesuaikan dengan luas lahan yang tersedia, sehingga *barrier* dapat diterapkan di kawasan perumahan dan memiliki nilai estetika.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum

Letak dan Kondisi Perumahan IPB 1 Baranangsiang

Wilayah penelitian adalah perumahan yang berada di Kelurahan Baranangsiang, Kecamatan Bogor Timur, Kota Bogor. Berdasarkan geografis dan administrative, perumahan tersebut terletak di koordinat $6^{\circ}35'57.9''$ - $6^{\circ}59'94.23''$ LS dan $106^{\circ}49'02.6''$ - $106^{\circ}81'73.99''$ BT, serta berbatasan dengan:

utara : Jl. Padi dan Jl. Tol Jagorawi

timur : Jl. Sinangling Padi Ramp dan Jl. Pandu Raya

selatan : permukiman warga, sekolah, lapangan futsal

barat : Kawasan perdagangan- jasa dan permukiman warga

Lokasi perumahan tersebut juga dekat dengan Jl. Binamarga, dimana menurut RTRW Kota Bogor 2011 – 2031, area tersebut akan dijadikan rencana alokasi ruang khusus kuliner.

Gambar 15 Bagian utara dan timur Perumahan IPB 1 Baranangsiang

Pada bagian utara dan timur perumahan tersebut dekat dengan persimpangan jalan tol menuju jalan sekunder arteri dan sebagian lahan sudah dialokasikan menjadi pelayanan jasa, seperti rumah makan, tempat bimbingan belajar, dan klinik kecantikan.

Gambar 16 Bagian selatan Perumahan IPB 1 Baranangsiang

Pada bagian selatan perumahan, terdapat sekolah dan lapangan futsal, serta permukiman warga. Perumahan IPB 1 Baranangsiang menjadi akses masuk satu-satunya menuju sekolah dasar, lapangan futsal, dan permukiman warga. Lokasi yang strategis tersebut menjadikan area perumahan tersebut banyak dilewati oleh kendaraan.

Kondisi Iklim

Menurut BPS Kota Bogor (2018), suhu rata-rata tiap bulan Kota Bogor mencapai 27.3° C, dengan suhu terendah 22.2° C dan suhu tertinggi mencapai 33° C. Kelembaban udara mencapai 82% dan curah hujan rata-rata setiap bulan 345 mm dengan curah hujan terbesar pada bulan Februari 2017.

Kondisi Sosial dan Ekonomi

Jumlah penduduk Kota Bogor menurut BPS Kota Bogor (2018) sebanyak 1 081 009 jiwa, yang terdiri dari laki-laki sebanyak 548 196 jiwa dan perempuan 532 813 jiwa. Jumlah penduduk Kota Bogor mengalami peningkatan dari tahun 2016, yaitu sebesar 1.53% atau 16 322 jiwa. Jumlah penduduk untuk wilayah kecamatan Bogor Timur adalah sebesar 106 029 jiwa atau sekitar 9.81% dari luas wilayah kecamatan Bogor Timur (10.15 km²). Laju pertumbuhan penduduk di Kecamatan Bogor Timur dari tahun 2000 – 2010 adalah sebesar 2.15%. Jumlah penduduk terbanyak di Kota Bogor berada di Kecamatan Bogor Barat, dengan jumlah penduduk sebanyak 239 860 jiwa, sedangkan kecamatan populasi terkecil adalah Kecamatan Bogor Tengah memiliki 104 853 penduduk. Kenaikan jumlah penduduk tersebut dipengaruhi oleh tersedianya lapangan pekerjaan dengan sektor terbanyak di bidang perdagangan (BPS Kota Bogor 2018).

Perdagangan merupakan kegiatan ekonomi utama di daerah perkotaan. Sebagai kota tujuan wisata utama bagi masyarakat Jakarta, perdagangan dan pelayanan jasa di Kota Bogor sangat potensial untuk dikembangkan. Keberadaan Kelurahan Baranangsiang yang dekat dengan pintu masuk Kota Bogor (Jalan Tol Jagorawi dan Terminal Antar Kota Baranangsiang), memiliki potensi perdagangan dan jasa yang tinggi. Menurut RTRW Kota Bogor 2011 – 2031, Kelurahan Baranangsiang merupakan area permukiman, namun pada kelurahan tersebut juga terdapat pusat kuliner, pertokoan, dan penginapan untuk menarik minat wisatawan.

Kondisi Topografi dan Geologi

Kota Bogor memiliki wilayah dengan kontur berbukit dan bergelombang dengan ketinggian bervariasi, ketinggian minimum 190 m dan ketinggian maksimum 330 m di atas permukaan laut. Wilayah Kecamatan Bogor Timur memiliki lahan datar dengan kemiringan 0 – 2 % seluas 182.30 ha, seluas 722.62 ha merupakan lahan landai dengan kemiringan 2 – 15%, seluas 56.03 ha merupakan lahan agak curam dengan kemiringan 15 – 25%, seluas 44.25 ha merupakan lahan curam dengan kemiringan 25-40%, serta seluas 9.80 ha merupakan lahan sangat curam dengan kemiringan > 40%.

Jenis tanah pada wilayah Kecamatan Bogor Timur adalah aluvial kelabu (218.51 ha) dan latosol cokelat kemerahan (796.49 ha). Kondisi geologi wilayah Kecamatan Bogor Timur adalah kipas alluvial (304.21 ha) dan tufa (710.79 ha).

Analisis Tingkat Kebisingan

Jenis dan Sumber Bising

Sumber kebisingan dominan pada lokasi penelitian berasal dari aktivitas lalu lintas kendaraan bermotor. Kombinasi bising yang dihasilkan kendaraan bermotor merupakan interaksi antara mesin, ban, dan permukaan jalan (The Vehicles Technologies Office 2012). Beberapa factor yang mempengaruhi kebisingan lalu lintas, diantaranya jenis kendaraan, jenis mesin, kecepatan lalu lintas, jenis perkerasan, jarak ke sumber bising, *barrier*, topografi, dan cuaca. Tingkat kecepatan yang lebih tinggi dihasilkan oleh kendaraan yang lebih berat, kecepatan yang lebih tinggi, lereng yang menanjak, jembatan yang terlalu tinggi, dan kelembaban yang relative tinggi (Seong *et al* 2011).

Tingkat Kebisingan Hari Libur dan Hari Kerja

Sumber kebisingan di lokasi penelitian termasuk kedalam kebisingan lalu lintas. Menurut Djalante (2010) kebisingan lalu lintas merupakan kebisingan yang disebabkan oleh kendaraan bermotor berasal dari mesin, knalpot, dan interaksi roda dengan jalan. Selain itu, perumahan tersebut jugaberbatasan dengan jalan tol Jagorawi, jalan arteri sekunder (Jl. Pandu Raya), dan jalan kolektor primer (Jl. Padi dan Jl. Sinangling Padi Ramp). Menurut Perda Kota Bogor Nomor 4 Tahun 2016 tentang Garis Sempadan, jalan arteri sekunder merupakan jalan arteri dalam skala perkotaan. Jalan kolektor sekunder merupakan jalan yang melayani angkutan pengumpulan atau pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi, dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat di dalam kota.

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat kebisingan di perumahan tersebut, diketahui bahwa setiap titik memiliki tingkat kebisingan yang berbeda, serta waktu pengukuran sebanyak empat kali dalam satu hari menghasilkan tingkat bising yang berbeda-beda. Faktor yang mempengaruhi diantaranya waktu pengukuran dan jarak titik pengukuran dari sumber bising. Menurut KEP-48/MNLH/11/1996 tentang *Baku Tingkat Kebisingan*, secara keseluruhan tingkat kebisingan yang terjadi pada perumahan IPB Baranangsiang 1 melebihi baku mutu yang telah ditetapkan.

Gambar 17 Tingkat kebisingan rata-rata 16 jam (L_s)

Berdasarkan Gambar 17 dapat dilihat bahwa pengukuran tingkat kebisingan L_s yang terjadi melebihi baku mutu yang ditetapkan. Nilai L_s pada hari Senin tanggal 1 April 2019 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan hari lain, yaitu 89.2 dB, sedangkan nilai L_s tertinggi kedua adalah 87.54 dB yang terjadi pada hari Rabu tanggal 3 April 2019, kemudian diikuti hari Minggu tanggal 31 Maret 2019 memiliki nilai L_s 85.016 dB. Dari ketiga data tersebut dapat diketahui bahwa tingkat kebisingan hari kerja (Senin dan Rabu) lebih besar daripada hari libur (Minggu). Pada saat hari kerja, puncak meningkatnya jumlah kendaraan terjadi pada jam-jam sibuk yaitu pagi hari saat jam pergi kerja, kuliah, sekolah, serta pada saat sore hari saat jam pulang kerja. Pada saat hari libur, aktivitas kendaraan di perumahan tersebut menjadi berkurang, karena warga di perumahan tersebut lebih banyak menghabiskan waktu di rumah untuk beristirahat.

Hasil pengukuran tingkat kebisingan berdasarkan empat periode waktu pada hari libur ditunjukkan pada Gambar 18, hasil pengukuran tingkat kebisingan berdasarkan empat periode waktu pada hari kerja I dan II ditunjukkan pada Gambar 19 dan 20.

Gambar 18 Tingkat kebisingan rata-rata pada hari libur (Minggu)

Gambar 19 Tingkat kebisingan rata-rata pada hari kerja I (Senin)

Gambar 20 Tingkat kebisingan rata-rata pada hari kerja II (Rabu)

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa intensitas kebisingan yang paling tinggi adalah pada selang waktu pengukuran pagi, sore, dan malam hari (pukul 06.00-09.00 WIB, pukul 14.00-17.00 WIB, dan pukul 17.00-22.00 WIB). Pada hari libur (Minggu) tingkat kebisingan yang paling tinggi terjadi pada malam hari, sedangkan pada hari kerja (Senin dan Rabu) tingkat kebisingan yang paling tinggi terjadi pada sore dan malam hari. Perbedaan waktu pengukuran akan menyebabkan intensitas kendaraan yang berbeda dan akan mempengaruhi tingkat kebisingan. Pada saat pagi-sore-malam hari, aktivitas manusia dan jumlah volume kendaraan yang melintas lebih banyak dibandingkan dengan pagi dan siang hari.

Pengaruh Jarak terhadap Kebisingan

Pengaruh jarak terhadap kebisingan di lokasi penelitian dibagi menjadi 6 (enam) jalur transek. Berikut pembagian jalur transek dapat dilihat pada Gambar 21.

Gambar 21 Jalur transek pada lokasi penelitian

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada setiap jalur transek akan dibandingkan dan dianalisis apakah jarak berpengaruh terhadap tingkat kebisingan. Pada jalur transek I – IV yang terdiri dari titik 5 – 20, merupakan jalur dimana sumber bising utama berasal dari sebelah timur (Jl. Pandu dan Jl. Sinangling Padi), sedangkan jalur transek V – VI yang terdiri dari titik 21 – 27 merupakan jalur dimana sumber bising utama berasal dari sebelah utara (Jl. Tol Jagorawi dan Jl. Padi). Grafik perbandingan setiap jalur transek I – IV ditunjukkan pada Gambar 22.

Gambar 22 Perbandingan jalur transek I – IV

Gambar diatas menunjukkan bahwa jarak berpengaruh terhadap nilai kebisingan. Semakin jauh rumah dari sumber bising maka nilai bising yang didapatkan juga semakin berkurang. Pada jalur transek I menunjukkan bahwa selisih penurunan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m cukup besar, yaitu 15.68 dB, serta selisih penurunan tingkat bising pada jarak 10 m – 25 m cukup kecil, yaitu 3.74 dB. Akan tetapi, selisih penurunan tingkat bising pada jarak 25 m – 50 m adalah -1.94 dB atau dengan kata lain pada jarak 50 m tingkat kebisingan semakin bertambah. Begitu juga pada jalur transek II menunjukkan bahwa selisih penurunan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m cukup besar, yaitu 12.13 dB, serta selisih penurunan tingkat bising pada jarak 10 m – 25 m berkurang 6.95 dB. Akan tetapi, selisih penurunan tingkat bising pada jarak 25 m – 50 m adalah -4.24 dB atau dengan kata lain pada jarak 50 m tidak ada pengurangan tingkat kebisingan. Peristiwa ini menunjukkan bahwa pada jarak 0 m dari sumber suara (titik 5 dan titik 9) tingkat kebisingan dari suara kendaraan lebih besar, kemudian pada jarak 10 m tingkat kebisingan juga semakin berkurang dengan selisih 12.13 dB hingga 15.68 dB. Selain faktor jarak, faktor lain yang menyebabkan selisih

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

pengurangan yang cukup besar adalah posisi rumah-rumah di jarak 10 m yang menghadap arah timur ke barat dapat sekaligus menjadi *barrier* bagi rumah-rumah di jarak 25 m dan 50 m. Sementara itu, selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 10 m – 25 m adalah 3.74 dB – 6.95 dB. Selisih tersebut tidak cukup besar dibandingkan dengan jarak sebelumnya karena pengurangan sisa suara dari adanya *barrier* dinding rumah cukup besar. Pada jarak berikutnya, yaitu jarak 25 m – 50 m tingkat kebisingan semakin bertambah antara 1.94 dB hingga 4.24 dB atau dapat dikatakan tidak ada pengurangan suara sama sekali. Hal ini dikarenakan tingkat kebisingan pada jarak rumah 50 m memiliki posisi titik yang berdekatan (titik 8 dan 12). Kedua titik tersebut hanya dipisahkan oleh lahan yang berisikan tanaman yang ditanam tidak rapat, sehingga apabila kendaraan melintas melewati salah satu titik tersebut, suara tidak akan dapat diserap atau dipantulkan dengan baik oleh tanaman yang ada diantara kedua titik tersebut.

Pada jalur transek III dan IV menunjukkan bahwa jarak berpengaruh terhadap tingkat bising, semakin jauh dari sumber suara maka semakin kecil tingkat bising yang dihasilkan. Pada jalur transek III menunjukkan bahwa selisih penurunan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m cukup besar yaitu 16.27 dB. Sementara itu, selisih penurunan tingkat bising pada jarak 10 m – 25 m cukup kecil, yaitu 3.48 dB, sedangkan selisih penurunan tingkat bising pada jarak 25 m – 50 m adalah 0.69 dB atau dengan kata lain tidak ada pengaruh pengurangan tingkat kebisingan. Hal tersebut juga terjadi pada jalur transek IV dimana selisih penurunan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m cukup besar yaitu 15.01 dB. Sementara itu, selisih penurunan tingkat bising pada jarak 10 m – 25 m cukup kecil, yaitu 4.16 dB, sedangkan pada selisih penurunan tingkat bising pada jarak 25 m – 50 m adalah 0.92 dB atau dengan kata lain tidak ada pengaruh pengurangan tingkat kebisingan. Peristiwa tersebut dikarenakan pada jarak 0 m (titik 13 dan 17) memiliki sumber suara yang lebih tinggi, namun pada jarak 10 m tingkat kebisingan juga semakin berkurang. Selain factor pertambahan jarak, factor lain yang menyebabkan selisih pengurangan yang cukup besar adalah posisi rumah-rumah di jarak 10 m dapat sekaligus menjadi *barrier* bagi rumah-rumah di belakangnya, yaitu jarak 25 m dan 50 m. Selisih pengurangan tingkat kebisingan pada jarak 10 m – 25 m dapat dikatakan normal, yaitu berkisar antara 3.48 dB – 4.16 dB. Akan tetapi, pada jarak 25 m – 50 m selisih pengurangan tingkat kebisingan hanya berkisar antara 0.69 dB – 0.92 dB atau dengan kata lain tidak ada pengaruh pengurangan kebisingan, padahal selisih jarak cukup besar. Hal tersebut dikarenakan propagasi sumber suara pada bagian timur yang cukup besar sudah terhalang atau dipantulkan pada *barrier* dinding rumah yang ada di jarak 10 m, dimana orientasi rumah yang berada pada jarak 10 m menghadap dari timur ke barat, sehingga sisa suara yang menyebar ke jarak 25 m dan 50 m juga tidak terlalu besar dan semakin berkurang seiring dengan pertambahan jarak. Hal ini terbukti bahwa dinding rumah merupakan salah satu *barrier* yang cukup efektif untuk mengurangi bising hingga 15 dB (Mashuri 2007). Dalam penelitian ini *barrier* dinding rumah mampu mereduksi bising antara 15.01 dB – 16.27 dB.

Gambar 23 Perbandingan jalur transek V dan VI

Pada Gambar 23 menunjukkan pada transek V, jarak berpengaruh terhadap tingkat bising. Selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m adalah 5.18 dB. Apabila dibandingkan dengan transek I – IV, selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 0 m - 10 m tidak cukup besar dikarenakan pada jarak 10 m di transek V tidak terdapat dinding rumah yang dapat dijadikan *barrier* seperti pada transek sebelumnya. Oleh karena itu, selisih pengurangan tingkat kebisingan hanya disebabkan oleh faktor jarak. Kemudian selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 10 m – 25 m cukup besar, yaitu 7.61 dB, namun selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 25 m – 50 m tidak cukup besar yaitu hanya 1.27 dB atau dengan kata lain pada jarak 50 m hampir tidak ada pengurangan suara. Hal ini dikarenakan titik 24 memiliki topografi yang lebih tinggi dibandingkan titik 23 (jarak 25 m), titik 22 (jarak 10 m), dan titik 21 (jarak 0 m), sehingga apabila terdapat kendaraan yang melintas pada jalur transek V memerlukan usaha yang lebih untuk mencapai titik 24. Menurut White dan Walker (1982), kemiringan jalan dapat mempengaruhi kebisingan. Pada tanjakan jalan, dibutuhkan torsi yang lebih besar dibandingkan saat jalan rata, agar kendaraan dapat bergerak. Untuk menghasilkan torsi yang lebih besar, dibutuhkan perseneling rendah dengan putaran mesin tinggi, sehingga akan menghasilkan kebisingan yang lebih tinggi. Demikian pada saat kendaraan menuruni jalan, perseneling rendah dibutuhkan untuk membantu pengereman, agar rem menjadi lebih efektif. Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa apabila jalan lebih curam maka kendaraan akan memerlukan usaha lebih untuk dapat melewati/menanjak jalan tersebut, salah satunya menambah kecepatan kendaraan, sehingga gelombang suara yang diterima pun akan lebih tinggi.

Adapun pada transek VI terlihat selisih pengurangan tingkat kebisingan dari jarak 0 m – 10 m cukup besar, yaitu 11.45 dB. Selain faktor topografi yang lebih curam dibandingkan dengan transek V, faktor lain yang mempengaruhi pengurangan tingkat kebisingan yang cukup tinggi adalah keberadaan rumah yang terdapat pada jarak 0 m (titik 25). Rumah pada titik tersebut merupakan rumah dengan tipe rumah bertingkat, sehingga keberadaan rumah tersebut dapat menjadi *barrier* pada rumah-rumah jarak 10 m dan 25 m. Akan tetapi, pada jarak 10 m – 25 m tidak ada pengurangan tingkat kebisingan atau dengan kata lain pada jarak 25 m tingkat bising meningkat daripada jarak 10 m, yaitu sebesar 0.58 dB. Peningkatan tingkat kebisingan pada jarak 25 m (titik 27) dikarenakan titik

tersebut terbatas dengan pemukiman lain, sehingga terdapat faktor lain yang mempengaruhi tingkat bising di titik 27.

Berdasarkan analisis regresi sederhana variable Y adalah tingkat kebisingan, sedangkan variable X adalah jarak dari sumber bising. Perumahan IPB 1 Baranangsiang memiliki nilai R^2 atau koefisien determinasi sebesar 0.763, artinya variable jarak mempengaruhi kebisingan sebesar 76%, sedangkan 24% lainnya merupakan variabel lain yang mempengaruhi kebisingan. Variabel lain yang mempengaruhi tingkat bising di perumahan tersebut dapat berupa kondisi topografi, *barrier*, dan aktivitas di dalam lingkungan perumahan tersebut. Topografi perumahan, pada transek 5 dan 6, tersebut memang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber suara, sehingga gelombang suara menyebar dengan tingkat bunyi tinggi.

Barrier tanaman yang terdapat di depan halaman masjid, yang dekat dengan titik 8 dan 12, memiliki tinggi yang lebih rendah daripada tinggi bangunan serta peletakkan tanaman yang tidak rapat, sehingga gelombang suara pun dapat melewati *barrier* tersebut. Selain itu, factor aktivitas di dalam lingkungan perumahan tersebut juga dapat mempengaruhi nilai kebisingan, seperti sekolah dan lapangan futsal yang terletak di dalam perumahan tersebut. Perumahan tersebut merupakan akses masuk menuju sekolah dan lapangan tersebut. Pada saat pagi hari banyak kendaraan yang melewati perumahan menuju sekolah tersebut, begitu juga pada saat sore hari banyak kendaraan yang menuju lapangan futsal.

Nilai p-value di Perumahan IPB 1 Baranangsiang adalah 0.000001, menunjukkan bahwa hubungan jarak dan variable tingkat bising berpengaruh signifikan. Persamaan linear dari analisis regresi tersebut adalah $Y = 69.63 - 0.35X$, menunjukkan bahwa apabila variable jarak mengalami penambahan 1 m akan menurunkan variable kebisingan sebesar 0.35 dB. Menurunkan variable jarak artinya semakin dekat dengan sumber bising. Jarak berpengaruh terhadap nilai kebisingan yang dihasilkan. Semakin dekat dengan sumber bising maka nilai kebisingannya akan semakin besar, begitu juga sebaliknya apabila semakin jauh jarak dengan sumber bising maka nilai kebisingannya akan semakin berkurang.

Gambar 24 Grafik persamaan regresi linear

Pengaruh jarak dan waktu terhadap kebisingan

Pengaruh jarak dan waktu terhadap kebisingan dilakukan dengan uji statistic rancangan factorial yang terdiri dari tiga faktor, yaitu waktu, jarak, dan interaksi antara jarak dan waktu. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Pengaruh jarak dan waktu terhadap nilai kebisingan

Faktor	df	<i>p</i> - value
Jarak	3	0.000
Waktu	2	0.146
Jarak * Waktu	6	0.051

Berdasarkan hasil uji rancangan factorial menunjukkan bahwa pada lokasi Perumahan IPB 1 Baranangsiang terdapat pengaruh signifikan antara jarak terhadap kebisingan. Akan tetapi, factor waktu terhadap nilai kebisingan tidak berpengaruh. Tingkat kebisingan akan menurun apabila semakin jauh dari sumber bising, hal ini disebabkan saat terdapat sumber bunyi bergetar maka gelombang bunyi akan merambat ke segala arah dengan menempuh jarak tertentu, melemah kemudian menghilang (Suharjanto 2012). Faktor waktu bukan factor yang signifikan dalam mempengaruhi nilai kebisingan. Waktu yang dilakukan pada waktu libur dan kerja, pada saat jam sibuk maupun jam lenggang. Waktu tersebut berimplikasi pada jumlah kendaraan yang melintas di perumahan tersebut. Berikut adalah jumlah kendaraan yang melintas di Jalan Tol Jagorawi, Jalan Padi, Jalan Pandu dan Jalan Sinangling Padi Ramp.

Tabel 5 Jumlah kendaraan yang melintas pada kawasan Perumahan IPB 1 Baranangsiang

Nama Jalan	Jumlah Kendaraan/hari	Jumlah Kendaraan/jam
Minggu, 31 Maret 2019		
Tol Jagorawi	60 507 unit	2 521 unit
Padi	32 649 unit	1 360 unit
Pandu	33 691 unit	1 403 unit
Sinangling Padi Ramp	24 156 unit	1 006 unit
Senin, 1 April 2019		
Tol Jagorawi	53 701 unit	2 237 unit
Padi	34 051 unit	1 418 unit
Pandu	40 860 unit	1 702 unit
Sinangling Padi Ramp	25 620 unit	1 067 unit
Rabu, 3 April 2019		
Tol Jagorawi	58 255 unit	2 427 unit
Padi	34 051 unit	1 418 unit
Pandu	40 860 unit	1 702 unit
Sinangling Padi Ramp	25 620 unit	1 067 unit

Berdasarkan data yang diperoleh dari Jasamarga (2020), jumlah kendaraan yang melintas di Jalan Tol Jagorawi pada hari Minggu lebih banyak daripada jumlah kendaraan pada hari Senin dan Rabu. Pada hari Minggu, jumlah kendaraan yang melintas paling banyak terjadi pada pukul 11.00 WIB (2 235 unit) dan 16.00 WIB (2 470 unit). Pada hari Senin, jumlah kendaraan yang melintas paling banyak terjadi pada pukul 16.00 WIB (1 515 unit) dan 18.00 WIB (2 195 unit). Selain itu, pada hari Rabu jumlah kendaraan yang melintas paling banyak terjadi pada pukul 12.00 WIB (2 656 unit) dan 17.00 WIB (2 304 unit). Adapun data yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Kota Bogor (2019), jumlah kendaraan yang melintas di

Jalan Padi, Jalan Pandu, dan Jalan Sinangling Ramp pada hari Minggu lebih sedikit dibandingkan pada hari Senin dan Rabu.

Pada saat hari libur jumlah kendaraan yang melintas pada kawasan perumahan IPB 1 Baranangsiang lebih sedikit, baik waktu sibuk maupun lenggang. Lain halnya dengan jumlah kendaraan yang melintas pada Jl. Tol Jagorawi memang lebih padat pada hari libur dibandingkan hari kerja dikarenakan pada hari libur banyak masyarakat dari luar Kota Bogor berwisata ke Kota Bogor atau ke puncak. Pada waktu libur warga perumahan lebih banyak menghabiskan waktu di dalam rumah/istirahat, sedangkan pada hari kerja kendaraan yang melintas perumahan tersebut semakin banyak, pada saat jam sibuk maupun lenggang, karena banyak warga di perumahan tersebut pergi melakukan aktivitas di luar perumahan dan banyak pendatang yang memasuki perumahan tersebut hanya untuk menuju sekolah yang berada di dalam perumahan tersebut. Dari penjelasan tersebut dapat diketahui factor waktu tidak mempengaruhi nilai bising, melainkan faktor jumlah kendaraan melintas yang mempengaruhi nilai bising.

Penyebaran bising area perumahan

Perumahan IPB I Baranangsiang terletak diantara dua sumber bising, yaitu Jalan Padi – jalan Tol Jagorawi di sebelah utara, serta Jalan Sinangling Padi Ramp Jalan Pandu Raya di sebelah timur. Adapun sumber bising lainnya berasal dari bagian selatan dan barat dari perumahan, yaitu sekolah SD Islam Terpadu Al Khairiyah, lapangan futsal, serta permukiman lain. Pola penyebaran bising untuk sumber di sebelah utara dan timur ditunjukkan pada Gambar 25. Pola penyebaran bising dibuat dengan menggunakan *software Golden Surfer*.

Gambar 25 Pola penyebaran bising pada sumber bising (a) utara dan (b) timur

Sumber bising yang berasal dari jalan Tol Jagorawi tidak terlalu dominan dikarenakan terhalang oleh *barrier* tanaman, sehingga sumber bising dari Jalan Padi akan lebih dominan untuk sumber bising di bagian utara. Sumber suara dari kendaraan yang melintas di Jalan Padi akan menyebar dan dipantulkan oleh *barrier* tanaman dan rumah-rumah yang ada di pinggir jalan, sehingga rumah-rumah yang terletak di bagian dalam tidak merasakan bising yang tinggi karena terhalang oleh rumah-rumah yang di depannya.

Pada sumber bagian timur terlihat bahwa terdapat kontur berwarna oranye. Hal ini dikarenakan pada kontur tersebut juga terdapat pengaruh sumber suara yang berasal dari bagian utara. Pada bagian timur, sumber bising berasal dari dua

jalan yang berada pada ketinggian level yang berbeda. Terdapat pula barisan pohon yang dapat berfungsi sebagai *barrier* diantara kedua jalan tersebut. Penyusunan *barrier* pohon tersebut tidak rapat sehingga gelombang suara dapat menyebar diantara pohon-pohon tersebut. Gelombang suara yang berasal dari kendaraan di jalan atas akan merambat ke segala arah dan memantul kearah yang tidak beraturan apabila terdapat *barrier*, namun apabila terdapat *barrier* yang tidak rapat, maka gelombang suara akan menyebar hingga sampai ke jalan di bawahnya. Begitu pula dengan sumber suara yang berasal dari jalan bawah, gelombang suara yang berasal dari kendaraan yang melintas di bagian jalan bawah dan jalan atas akan menyebar ke segala arah, kemudian suara dipantulkan melalui *barrier* dinding rumah, tanaman, dan gundukan tanah. Oleh karena itu, tingkat tekanan bising yang dihasilkan dari jalan bawah akan semakin tinggi karena berasal dari jalan atas dan jalan bawah itu sendiri. Gambar 26 menunjukkan peta sebaran kebisingan pada area Perumahan IPB I Baranangsiang dengan menggunakan *software golden surfer*.

Gambar 26 Peta sebaran bising Perumahan IPB I Baranangsiang

Pada sumber di bagian utara dan timur terlihat bahwa warna kontur yang dekat dengan sumber bising berwarna merah tua, sedangkan kontur yang jauh dari sumber suara berwarna biru. Hal ini terbukti bahwa semakin jauh dari sumber suara maka tingkat kebisingan juga semakin berkurang.

Persepsi dan Preferensi

Persepsi gangguan kebisingan

Persepsi merupakan aktivitas merasakan, menginterpretasikan, dan memahami objek baik fisik maupun social (Walgito 1981). Persepsi manusia memiliki perbedaan sudut pandang dalam penginderaan yang mempersepsikan sesuatu yang akan mempengaruhi tindakan manusia. Persepsi penduduk

digunakan untuk mengetahui sikap penduduk terhadap gangguan kebisingan di lingkungan perumahan IPB Baranangsiang 1. Pada jarak rumah ≤ 10 m didapatkan tingkat kebisingan rata-rata adalah 62.37 dB, dimana sudah melebihi baku mutu tingkat kebisingan.

Pada penelitian ini, hasil persepsi dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu responden yang tinggal di jarak ≤ 10 m, responden yang tinggal di jarak 25 m, dan responden yang tinggal di jarak 50 m. Dari ketiga kelompok responden tersebut dapat diketahui perbandingan gangguan kebisingan yang mereka rasakan selama tinggal di perumahan tersebut berdasarkan jarak rumah dari sumber bising. Kebisingan dapat menyebabkan gangguan secara fisiologi, psikologi, dan komunikasi. Gangguan secara fisiologis dapat berupa gangguan kardiovaskular, sakit kepala, cepat lelah (Chun song dan Tkebuchava 2019), dan tinnitus (Manohar *et al* 2016). Tinnitus merupakan sensasi suara seperti berdengung tanpa adanya sumber suara eksternal (WHO 2015). Gangguan psikologis dapat berupa mengganggu konsentrasi, tidak nyaman, cepat marah (Herawati P 2016), dan terganggu saat tidur (Tiesler *et al* 2013). Gangguan komunikasi dapat berupa harus berbicara keras, sulit memahami suara saat berbicara, dan sulit mengartikan penyampaian lawan bicara. Seseorang yang mengalami gangguan pendengaran akan kehilangan peluang untuk memahami instruksi yang diberikan secara verbal dan kesulitan melakukan asosiasi antara bunyi dan huruf (Yulianto A 2013).

Tabel 6 Persepsi penduduk yang tinggal di jarak ≤ 10 m

No	Pernyataan	Tanggapan (%)				
		STS	TS	R	S	SS
1	Sakit kepala/pusing		92.31		7.69	
2	Telinga berdengung/tinnitus		92.31	7.69		
3	Cepat lelah		92.31	7.69		
4	Mengganggu konsentrasi		30.77	7.69	38.46	23.08
5	Tidak nyaman		7.69		53.85	38.46
6	Mudah marah/emosi		69.23	7.69		23.08
7	Mengganggu saat tidur		7.69		30.77	61.54
8	Harus berbicara keras		30.77	7.69	61.54	
9	Sulit memahami suara saat berbicara		76.92	7.69	15.38	
10	Sulit mengartikan penyampaian lawan bicara		84.62	7.69	7.69	

Keterangan:

STS = sangat tidak setuju; TS = tidak setuju, R = ragu-ragu, S = setuju, SS = sangat setuju.

Berdasarkan Tabel 6 diketahui penduduk perumahan IPB 1 Baranangsiang dengan jarak tinggal ≤ 10 m menjawab setuju mengenai gangguan kebisingan harus berbicara keras, mengganggu konsentrasi, dan tidak nyaman. Sementara itu, sebanyak 61.54% penduduk menjawab sangat setuju pada gangguan saat tidur.

Tabel 7 Persepsi penduduk yang tinggal di jarak 25 m

No	Pernyataan	Tanggapan (%)				
		STS	TS	R	S	SS
1	Sakit kepala/pusing		100			
2	Telinga berdengung/tinnitus		90		10	
3	Cepat lelah		100			
4	Mengganggu konsentrasi		40		60	
5	Tidak nyaman		30		70	10
6	Mudah marah/emosi		80		20	
7	Mengganggu saat tidur		60		40	
8	Harus berbicara keras		70		20	10
9	Sulit memahami suara saat berbicara		80		10	10
10	Sulit mengartikan penyampaian lawan bicara		80		20	

Keterangan:

STS = sangat tidak setuju; TS = tidak setuju, R = ragu-ragu, S = setuju, SS = sangat setuju.

Pada jarak 25 m diketahui rata-rata kebisingan juga melebihi baku mutu tingkat kebisingan untuk kawasan pemukiman dan perumahan yaitu mencapai 56.46 dB. Pada Tabel 7 menunjukkan persepsi penduduk menjawab setuju untuk gangguan kebisingan yang mereka rasakan berupa tidak nyaman (70%), dan mengganggu konsentrasi (60%).

Tabel 8 Persepsi penduduk yang tinggal di jarak 50 m

No	Pernyataan	Tanggapan (%)				
		STS	TS	R	S	SS
1	Sakit kepala/pusing		100			
2	Telinga berdengung/tinnitus		100			
3	Cepat lelah		100			
4	Mengganggu konsentrasi		57.14		14.29	28.57
5	Tidak nyaman		28.57		71.43	
6	Mudah marah/emosi		71.43			28.57
7	Mengganggu saat tidur		42.86		28.57	28.57
8	Harus berbicara keras		71.43		28.57	
9	Sulit memahami suara saat berbicara		85.71		14.29	
10	Sulit mengartikan penyampaian lawan bicara		85.71		14.29	

Keterangan:

STS = sangat tidak setuju; TS = tidak setuju, R = ragu-ragu, S = setuju, SS = sangat setuju.

Pada jarak 50 m diketahui rata-rata kebisingan mencapai 56.10 dB. Pada Tabel 8 menunjukkan persepsi penduduk menjawab setuju pada gangguan kebisingan tidak nyaman (71.43%).

Dari hasil perhitungan persepsi diatas dapat diketahui bahwa sebagian besar penduduk yang tinggal di jarak ≤ 10 m, 25 m dan 50 m merasakan gangguan kebisingan secara psikologis dan komunikasi, yang berupa mengganggu

konsentrasi, merasa tidak nyaman, mengganggu saat tidur/istirahat dan berbicara keras. Pernyataan tersebut didukung dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Anangga *et al* (2015) bahwa kebisingan dapat menimbulkan gangguan pendengaran, kehamilan, pertumbuhan bayi, gangguan komunikasi, gangguan istirahat, gangguan tidur, gangguan mental, ketidaknyamanan, dan juga gangguan aktivitas sehari-hari. Adapun penelitian yang dilakukan oleh Herawati (2016) menyatakan bahwa kebisingan juga menyebabkan gangguan psikologis dan gangguan fisiologis. Gangguan psikologis diantaranya seperti tidak nyaman, kurang konsentrasi, dan cepat marah, sedangkan gangguan fisiologis dapat berupa peredaran darah terganggu dan denyut jantung bertambah. Perbedaan persepsi penduduk dapat disebabkan oleh perbedaan karakteristik responden. Selain itu, pernyataan setiap responden mengenai gangguan kebisingan juga bersifat subjektif.

Distribusi responden mengenai gangguan kebisingan pada masing-masing titik pengukuran

Pengukuran bising menggunakan alat *Sound Level Meter* (SLM) selama 16 jam pada 18 titik dari 27 titik, yang mewakili keseluruhan responden yang terkena dampak bising. Adapun hasil pengukuran intensitas bising pada 18 titik yang dicantumkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil pengukuran intensitas kebisingan 18 titik pengukuran

No	Titik pengukuran	Jarak rumah (m)	Tingkat bising (dB)	Nilai ambang batas (dB)
1	Titik 6	10	58.70	55
2	Titik 7	25	54.96	
3	Titik 8	50	56.90	
4	Titik 10	10	61.38	
5	Titik 11	25	54.43	
6	Titik 12	50	58.67	
7	Titik 14	10	57.46	
8	Titik 15	25	53.98	
9	Titik 16	50	53.35	
10	Titik 18	10	58.03	
11	Titik 19	25	53.87	
12	Titik 20	50	52.95	
13	Titik 22	10	67.51	
14	Titik 23	25	59.90	
15	Titik 24	50	58.63	
16	Titik 25	0	72.47	
17	Titik 26	10	61.02	
18	Titik 27	25	61.60	

Berdasarkan Tabel 9 diketahui dari 18 titik pengukuran, intensitas bising di 12 titik pengukuran telah melebihi nilai ambang batas > 55 dB yang berpotensi mengakibatkan gangguan pendengaran, sedangkan 6 titik lainnya tidak melebihi nilai ambang batas < 55 dB.

Tingkat kebisingan di Perumahan IPB 1 Baranangsiang sudah melebihi nilai batas ambang yang diperkenankan dan jika dibiarkan terus menerus dapat menimbulkan kerugian pada penduduk perumahan. Distribusi responden pada 18 titik dan jumlah responden yang mengalami gangguan kebisingan secara fisiologi yang dialami ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Distribusi responden yang mengalami gangguan fisiologi

Titik ukur	Jarak rumah (m)	Tingkat bising (dB)	Jumlah responden		Jumlah responden yang mengalami gangguan fisiologi		
			n	%	Sakit kepala	Tinnitus	Cepat lelah
Titik 6	10	58.70	4	13.3	0	0	0
Titik 7	25	54.96	2	6.7	0	0	0
Titik 8	50	56.90	1	3.3	0	0	0
Titik 10	10	61.38	2	6.7	0	0	0
Titik 11	25	54.43	2	6.7	0	0	0
Titik 12	50	58.67	1	3.3	0	0	0
Titik 14	10	57.46	2	6.7	0	0	0
Titik 15	25	53.98	2	6.7	0	0	0
Titik 16	50	53.35	2	6.7	0	0	0
Titik 18	10	58.03	2	6.7	0	0	0
Titik 19	25	53.87	2	6.7	0	1	0
Titik 20	50	52.95	2	6.7	0	0	0
Titik 22	10	67.51	1	3.3	1	0	0
Titik 23	25	59.90	1	3.3	0	0	0
Titik 24	50	58.63	1	3.3	0	0	0
Titik 25	0	72.47	1	3.3	0	0	0
Titik 26	10	61.02	1	3.3	0	0	0
Titik 27	25	61.60	1	3.3	0	0	0
Jumlah			30	100	1	1	0

Dari Tabel 10, dapat dilihat bahwa responden titik 22 menerima intensitas bising tinggi kedua, yaitu 67.51 dB mengalami gangguan fisiologis berupa sakit kepala. Hal ini menunjukkan semakin tinggi intensitas bising, maka semakin besar dampak gangguan kebisingan yang diakibatkan. Menurut Chun Song dan Thebuchava (2019), kebisingan tidak hanya menyebabkan masalah kesehatan seperti kelelahan, stress, cepat marah, sakit kepala, dan insomnia, tetapi juga dapat membahayakan system kardiovaskular dan menyebabkan hipertensi, penyakit jantung, aritmia (atrium fibrilasi) dan stroke, serta ketidakseimbangan otak dan metabolisme seperti obesitas, diabetes, kanker, gangguan kognitif, dan penyakit mental setelah paparan jangka panjang.

Titik 25 memiliki tingkat bising tertinggi, yaitu 72.47 dB, namun responden tidak merasakan dampak fisiologis akibat bising. Hal ini dikarenakan tipe rumah responden 25 adalah 2 tingkat dan memiliki banyak tanaman di halaman rumahnya, sedangkan tipe rumah responden 22 adalah 1 tingkat dan tidak terlalu banyak tanaman di halaman rumahnya. Dinding rumah dapat dijadikan sebagai *barrier* kebisingan. Tipe rumah 2 tingkat memiliki *barrier* yang lebih baik dibandingkan dengan tipe rumah 1 tingkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Umiati (2012) bahwa pagar tembok setinggi 2 meter dapat menurunkan tingkat

kebisingan di halaman rumah sebesar 9.02 dB. Selain itu, penempatan beberapa tanaman di halaman rumah dapat berfungsi sebagai *barrier* pereduksi bising. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Kalansuriya (2009), *barrier* vegetasi dapat mereduksi tingkat bising sebanyak 4 dB – 5 dB, dengan ketebalan tanaman 1.5 m.

Selain gangguan fisiologi, gangguan akibat kebisingan lainnya adalah gangguan psikologi. Distribusi responden dan jumlah responden yang mengalami gangguan psikologi ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Distribusi responden yang mengalami gangguan psikologi

Titik ukur	Jarak rumah (m)	Tingkat bising (dB)	Jumlah responden		Jumlah responden yang mengalami gangguan psikologi			
			n	%	Gangguan konsentrasi	Tidak nyaman	Mudah marah	Gangguan saat tidur
Titik 6	10	58.70	4	13.3	4	4	2	4
Titik 7	25	54.96	2	6.7	2	2	0	2
Titik 8	50	56.90	1	3.3	1	1	1	1
Titik 10	10	61.38	2	6.7	2	2	0	2
Titik 11	25	54.43	2	6.7	1	2	0	1
Titik 12	50	58.67	1	3.3	1	1	0	1
Titik 14	10	57.46	2	6.7	2	2	1	2
Titik 15	25	53.98	2	6.7	1	1	0	1
Titik 16	50	53.35	2	6.7	1	1	0	1
Titik 18	10	58.03	2	6.7	0	2	0	2
Titik 19	25	53.87	2	6.7	1	2	2	2
Titik 20	50	52.95	2	6.7	0	2	0	0
Titik 22	10	67.51	1	3.3	0	1	0	1
Titik 23	25	59.90	1	3.3	1	1	1	1
Titik 24	50	58.63	1	3.3	0	0	1	1
Titik 25	0	72.47	1	3.3	0	1	0	1
Titik 26	10	61.02	1	3.3	0	0	0	0
Titik 27	25	61.60	1	3.3	0	0	0	1
Jumlah			30	100	17	25	8	24

Pada Tabel 11 menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami gangguan psikologi akibat bising. Hampir semua responden yang tinggal di jarak 0 m dan 10 m sebagian besar mengalami gangguan psikologi. Dengan jenis gangguan yang paling banyak dialami adalah tidak nyaman, kemudian terganggu saat tidur, lalu konsentrasi terganggu, dan disusul dengan mudah marah. Penelitian yang dilakukan oleh Kristiyanto *et al* (2014) juga menyatakan bahwa kebisingan dapat mempengaruhi gangguan psikologis seperti tidak nyaman, kurang konsentrasi, susah tidur, cepat marah, kejengkelan, dan kebingungan. Akan tetapi, responden 26, yang tinggal di jarak 10 m, tidak mengalami gangguan. Hal ini dikarenakan lingkungan rumah responden 26 terletak diantara rumah responden 25 dan 27, dimana kedua rumah tersebut merupakan tipe rumah 2 tingkat, sehingga kedua rumah tersebut dengan kata lain dapat dijadikan *barrier* bagi responden 26.

Pada gangguan psikologi, manusia menginterpretasikan bunyi yang ditangkapnya pada proses terakhir pendengaran. Apabila terjadi kerusakan penerimaan dipusat pendengaran dibagian otak oleh syaraf pendengaran, manusia menginterpretasikan bunyi bising tersebut sebagai kondisi yang mengancamnya. Hal ini ditandai dengan adanya gerakan/reaksi pada manusia, seperti meningkatnya *hormone cortical*, ketegangan meninggi, emosi bertambah, dan sebagainya (Yulianto 2013).

Gangguan akibat kebisingan lainnya adalah gangguan komunikasi. Distribusi responden dan jumlah responden yang mengalami gangguan komunikasi ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Distribusi responden yang mengalami gangguan komunikasi

Titik ukur	Jarak rumah (m)	Tingkat bising (dB)	Jumlah responden		Jumlah responden yang mengalami gangguan komunikasi		
			n	%	Bicara keras	Sulit memahami suara	Sulit mengartikan penyampaian lawan bicara
Titik 6	10	58.70	4	13.3	4	2	0
Titik 7	25	54.96	2	6.7	1	0	0
Titik 8	50	56.90	1	3.3	1	0	1
Titik 10	10	61.38	2	6.7	2	0	1
Titik 11	25	54.43	2	6.7	0	0	0
Titik 12	50	58.67	1	3.3	0	0	0
Titik 14	10	57.46	2	6.7	2	0	0
Titik 15	25	53.98	2	6.7	0	0	1
Titik 16	50	53.35	2	6.7	1	0	0
Titik 18	10	58.03	2	6.7	0	0	0
Titik 19	25	53.87	2	6.7	1	1	0
Titik 20	50	52.95	2	6.7	0	0	0
Titik 22	10	67.51	1	3.3	-	0	0
Titik 23	25	59.90	1	3.3	1	1	1
Titik 24	50	58.63	1	3.3	0	1	0
Titik 25	0	72.47	1	3.3	0	0	0
Titik 26	10	61.02	1	3.3	0	0	0
Titik 27	25	61.60	1	3.3	0	0	0
Jumlah			30	100	13	5	4

Gangguan komunikasi yang dirasakan oleh sebagian besar responden adalah harus berbicara keras. Titik 19 memiliki tingkat bising yang lebih rendah daripada titik 18, namun responden titik 19 mengalami gangguan kebisingan berupa berbicara keras dikarenakan pada lingkungan rumah responden tersebut terdapat hewan peliharaan dalam jumlah banyak, sehingga pada saat komunikasi responden tersebut harus berbicara keras agar lawan bicara terdengar dan suaranya tidak lebih kecil dari suara hewan peliharaannya.

Seseorang yang mengalami gangguan pendengaran akan kesulitan dalam memahami instruksi secara verbal, merasa cepat lelah karena memerlukan tenaga ekstra dalam mendengarkan penjelasan dari lawan bicara, dan kesulitan

melakukan asosiasi antara bunyi dan huruf, khususnya pada saat di luar ruangan. Kemampuan mengingat agak terganggu, selanjutnya kewaspadaan terhadap bahaya kurang, prestasi menurun, serta lebih mengembangkan dominasi indera visual dan kinestetik dalam menyerap penyampaian yang diberikan rekan kerja. Dari proses perilaku, seseorang yang mengalami gangguan pendengaran akan sering dipersepsikan sebagai seseorang yang canggung dan kurang peka terhadap isyarat percakapan yang disampaikan (Yulianto 2013).

Hubungan tingkat bising dengan gangguan kebisingan penduduk

Dalam penelitian ini, variable dari karakteristik responden yang digunakan adalah variable intensitas kebisingan. Variabel ini digunakan untuk menganalisis hubungan intensitas kebisingan dengan gangguan kebisingan yang dirasakan, baik secara fisiologi, psikologi, dan komunikasi. Pada Tabel 13 menunjukkan hubungan intensitas bising dengan gangguan bising secara fisiologis.

Tabel 13 Hasil uji bivariate terhadap gangguan fisiologi

Variabel	Jumlah responden		Gangguan fisiologi					
			Sakit kepala		Tinnitus		Cepat lelah	
	n	%	<i>p</i> value	koef. korelasi	<i>p</i> value	koef. korelasi	<i>p</i> value	koef. korelasi
Tingkat bising	30	100	0.040	0.206*	0.464	0.074	-	-

Keterangan:

*uji korelasi Spearman dengan taraf sig. 5%

Tabel 13 menunjukkan uji statistic menggunakan korelasi *rank Spearman* dengan α sebesar 0.05, diperoleh nilai *p value* pada gangguan sakit kepala adalah 0.040, dengan korelasi 0.206. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas bising dengan gangguan sakit kepala, dengan keeratan hubungan yang lemah. Pada gangguan tinnitus dan cepat lelah tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan intensitas kebisingan. Tabel 14 menunjukkan hasil uji statistic intensitas kebisingan dengan gangguan psikologi.

Tabel 14 Hasil uji bivariate terhadap gangguan psikologi

Variabel	Jumlah responden		Gangguan psikologi							
			Konsentrasi terganggu		Tidak nyaman		Mudah marah		Terganggu saat tidur	
	n	%	<i>p</i> value	kf. kor	<i>p</i> value	koef. kor	<i>p</i> value	koef. kor	<i>p</i> value	koef. kor
Tingkat bising	30	100	0.410	0.083	0.000	0.486**	0.474	0.072	0.000	0.421**

Keterangan:

**uji korelasi Spearman dengan taraf sig. 5%

Hasil uji statistic pada Tabel 14 menggunakan korelasi *rank Spearman* dengan α sebesar 0.05. Dari hasil uji statistic diperoleh nilai *p value* pada gangguan konsentrasi adalah 0.410 dengan korelasi 0.083. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara intensitas bising dengan gangguan konsentrasi tidak

signifikan. Adapun nilai p value pada gangguan tidak nyaman adalah 0.000 dengan korelasi 0.486, hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas bising dengan gangguan tidak nyaman, dengan tingkat keeratan yang cukup kuat (sedang). Untuk nilai p value pada gangguan mudah marah adalah 0.474 dengan korelasi 0.072 yang menunjukkan bahwa hubungan antara intensitas bising dengan gangguan konsentrasi tidak signifikan. Selain itu, pada gangguan saat tidur diperoleh nilai p value 0.000 dengan korelasi 0.421, yang menunjukkan bahwa hubungan terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas bising dengan gangguan saat tidur, dengan tingkat keeratan yang cukup kuat (sedang). Hubungan intensitas kebisingan dengan gangguan komunikasi ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil uji bivariate terhadap gangguan komunikasi

Variabel	Gangguan komunikasi							
	Jumlah responden		Berbicara keras		Sulit memahami suara saat bicara		Sulit mengartikan penyampaian lawan bicara	
	n	%	p value	kf. korelasi	p value	kf. korelasi	p value	kf. korelasi
Tingkat bising	30	100	0.001	0.323**	0.155	0.143	0.513	-0.066

Keterangan:

**uji korelasi Spearman dengan taraf sig. 5%

Berdasarkan hasil uji statistic pada Tabel 15 menggunakan korelasi *rank spearman*, dengan α sebesar 0.05, diperoleh nilai p value pada gangguan berbicara keras adalah 0.001 dengan korelasi 0.323. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara variable intensitas bising dengan gangguan berbicara keras, dengan keeratan hubungan lemah. Selain itu, pada gangguan sulit memahami suara saat bicara dengan gangguan sulit mengartikan penyampaian lawan bicara tidak terdapat hubungan yang signifikan.

Persepsi kenyamanan audial

Hasil persepsi mengenai kenyamanan audial di lingkungan perumahan ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16 Persepsi mengenai kenyamanan audial lingkungan perumahan

No	Pernyataan	Tanggapan (%)				
		STS	TS	R	S	SS
1	Terganggu dengan suara kendaraan melintas saat berada di halaman rumah		20.00	6.67	13.33	60.00
2	Melakukan upaya dalam mengurangi bising		40.00	10.00	46.67	3.33
3	Lingkungan perumahan sudah memberikan kenyamanan audial		23.33	3.33	53.33	20.00

Keterangan:

STS = sangat tidak setuju; TS = tidak setuju, R = ragu-ragu, S = setuju, SS = sangat setuju.

Dari hasil penelitian mengenai kenyamanan audial di lingkungan perumahan IPB 1 Baranangsiang, responden merasa terganggu dengan adanya suara bising dari kendaraan yang melintas saat berada di halaman rumah, dengan perolehan suara 60%. Perumahan IPB 1 Baranangsiang berbatasan dengan pemukiman penduduk yang memiliki beberapa fasilitas, seperti sekolah dasar dan lapangan olahraga, sehingga banyak kendaraan yang melintas menuju ke tempat fasilitas tersebut melalui lingkungan perumahan IPB 1 Baranangsiang yang juga sebagai akses masuk. Dalam mengurangi kebisingan, warga mencoba melakukan upaya mengurangi bising memperoleh jawaban setuju sebanyak 46.67%. Beberapa upaya yang dilakukan warga, seperti menutup pintu dan jendela rumah, memasang rambu larangan di lingkungan perumahan, serta melakukan aktivitas lain yang dapat mengalihkan perhatian dari gangguan suara bising. Berdasarkan Tabel 16 penduduk perumahan IPB 1 Baranangsiang lebih banyak menjawab setuju terhadap kenyamanan audial yang dirasakan di lingkungan perumahan IPB Baranangsiang (53.33%).

Pernyataan tersebut sesuai dengan Djalante (2010) bahwa tingkat kebisingan dapat diterima tergantung pada berapa lama orang tersebut terpapar kebisingan. Tingkat kebisingan yang dapat ditolerir oleh seseorang tergantung pada kegiatan apa yang sedang dilakukan orang tersebut.

Gambar 27 Tingkat kebisingan yang ditoleransi pada kawasan pemukiman
Sumber: Djalante (2010)

Berdasarkan gambar diatas tingkat kebisingan 50 – 60 dB masih dapat ditolerir untuk kawasan pemukiman dan perumahan. Tingkat kebisingan di dalam lingkungan perumahan IPB 1 Baranangsiang adalah 56.10 – 60.68 dB, sehingga warga perumahan masih merasa nyaman berada di lingkungan perumahan tersebut.

Preferensi penduduk dalam mengatasi kebisingan

Dalam penelitian ini, preferensi dibagi menjadi beberapa pertanyaan antara lain upaya pengendalian kebisingan, bentuk penataan tanaman di halaman rumah untuk mereduksi bising, fungsi pohon yang diinginkan di halaman rumah, tipe dinding penghalang, dan kenyamanan lingkungan perumahan. Salah satu upaya pengendalian kebisingan di lingkungan perumahan dengan menggunakan barrier, barrier dapat berupa dinding penghalang maupun barrier tanaman. Gambar 28 menunjukkan hasil perhitungan preferensi penduduk terhadap upaya pengendalian kebisingan di lingkungan perumahan.

Gambar 28 Upaya pengendalian kebisingan di lingkungan perumahan

Masyarakat di Perumahan IPB 1 Baranangsiang lebih memilih untuk menggunakan *barrier* tanaman. Tipe *barrier* tanaman yang paling banyak digunakan di perumahan tersebut adalah penataan berbagai macam tanaman pada halaman rumah, namun ada juga beberapa responden yang menggunakan pagar tanaman.

Gambar 29 Tipe *barrier* penataan tanaman dan pagar tanaman

Vegetasi dapat mengurangi tingkat kebisingan lalu lintas, terutama di jalan-jalan sempit dengan fasad yang keras. Pagar tanaman dengan tinggi 1.5 m dapat mengurangi bising sekitar 4 dB apabila penerima berada di jarak 1 m dari pagar tanaman tersebut (Van Renterghem *et al* 2015). Penataan tanaman di halaman rumah juga dapat mengurangi tingkat kebisingan, dengan menata beberapa jenis tanaman pada halaman rumah. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Carpenter *et al* (1975) bahwa tingkat kebisingan yang dapat direduksi oleh tanaman tergantung pada kepadatan tanaman, tinggi tanaman, dan lebat penanaman.

Pola penataan tanaman pada halaman rumah dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu bergerombol (rapat dan kompak), menyebar, dan berbentuk jalur. Bentuk bergerombol dapat diartikan sebagai komunitas tanaman terkonsentrasi di suatu tempat. Bentuk menyebar merupakan komunitas tanaman tumbuh menyebar berupa rumpun atau gerombol kecil, sedangkan untuk bentuk jalur adalah bentuk komunitas tanamannya tumbuh mengikuti jalur, seperti jalan dan saluran. Menurut preferensi responden, mereka menyukai penataan tanaman pada halaman rumah ditunjukkan pada Gambar 30.

Gambar 30 Penataan tanaman pada halaman rumah untuk mereduksi bising

Gambar 31 Pola penataan tanaman menyebar di halaman rumah penduduk

Berdasarkan persentase, Gambar 30 menunjukkan, penduduk perumahan IPB 1 Baranangsiang lebih menyukai penataan tanaman berbentuk menyebar di halaman rumah mereka. Hal tersebut sesuai dengan penataan tanaman di halaman rumah mereka, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 31.

Sebagian halaman rumah dari perumahan IPB 1 Baranangsiang sudah memiliki pola penanaman yang bagus dan menarik. Salah satu contoh halaman rumah dari perumahan tersebut yang efektif dalam mengurangi bising adalah rumah yang berada di jarak 10 m dari sumber suara.

Gambar 32 Halaman rumah yang efektif mengurangi bising

Rumah tersebut berada pada titik 26, dimana memiliki tingkat bising sebesar 61.02 dB. Berdasarkan hasil wawancara, penghuni rumah tersebut tidak

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

merasakan adanya gangguan kebisingan sama sekali, baik gangguan secara fisiologis, psikologis, maupun komunikasi. Halaman rumah tersebut memiliki pola tanaman yang menyebar dan rapat, sehingga suara bising dari kendaraan atau sumber bising yang berada di luar halaman rumah tersebut tidak mempengaruhi penghuni rumah. Sesuai dengan pernyataan Irwan (1994), pola penanaman yang efektif dalam mengurangi bising adalah pola menyebar berstrata banyak dan bergerombol berstrata banyak. Maksud dari berstrata banyak adalah tanaman tersusun dari beberapa baris.

Lingkungan perumahan sebaiknya memberikan kenyamanan bagi para penghuninya. Gambar 33 menunjukkan lingkungan perumahan yang diinginkan oleh responden.

Gambar 33 Kenyamanan lingkungan perumahan yang diinginkan responden

Dari preferensi diatas, Gambar 33, menunjukkan bahwa penduduk perumahan IPB I Baranangsiang menyukai lingkungan perumahan yang memberikan kenyamanan secara audial. Dari preferensi diatas, dapat disimpulkan bahwa masalah kebisingan merupakan salah satu masalah lingkungan bagi perumahan tersebut, sehingga dibutuhkan penanganan yang tepat untuk mengurangi kebisingan di perumahan tersebut. Penanganan yang tepat dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya menggunakan *barrier* tanaman ataupun dinding.

Simulasi Penggunaan Penghalang (*Barrier*)

Sound pressure level pada simulasi laboratorium

Berdasarkan pengukuran di lapang, tingkat kebisingan tertinggi terletak pada sumber dari arah timur karena memiliki dua sumber suara, yaitu sumber suara bawah direpresentasikan oleh Jalan Sinangling Padi Ramp dan sumber suara atas yang direpresentasikan oleh Jalan Pandu Raya. Oleh karena itu, pengambilan rekaman suara *traffic noise* suara asli di lapang dilakukan di titik tersebut yang nantinya diputar dalam simulasi laboratorium dengan menggunakan *speaker*. Tingkat kebisingan yang diukur adalah tingkat tekanan suara atau *sound pressure level* (SPL) yang disesuaikan dengan kondisi lapang yaitu 74 dB dengan frekuensi 20 – 20000 Hz. Pengukuran kebisingan latar belakang (*background noise*) juga dilakukan di ruang semi bebas gema pada frekuensi 20 – 20000 Hz. Pengukuran dilakukan dalam keadaan sumber bunyi *off* dan sumber bunyi *on* dengan cara

ketiga mikrofon diletakkan pada satu titik yang dianggap mewakili satu ruangan dan sumber bunyi diletakkan di titik rencana pada penelitian utama.

Gambar 34 Pengukuran SPL di ruang semi bebas gema

Tujuan dilakukan pengukuran kebisingan latar belakang adalah memperoleh data yang dihasilkan sumber bunyi dalam ruangan tanpa pengaruh sumber bunyi dari luar ruangan. Perbedaan hasil pengukuran ini menjadi acuan dalam menentukan besarnya koreksi bising latar belakang. Berikut adalah perbedaan hasil pengukuran SPL *on* dengan SPL saat sumber bunyi *off* (Tabel 17).

Tabel 17 Perbedaan SPL sumber bunyi *on* dengan SPL sumber bunyi *off* pada frekuensi 20 – 20000Hz

Frekuensi (Hz)	SPL sumber bunyi <i>on</i> – SPL bunyi <i>off</i> (dB)					
	Frame 1			Frame 2		
	r 50	r 100	r 150	r 50	r 100	r 150
20	-2.91	-2.47	-1.81	9.40	8.59	8.68
25	1.45	4.86	1.56	19.53	18.46	19.10
31.5	-15.3	-15.5	-16.43	2.87	0.26	1.54
40	-0.28	-5.16	-4.82	-3.71	-4.53	-0.90
50	2.26	1.53	-2.51	-5.41	-8.04	0.87
63	20.77	20.17	15.57	18.13	16.85	21.36
80	27.48	29.19	29.34	24.12	19.75	26.45
100	38.04	25.02	24.69	32.35	20.81	19.49
125	41.68	34.95	35.82	22.64	16.94	19.73
160	41.73	38.43	37.26	36.48	31.60	31.92
200	50.99	44.23	44.93	45.73	40.70	40.97
250	54.00	46.55	48.61	52.32	45.45	47.81
315	55.08	50.65	49.07	51.01	45.10	42.56
400	52.11	46.55	43.68	53.14	44.36	41.69
500	56.52	50.18	47.94	51.00	45.51	42.46
630	53.72	51.32	48.54	48.97	45.58	43.35
800	57.71	52.55	48.84	46.83	43.86	42.33
1000	57.72	51.40	48.03	49.52	46.22	39.60
1250	56.94	50.45	46.82	49.12	45.87	40.28
1600	55.12	47.51	42.32	44.56	42.13	37.24
2000	52.75	46.36	41.83	38.26	38.93	31.95
2500	43.41	38.79	35.19	36.38	33.33	29.68
3150	47.10	38.67	36.53	36.91	32.51	26.84
4000	45.71	36.31	31.64	35.65	29.28	22.16

Keterangan: r = jarak (cm)

Tabel 17 Perbedaan SPL sumber bunyi *on* dengan SPL sumber bunyi *off* pada frekuensi 20 – 20000Hz (*lanjutan*)

Frekuensi (Hz)	SPL sumber bunyi <i>on</i> – SPL bunyi <i>off</i> (dB)					
	Frame 1			Frame 2		
	r 50	r 100	r 150	r 50	r 100	r 150
5000	44.22	36.78	31.00	36.31	30.54	21.56
6300	38.34	32.54	27.13	27.83	25.30	15.74
8000	35.02	33.63	25.83	23.65	24.44	15.10
10000	27.85	29.92	20.82	18.66	14.98	3.52
12500	16.11	11.83	10.02	8.91	1.33	-4.37
16000	4.33	1.80	0.93	0.59	0.11	-4.48
20000	0.61	0.67	0.82	0.06	0.04	-4.70

Keterangan: r = jarak (cm)

Menurut Bruel dan Kjaer (1988), koreksi terhadap hasil pengukuran tidak perlu dilakukan apabila SPL sumber bunyi yang bekerja (*on*) dengan SPL bunyi latar belakang (*off*) lebih besar dari 10 dB, namun jika perbedaannya kurang dari 3 dB maka pengukuran tidak dapat dilakukan. Berdasarkan Tabel 18, koreksi tidak perlu dilakukan pada frekuensi 63 – 8000 Hz, karena perbedaan SPL sumber bunyi *on* dengan SPL bunyi latar belakang > 10 dB, selain itu untuk memudahkan dalam pengolahan data *range* frekuensi tersebut dipilih dalam penelitian utama. Adapun menurut Wilson (1994) terdapat sepuluh frekuensi standar, yaitu frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Frekuensi rendah meliputi 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, dan 500 Hz, sedangkan frekuensi tinggi meliputi 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz, dan 16000 Hz.

Penyusunan tanaman berkelompok

a. Pohon

Jenis pohon yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.). Tanaman ini memiliki karakteristik daun sedang dan tebal. Gambar 35 dari Lampiran 4 menunjukkan bahwa pohon efektif mengurangi kebisingan pada frekuensi 5000 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz, karena nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB sebagaimana kemampuan sensitivitas telinga normal manusia (Bruel dan Kjaer 1988).

(a)

Gambar 35 IL pohon susunan berkelompok pada (a) frame 1 (b) frame 2

Lampiran 4 menunjukkan pada frame 1 susunan pohon berkelompok dapat mereduksi bising pada frekuensi 5000 Hz dan 8000 Hz, sedangkan pada frame 2, susunan pohon dapat mereduksi pohon pada frekuensi 6300 Hz dan 8000 Hz. Berdasarkan penjelasan tersebut menunjukkan bahwa pada kedua frame, propagasi suara sangat efektif untuk direduksi oleh tanaman dengan pola penyusunan berkelompok pada frekuensi 5000 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz, sehingga walaupun sumber suara berasal dari ketinggian yang berbeda, pohon dengan susunan berkelompok efektif untuk mereduksi bising pada frekuensi tinggi. Seperti dalam pernyataan Carpenter *et al* (1975), bahwa penghalang vegetasi dengan kerapatan tanam yang tinggi lebih efektif mereduksi kebisingan dibandingkan dengan penghalang vegetasi yang ditanam dengan kerapatan tumbuh rendah.

Gambar 36 Penyusunan pohon berkelompok

Pada frekuensi 5000 Hz memiliki nilai IL sebesar 11.11 dB, frekuensi 6300 Hz memiliki nilai IL sebesar 12.10 dB, serta frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 13.42 dB. Hal ini berarti susunan pohon berkelompok sangat efektif mereduksi bising hingga 12.21%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa walaupun kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh maupun berada pada level ketinggian yang berbeda jauh, susunan pohon berkelompok sangat efektif mereduksi pada frekuensi tinggi. Peningkatan IL pada frekuensi tersebut menunjukkan bahwa susunan pohon berkelompok mampu memantulkan suara, dimana suara akan dipantulkan oleh bagian batang, daun, dan cabang dari pohon-pohon tersebut.

b. Semak

Tanaman semak yang digunakan dalam penelitian ini adalah pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1 dan teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Tanaman pucuk merah memiliki karakteristik daun sedang – tipis – halus, sedangkan tanaman teh-tehan memiliki karakteristik daun sedang – tipis – kasar. Gambar 37 dari Lampiran 5 menunjukkan bahwa semak efektif mengurangi kebisingan pada frekuensi 63 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, dan 8000 Hz, karena nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB sebagaimana kemampuan sensitivitas telinga normal manusia (Bruel dan Kjaer 1988).

Gambar 37 IL semak susunan berkelompok pada (a) frame 1 (b) frame 2

Lampiran 5 menunjukkan pada frame 1, susunan semak berkelompok mereduksi bising pada frekuensi 63 Hz, 315 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, 2500 Hz, dan 8000 Hz. Kemudian pada frame 2 susunan semak mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz, dan 250 Hz. Pada Gambar 38 dapat terlihat bahwa jumlah tanaman yang digunakan pada frame 1 lebih banyak dibandingkan dengan jumlah tanaman yang digunakan pada frame 2, sehingga pada kedua frame tersebut terdapat perbedaan frekuensi dalam mereduksi bising. Berdasarkan penjelasan tersebut terlihat bahwa susunan semak berkelompok dapat mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi.

Gambar 38 Penyusunan semak berkelompok

Pada frekuensi 63 Hz memiliki nilai IL sebesar 6.60 dB, frekuensi 200 Hz memiliki nilai IL sebesar 6.42 dB, frekuensi 250 Hz memiliki nilai IL sebesar 6.43 dB, frekuensi 315 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.90 dB, frekuensi 1000 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.38 dB, frekuensi 1250 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.89 dB, frekuensi 1600 Hz memiliki nilai IL sebesar 10.67, frekuensi 2000 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.01 dB, frekuensi 2500 Hz memiliki nilai IL sebesar 7.01 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 18.55 dB. Hal ini berarti susunan semak berkelompok efektif mereduksi bising hingga 9.28%. Penjelasan atas data dapat disimpulkan bahwa apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh maka susunan semak berkelompok efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah, sedangkan apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda maka susunan semak berkelompok sangat efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi.

Kombinasi pohon dan semak

Kombinasi pohon dan semak yang digunakan adalah kombinasi antara pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1 dan kombinasi antara pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Tanaman pohon damar memiliki karakteristik daun sedang – tebal – halus, tanaman pucuk merah memiliki karakteristik daun sedang – tipis – halus, dan tanaman teh-tehan memiliki karakteristik daun sedang – tipis – kasar. Gambar 39 dari Lampiran 6 menunjukkan bahwa semak efektif mengurangi kebisingan pada frekuensi 160 Hz pada frame 1, serta pada frame 2 terjadi pada frekuensi 8000 Hz.

(a)

Gambar 39 IL kombinasi susunan berkelompok pada (a) frame 1 (b) frame 2

Lampiran 6 menunjukkan bahwa pada frame 1 susunan kombinasi tanaman semak dan pohon mereduksi bising pada frekuensi 160 Hz, sedangkan pada frame 2 susunan kombinasi tanaman mereduksi bising pada frekuensi 8000 Hz. Pada Gambar 40 dapat dilihat bahwa pada frame 1 jumlah susunan pohon lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah semak, sehingga kombinasi penyusunan semak dan pohon efektif mereduksi pada frekuensi rendah. Sementara itu, pada frame 2 jumlah susunan pohon lebih banyak dibandingkan dengan jumlah semak yang digunakan, sehingga kombinasi penyusunan semak dan pohon efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi.

Gambar 40 Penyusunan kombinasi tanaman berkelompok

Pada frekuensi 160 Hz memiliki nilai IL sebesar 3.50 dB dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 10.50 dB, sehingga diketahui bahwa penyusunan kombinasi semak dan pohon dengan pola berkelompok efektif mereduksi bising hingga 7%. Oleh karena itu, kesimpulan berdasarkan pernyataan diatas adalah apabila level kedua sumber suara berasal dari ketinggian yang tidak berbeda jauh dan jumlah tanaman semak lebih banyak dibandingkan jumlah pohon maka kombinasi penyusunan pohon dan semak berkelompok efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah. Sementara itu, apabila kedua sumber suara berasal dari level ketinggian yang berbeda jauh dan jumlah pohon lebih banyak dibandingkan dengan semak maka kombinasi penyusunan antara pohon dan semak berkelompok sangat efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi.

Penyusunan tanaman menyebar

a. Pohon

Jenis pohon yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.). Tanaman ini memiliki karakteristik daun sedang dan

tebal. Gambar 41 dari Lampiran 7 menunjukkan bahwa pohon dengan pola penyusunan menyebar mampu mengurangi kebisingan pada frekuensi 80 Hz, 3150 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz karena nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB.

Gambar 41 IL pohon susunan menyebar pada (a) frame 1 (b) frame 2

Berdasarkan Lampiran 7, pada frame 1 susunan pohon menyebar mampu mereduksi bising pada frekuensi 80 Hz, 3150 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz, sedangkan pada frame 2 susunan pohon menyebar mampu mereduksi bising pada frekuensi 8000 Hz. Dari penjelasan kedua frame tersebut, dapat diketahui bahwa pohon dengan susunan menyebar mampu untuk mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi.

Gambar 42 Penyusunan pohon menyebar

Pada frekuensi 80 Hz memiliki nilai IL sebesar 4.15 dB, frekuensi 3150 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.73, frekuensi 4000 Hz memiliki nilai IL sebesar 11.28 dB, frekuensi 5000 Hz memiliki nilai IL sebesar 11.49 dB, frekuensi 6300 Hz

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

memiliki nilai IL sebesar 10.14 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 12.31 dB. Diketahui bahwa penyusunan pohon menyebar efektif mereduksi bising hingga 9.66%, sehingga dapat disimpulkan bahwa apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh maka susunan pohon menyebar sangat efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi, namun apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda jauh maka susunan pohon menyebar efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi.

b. Semak

Jenis semak yang digunakan dalam menyusun pola menyebar adalah pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1 dan teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Karakteristik daun dari tanaman pucuk merah adalah sedang – tipis – halus, sedangkan tanaman teh-tehan memiliki karakteristik daun sedang – tipis – kasar. Berdasarkan Gambar 43 dari Lampiran 8 menunjukkan bahwa semak dengan susunan pola menyebar mampu untuk mengurangi bising pada frekuensi 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 400 Hz, 1250 Hz, dan 8000 Hz, dengan nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB.

Gambar 43 IL semak susunan menyebar pada (a) frame 1 (b) frame 2

Pada frame 1 yang terdapat pada Lampiran 8, menunjukkan susunan semak mampu mereduksi bising pada frekuensi 315 Hz, 400 Hz, 1250 Hz, dan 8000 Hz, sedangkan pada frame 2 susunan semak mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz dan 250 Hz. Gambar 44 menunjukkan pada frame 1 terlihat bahwa jumlah semak terlihat lebih banyak dan susunan semak rapat sehingga propagasi suara dapat direduksi pada frekuensi rendah dan tinggi, sedangkan pada frame 2 terlihat

bahwa jumlah semak lebih sedikit dan susunan semak kurang rapat sehingga propagasi suara hanya dapat direduksi pada frekuensi rendah.

Gambar 44 Penyusunan semak menyebar

Pada frekuensi 200 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.16 dB, frekuensi 250 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.45 dB, frekuensi 315 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.25 dB, frekuensi 400 Hz memiliki nilai IL sebesar 5.10 dB, frekuensi 1250 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.40 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.74 dB. Oleh karena itu, penyusunan semak menyebar efektif mereduksi bising hingga 8.35%, sehingga dapat disimpulkan apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang sama (tidak berbeda jauh) dengan jumlah semak yang banyak maka susunan semak menyebar efektif mengurangi bising pada frekuensi rendah dan tinggi, sedangkan apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda jauh dengan jumlah semak sedikit maka susunan semak menyebar efektif mereduksi pada frekuensi rendah.

Kombinasi pohon dan semak

Kombinasi pohon dan semak yang digunakan dalam model penyusunan menyebar ini adalah kombinasi antara pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1 serta kombinasi pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Tanaman pohon damar memiliki karakteristik daun sedang – tebal – halus, tanaman pucuk merah memiliki karakteristik daun sedang – tipis – halus, dan tanaman teh-tehan memiliki karakteristik daun sedang – tipis – kasar. Pada Gambar 45 dari Lampiran 9 bahwa kombinasi kedua tanaman tersebut mampu mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz, 630 Hz, 800 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz, dengan nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB.

Gambar 45 IL kombinasi susunan menyebar pada (a) frame 1 (b) frame 2

Pada frame 1 dari Lampiran 9, kombinasi kedua tanaman mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz dan 8000 Hz, sedangkan pada frame 2, kombinasi kedua tanaman mereduksi bising pada frekuensi 630 Hz, 800 Hz, 6300 Hz, dan 8000 Hz. Dari Gambar 46 terlihat bahwa pada frame 1 jumlah pohon lebih sedikit dibandingkan dengan frame 2, namun untuk jumlah semak terlihat lebih banyak dibandingkan frame 2. Oleh karena itu, pada frame 1 jumlah frekuensi yang dapat direduksi oleh kombinasi pohon dan semak menyebar lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah frekuensi pada frame 2.

Gambar 46 Penyusunan kombinasi tanaman menyebar

Pada frekuensi 200 Hz memiliki nilai IL sebesar 3.62 dB, frekuensi 630 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.22 dB, frekuensi 800 Hz memiliki nilai IL sebesar 7.91, frekuensi 6300 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.14 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 6.79 dB. Kombinasi susunan pohon dan semak dengan pola menyebar efektif mereduksi bising hingga 6.93%. Dapat disimpulkan apabila kedua sumber suara yang berasal dari level ketinggian yang sama maupun berbeda maka kombinasi tanaman pohon dan semak efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi.

Penyusunan tanaman berbentuk jalur

a. Pohon

Jenis pohon yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.). Tanaman ini memiliki karakteristik daun sedang – tebal, halus. Gambar 47 dari Lampiran 10 menunjukkan bahwa pohon efektif mengurangi kebisingan pada frekuensi 125 Hz, 200 Hz, 315 Hz, 400 Hz, dan 8000 Hz, dengan nilai IL yang dihasilkan ≥ 3 dB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 47 IL pohon susunan bentuk jalur pada (a) frame 1 (b) frame 2

ampiran 10 menunjukkan pada frame 1, susunan pohon mereduksi bising pada frekuensi 125 Hz, 200 Hz, 315 Hz, 400 Hz, dan 8000 Hz. Sementara itu pada frame 2, susunan pohon di titik kiri mereduksi bising pada frekuensi 8000 Hz. Dapat diketahui bahwa susunan pohon berbentuk jalur mampu mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi. Gambar 48 menunjukkan bahwa pada frame 2 susunan pohon berbentuk jalur hanya mereduksi pada satu frekuensi dapat disebabkan oleh ketinggian tanaman yang digunakan tidak seragam sehingga menyebabkan daun-daun antar pohon saling bersinggungan, namun untuk bagian batang pohon tidak rapat. Oleh karena itu, propagasi kedua sumber suara dapat dipantulkan oleh dedaunan tetapi tidak dapat dipantulkan oleh batang pohon karena suara akan *loss*.

Gambar 48 Penyusunan pohon berbentuk jalur

Pada frekuensi 125 Hz memiliki nilai IL sebesar 3.44 dB, frekuensi 200 Hz memiliki nilai IL 6.06 Hz, frekuensi 315 Hz memiliki nilai IL 5.00 dB, frekuensi 400 Hz memiliki nilai IL 6.09 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL 9.10 dB. Dari penjelasan tersebut diketahui bahwa susunan pohon berbentuk jalur efektif mereduksi bising hingga 5.9%, sehingga disimpulkan bahwa apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh (sama) maka susunan pohon berbentuk jalur efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi, namun apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda maka susunan pohon berbentuk jalur sangat efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi.

b. Semak

Jenis semak yang digunakan dalam menyusun pola bentuk jalur adalah pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1 dan teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Karakteristik daun dari tanaman pucuk merah adalah kecil – tipis – halus, sedangkan karakteristik daun dari tanaman teh-tehan adalah kecil – tipis – kasar. Berdasarkan Gambar 49 dari Lampiran 11 menunjukkan bahwa tanaman semak mampu mengurangi kebisingan pada frekuensi 200 Hz, 250 Hz, 315 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, dan 8000 Hz, dimana nilai $IL \geq 3$ dB.

Gambar 49 IL semak susunan bentuk jalur pada (a) frame 1 (b) frame 2

Lampiran 11 menunjukkan pada frame 1 susunan semak mereduksi bising pada frekuensi 315 Hz, 1000 Hz, 1250 Hz, 1600 Hz, 2000 Hz, dan 8000 Hz, sedangkan pada frame 2 susunan semak mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz dan 250 Hz. Gambar 50 menunjukkan bahwa pada kedua frame menunjukkan perbedaan penggunaan tanaman sehingga walaupun jumlah semak untuk kedua frame sama,

namun susunan tanaman pucuk merah terlihat lebih rapat dibandingkan dengan tanaman teh-tehan. Tanaman pucuk merah memiliki karakteristik yang lebih rimbun dibandingkan dengan tanaman teh-tehan, sehingga tanaman pucuk merah mampu untuk mereduksi pada frekuensi tinggi dibandingkan tanaman teh-tehan.

Gambar 50 Penyusunan semak berbentuk jalur

Pada frekuensi 200 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.15 dB, frekuensi 250 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.55 dB, frekuensi 315 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.17 dB, frekuensi 1000 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.90 dB, frekuensi 1250 Hz memiliki nilai IL sebesar 12.84 dB, frekuensi 1600 Hz memiliki nilai IL sebesar 12.59 dB, frekuensi 2000 Hz memiliki nilai IL sebesar 9.91 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 19.10 dB. Dengan kata lain susunan semak berbentuk jalur sangat efektif mereduksi bising hingga 11.27%, sehingga dapat disimpulkan bahwa susunan semak berbentuk jalur sangat efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh, serta dengan menggunakan tanaman yang rimbun (pucuk merah). Akan tetapi, apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda dan menggunakan tanaman yang tidak terlalu rimbun (teh-tehan) maka susunan semak berbentuk jalur efektif mereduksi bising pada frekuensi rendah.

c. Kombinasi pohon dan semak

Kombinasi pohon dan semak yang digunakan dalam model penyusunan berbentuk jalur ini adalah kombinasi antara pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) pada frame 1, serta kombinasi pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) dan semak teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) pada frame 2. Tanaman pohon damar memiliki karakteristik daun sedang – tebal – halus, tanaman pucuk merah memiliki karakteristik daun sedang – tipis – halus, dan tanaman teh-tehan memiliki karakteristik daun sedang – tipis – kasar. Dari kedua kombinasi tanaman tersebut dapat dilihat Gambar 51 dari Lampiran 12 bahwa kombinasi kedua tanaman tersebut mampu mereduksi bising pada frekuensi 630 Hz, 2500 Hz, dan 8000 Hz, dimana nilai IL ≥ 3 dB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Gambar 51 IL kombinasi susunan bentuk jalur pada (a) frame 1 (b) frame 2

Pada Gambar 12, dapat dilihat pada frame 1 kombinasi kedua tanaman mereduksi bising pada frekuensi 8000 Hz, sedangkan pada frame 2, kombinasi tanaman di titik tengah mereduksi bising pada frekuensi 630 Hz, 2500 Hz, dan 8000 Hz.

Gambar 52 Penyusunan kombinasi tanaman berbentuk jalur

Pada frekuensi 630 Hz memiliki nilai IL sebesar 7.64 dB, frekuensi 2500 Hz memiliki nilai IL sebesar 5.98 dB, dan frekuensi 8000 Hz memiliki nilai IL sebesar 8.90 dB. Hal ini berarti susunan kombinasi pohon dan semak dengan pola bentuk jalur efektif mereduksi bising hingga 7.56%. Dari penjelasan kedua frame tersebut, apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh maka kombinasi tanaman pohon dan semak efektif mereduksi bising pada frekuensi tinggi. Akan tetapi, kombinasi tanaman semak dan pohon efektif untuk mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda.

Nilai *insertion loss* pada ketiga pola penyusunan tanaman

Ketiga pola penyusunan tanaman memiliki nilai IL yang berbeda-beda. Tanaman pohon mampu mereduksi bising pada frekuensi tinggi, sedangkan untuk tanaman semak mampu mereduksi bising pada frekuensi rendah dan tinggi. Berikut kesimpulan nilai IL dari ketiga model perlakuan penyusunan tanaman dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18 Nilai IL dari ketiga model penyusunan tanaman

Frek. (Hz)	Nilai IL								
	Titik kiri			Titik tengah			Titik kanan		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Pohon berkelompok									
1000	-1.57●	-2.36●	-3.28●	6.20●	11.11●	9.44●	4.30●	3.90●	5.59●
1660	1.66●●	5.36●●	2.04●●	2.13●●	8.45●●	6.92●●	1.39●●	4.28●●	2.59●●
2530	-0.94●	2.38●	-2.21●	8.84●	9.64●	8.89●	1.19●	5.42●	2.48●
5000	5.02●●	8.10●●	5.14●●	7.15●●	12.10●●	9.87●●	3.31●●	6.26●●	5.13●●
8000	-2.28●	2.23●	-1.27●	9.49●	12.99●	11.59●	3.20●	7.84●	5.50●
6000	6.01●●	6.49●●	7.34●●	9.59●●	13.42●●	12.37●●	1.57●●	10.61●●	7.45●●
Semak berkelompok									
63	6.60●	6.06●	5.20●	4.10●	3.96●	3.74●	1.31●	0.68●	-0.03●
	-3.89●●	-2.90●●	-0.79●●	-4.18●●	-3.87●●	-0.79●●	-6.90●●	-4.87●●	-2.15●●
200	4.34●	4.04●	0.00●	-2.19●	-3.13●	-4.72●	4.95●	3.51●	0.66●
	5.94●●	6.26●●	6.42●●	5.52●●	5.34●●	5.05●●	-0.87●●	-1.54●●	-2.85●●
250	-0.54●	-1.52●	-3.30●	-3.41●	-3.54●	-3.61●	0.38●	-0.29●	-0.95●
	6.81●●	5.80●●	4.18●●	7.43●●	6.39●●	4.69●●	3.78●●	2.96●●	1.49●●
315	2.80●	0.83●	-1.32●	8.85●	8.90●	5.41●	6.31●	5.28●	4.49●
	-3.76●●	-3.76●●	-3.61●●	2.93●●	3.07●●	3.96●●	0.59●●	0.35●●	1.13●●
1000	9.38●	5.31●	5.53●	8.76●	4.96●	5.16●	3.12●	0.02●	1.05●
	4.09●●	-3.22●●	-3.35●●	4.95●●	2.12●●	-2.62●●	5.05●●	-0.97●●	-0.15●●
1250	9.89●	6.35●	6.68●	9.12●	6.17●	3.93●	7.31●	4.90●	4.74●
	-1.93●●	-5.10●●	-7.32●●	7.25●●	4.36●●	2.57●●	5.99●●	2.06●●	-0.79●●
1600	8.16●	6.85●	5.96●	10.67●	8.94●	6.92●	3.46●	1.15●	2.01●
	-7.57●●	-5.22●●	-6.62●●	3.14●●	2.37●●	3.07●●	2.09●●	1.58●●	3.33●●
2000	5.86●	6.53●	5.19●	8.01●	7.39●	6.75●	1.99●	0.14●	0.57●
	-8.58●●	-5.30●●	-4.31●●	0.71●●	4.01●●	-2.77●●	-0.63●●	0.58●●	4.85●●
2500	3.97●	7.01●	5.62●	5.98●	6.98●	6.89●	1.33●	1.74●	1.20●
	-6.55●●	-7.73●●	-7.59●●	-2.19●●	3.64●●	-1.43●●	-1.83●●	-2.36●●	-1.60●●
8000	9.55●	5.46●	5.08●	18.55●	13.79●	13.06●	5.61●	1.81●	1.36●
	0.38●●	-0.70●●	0.46●●	2.88●●	3.30●●	0.05●●	1.77●●	0.58●●	2.74●●
Kombinasi berkelompok									
160	1.11●	1.48●	2.51●	3.41●	3.31●	3.50●	0.84●	1.22●	2.98●
	3.69●●	2.72●●	2.11●●	-2.02●●	-2.54●●	-3.54●●	-1.06●●	-1.44●●	-2.20●●
8000	1.28●	4.14●	-0.06●	1.28●	4.61●	3.36●	5.86●	2.85●	1.26●
	1.15●●	4.58●●	-1.33●●	9.16●●	10.50●●	10.41●●	5.49●●	10.19●●	4.91●●

Keterangan:

● = frame 1, ●● = frame 2

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas

Tabel 18 Nilai IL dari ketiga model penyusunan tanaman (*lanjutan*)

Frek. (Hz)	Nilai IL								
	Titik kiri			Titik tengah			Titik kanan		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Pohon menyebar									
4000	4.10●	4.12●	4.15●	3.73●	3.75●	4.35●	-0.78●	-0.91●	-0.97●
3500	3.95●●	3.92●●	3.94●●	-1.59●●	-1.57●●	-1.72●●	0.58●●	0.65●●	0.93●●
3000	8.38●	5.60●	3.81●	5.61●	8.73●	5.27●	2.61●	0.57●	-0.58●
2500	-2.56●●	2.93●●	2.26●●	-0.39●●	2.32●●	2.64●●	-0.16●●	-0.92●●	-1.05●●
2000	6.16●	6.76●	5.75●	6.18●	11.28●	8.70●	-1.85●	2.42●	-1.51●
1500	3.18●●	4.17●●	0.44●●	-1.51●●	5.35●●	-0.18●●	-1.51●●	0.12●●	-4.44●●
1000	4.68●	6.91●	5.36●	9.50●	11.49●	8.68●	1.99●	3.22●	1.26●
500	2.87●●	5.97●●	4.74●●	-0.09●●	3.75●●	2.28●●	-3.71●●	2.46●●	-2.23●●
200	5.05●	7.71●	5.01●	8.63●	10.14●	9.02●	2.98●	2.82●	4.16●
100	6.45●●	9.53●●	6.87●●	2.17●●	6.91●●	7.42●●	1.45●●	3.19●●	0.76●●
50	6.11●	9.50●	7.08●	10.26●	10.82●	12.31●	2.01●	6.89●	5.45●
25	8.97●●	12.06●●	8.08●●	6.01●●	6.59●●	5.40●●	1.18●●	5.64●●	1.61●●
Semak menyebar									
2000	7.24●	6.13●	4.41●	8.12●	8.20●	4.54●	8.25●	7.06●	6.14●
1500	-1.59●●	-1.54●●	-1.41●●	1.88●●	2.08●●	2.53●●	0.23●●	-0.05●●	0.65●●
1000	1.93●	1.63●	-1.81●	0.71●	-0.40●	-2.28●	3.43●	2.26●	-0.49●
500	4.48●●	4.99●●	5.61●●	9.16●●	8.96●●	8.60●●	2.11●●	1.59●●	0.37●●
200	1.62●●	0.91●	-1.08●	-0.93●	-1.03●	-1.22●	2.11●	1.37●	0.66●
100	7.79●●	7.03●●	5.65●●	9.45●●	8.45●●	6.67●●	2.51●●	1.91●●	1.07●●
50	4.15●	3.48●	4.22●	4.22●	3.94●	4.96●	5.10●	3.55●	4.31●
25	4.55●●	2.95●●	-3.23●●	9.40●●	6.53●●	1.00●●	6.11●●	4.69●●	-0.59●●
12.5	6.11●●	2.36●	2.66●	7.70●	4.67●	3.44●	8.40●	6.07●	5.64●
6.25	0.19●●	-2.35●●	-4.85●●	7.02●●	3.29●●	1.79●●	4.87●●	1.30●●	-1.13●●
3.125	9.74●	5.06●	3.56●	7.33●	3.12●	3.84●	3.70●	2.84●	3.41●
1.5625	-7.88●●	-8.26●●	-6.56●●	1.88●●	1.37●●	0.00●●	4.12●●	3.10●●	5.23●●
Kombinasi menyebar									
2000	0.16●	-0.16●	-0.80●	-0.43●	-0.75●	-1.25●	3.62●	3.26●	3.20●
1500	0.69●●	0.44●●	0.27●●	1.31●●	0.96●●	0.54●●	0.45●●	0.30●●	0.16●●
1000	-1.40●	-2.34●	-2.32●	2.58●	-0.77●	-0.06●	0.24●	-1.53●	-1.21●
500	0.10●●	-2.54●●	-1.54●●	8.22●●	4.02●●	3.54●●	-0.79●●	-2.74●●	-1.96●●
200	0.79●	-3.34●	-4.05●	2.63●	-1.80●	-1.84●	1.28●	-2.04●	-2.91●
100	1.00●●	-4.31●●	-2.94●●	7.91●●	4.72●●	4.53●●	3.34●●	-0.86●●	-0.37●●
50	-5.04●	-5.79●	-7.48●	-0.27●	5.97●	0.07●	-0.22●	2.16●	1.68●
25	1.36●●	2.97●●	2.64●●	5.43●●	8.14●●	5.37●●	1.55●●	4.49●●	1.56●●
12.5	-6.72●	-7.01●	-6.96●	-0.54●	4.64●	2.70●	3.53●	5.18●	2.08●
6.25	0.44●●	1.57●●	1.42●●	4.19●●	6.79●●	5.21●●	1.32●●	5.45●●	1.78●●

Keterangan:

● = frame 1, ●● = frame 2

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumber:
a. Pengutipan harus untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 18 Nilai IL dari ketiga model penyusunan tanaman (*lanjutan*)

Frek. (Hz)	Nilai IL								
	Titik kiri			Titik tengah			Titik kanan		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Pohon bentuk jalur									
25	-4.26●	-4.19●	-3.24●	3.44●	3.32●	3.28●	0.42●	0.30●	-0.04●
125	-1.67●●	-1.81●●	-1.47●●	3.29●●	3.15●●	2.85●●	0.43●●	0.40●●	-1.80●●
200	-2.00●	-1.99●	-1.48●	-2.54●	-3.46●	-5.32●	6.06●	5.75●	5.50●
400	-0.56●●	-0.70●●	-0.65●●	-0.71●●	-0.77●●	-0.42●●	0.67●●	0.69●●	0.83●●
500	5.00●	4.10●	3.82●	2.61●	1.84●	1.37●	1.96●	0.95●	0.30●
1000	2.25●●	1.75●●	1.49●●	1.91●●	1.53●●	1.54●●	2.70●●	2.01●●	1.78●●
2000	5.89●	5.66●	6.09●	1.97●	1.98●	1.97●	1.40●	0.10●	-0.10●
4000	1.64●●	0.15●●	0.13●●	3.20●●	1.37●●	2.78●●	3.29●●	2.63●●	3.95●●
6000	-3.21●●	-1.47●	-7.34●	1.45●	7.48●	6.36●	8.53●	6.94●	4.44●
8000	6.04●●	9.10●●	5.41●●	5.34●●	3.82●●	8.64●●	-0.34●●	1.40●●	-0.54●●
Semak bentuk jalur									
200	3.29●	2.69●	-1.02●	-2.04●	-2.94●	-4.33●	4.30●	2.77●	-0.48●
400	8.04●●	8.15●●	8.07●●	4.97●●	4.57●●	3.96●●	2.72●●	2.16●●	0.82●●
600	0.20●●	-0.48●	-2.77●	-5.01●	-5.07●	-4.60●	1.29●	0.49●	-0.43●
800	9.55●●	8.38●●	6.52●●	6.06●●	5.17●●	3.54●●	3.42●●	2.33●●	0.46●●
1000	8.17●●	7.00●	5.09●	4.86●	5.85●	3.17●	7.62●	6.65●	6.04●
1250	-2.49●●	-2.00●●	-1.88●●	-0.97●●	-0.84●●	-0.29●●	-2.87●●	-3.07●●	-2.29●●
1500	8.91●●	4.12●	4.72●	9.90●	5.75●	6.53●	5.28●	2.20●	3.02●
1750	7.45●●	-1.22●●	-1.41●●	7.75●●	4.79●●	-0.20●●	6.83●●	-0.79●●	0.27●●
2000	7.67●●	3.78●	4.04●	12.84●	9.39●	8.74●	7.66●	5.52●	5.00●
2250	-0.06●●	-2.27●●	-5.11●●	10.22●●	6.24●●	5.04●●	6.80●●	1.65●●	-0.96●●
2500	5.36●●	3.53●	3.09●	12.59●	10.41●	8.70●	2.30●	-0.39●	0.17●
2750	-7.62●●	-2.74●●	-4.43●●	5.56●●	4.22●●	4.58●●	2.14●●	1.68●●	3.17●●
3000	4.30●	3.89●	3.39●	9.91●	8.75●	8.09●	1.39●	-1.01●	-0.50●
3250	-13.57●●	-3.68●●	-3.75●●	3.14●●	6.31●●	-0.53●●	-0.90●●	-0.22●●	4.11●●
3500	9.62●	5.16●	4.52●	19.10●	16.58●	16.43●	4.84●	0.26●	0.32●
3750	-20.94●●	-12.20●●	-13.84●●	4.27●●	6.76●●	3.49●●	-0.15●●	-1.65●●	0.94●●
Kombinasi bentuk jalur									
630	-0.26●	-1.13●	-0.88●	-1.62●	-5.52●	-5.12●	1.39●	-0.17●	0.39●
1250	1.09●●	-1.27●●	-0.71●●	7.64●●	3.33●●	3.83●●	3.97●●	2.21●●	2.63●●
2500	-1.41●	-6.16●	-5.50●	-3.76●	-7.06●	-3.37●	2.15●	0.65●	-1.43●
4000	-1.73●●	-1.16●●	-1.10●●	3.76●●	4.84●●	5.98●●	2.13●●	4.32●●	-0.51●●
8000	-1.63●	-0.32●	-0.98●	6.18●	1.72●	2.30●	6.36●	4.48●	3.14●
12500	-0.91●●	4.54●●	-2.80●●	3.81●●	4.01●●	6.46●●	3.11●●	8.90●●	6.79●●

Keterangan:

● = frame 1, ●● = frame 2

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas

Berdasarkan penelitian simulasi yang ditunjukkan pada Tabel 18, dapat dilihat bahwa masing-masing jenis tanaman memiliki kemampuan yang berbeda dalam mereduksi kebisingan berdasarkan tingkatan frekuensi. Pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) mampu mengurangi bising pada semua tingkatan frekuensi, khususnya pada frekuensi rentang frekuensi 5000 Hz - 8000 Hz (frekuensi tinggi). Sementara itu, semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) mampu mengurangi pada semua tingkatan frekuensi, khususnya pada rentang frekuensi 315 Hz – 8000 Hz. Kemudian, untuk semak teh-tehan (*Acalypha*

siamensis Oliv. ex Gage) mampu mengurangi bising pada frekuensi rendah, khususnya frekuensi 200 Hz dan 250 Hz. Nilai minus pada IL menunjukkan bahwa suara *loss* terhadap *barrier* atau dengan kata lain suara tidak dapat direduksi oleh *barrier* tanaman. Posisi daun-daun pada ketiga jenis tanaman tersebut menghadap ke berbagai arah dan tidak seragam ke satu arah. Posisi daun terhadap arah datang bunyi dan antar daun memungkinkan gelombang frekuensi tinggi dipantulkan dan disebarkan, sedangkan gelombang frekuensi rendah mengalami pemblokkan dan menembus ruang antar daun tanaman. Sesuai dengan pernyataan Widagdo (1998) bahwa pemantulan, penyerapan, penyebaran, pemblokkan, dan penerusan bunyi oleh daun dipengaruhi oleh ketebalan daun, kerapatan daun, sudut daun terhadap arah datang suara, dan posisi hadap antar daun.

Dalam penelitian ini juga diperlihatkan bahwa tanaman pucuk merah memiliki kemampuan mereduksi bising lebih besar dibandingkan dengan tanaman damar dan teh-tehan. Pohon damar sangat efektif mengurangi bising hingga 13.42 dB, semak pucuk merah sangat efektif mengurangi bising hingga 19.10 dB, serta semak teh-tehan efektif mengurangi bising hingga 9.55 dB. Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa kemampuan tanaman mereduksi bising dipengaruhi oleh ketebalan dan kelenturan daun. Ketebalan dan kelenturan daun berkaitan dengan kemudahan daun untuk bergerak. Gerakan daun dapat menyebabkan perubahan posisi antar daun sehingga mempengaruhi ruang antar daun (Widagdo 1998). Tanaman damar memiliki daun yang tebal dan kaku sehingga mampu mereduksi bising pada frekuensi tinggi dibandingkan dengan tanaman pucuk merah dan teh-tehan yang berdaun lebih tipis dan lentur. Setiap spesies tanaman memiliki efektivitas yang berbeda dalam mereduksi bising karena adanya perbedaan karakter tiap spesies tanaman.

Perumusan Rekomendasi

Kawasan perumahan seharusnya dapat dijadikan lingkungan tempat tinggal yang dapat memberikan kenyamanan bagi penduduknya. Kenyamanan dapat mempengaruhi perilaku manusia atau dapat memberikan pengaruh secara psikologis. Menurut Adrian (2015), kriteria dari lingkungan rumah yang ideal adalah lingkungan sekitar memiliki hubungan yang baik dengan tetangga, kepadatan bangunan tidak padat (tidak kumuh), tingkat kebisingan rendah, memiliki udara sejuk, memiliki lingkungan asri, dan terhindar dari banjir. Salah satu permasalahan lingkungan perumahan saat ini adalah kebisingan. Sumber kebisingan yang dominan di lingkungan perumahan berasal dari lalu lintas kendaraan bermotor. Penyebab kebisingan di lingkungan perumahan dapat ditandai dengan penyediaan prasarana jalan yang menjadikan lingkungan perumahan menjadi jalan pintas dari dan ke jalan umum, kemudian ditambah dengan adanya sarana pertambahan kepadatan lalu lintas akan semakin menimbulkan kebisingan di lingkungan perumahan.

Rekomendasi upaya pengendalian bising di lingkungan perumahan dapat dilakukan pendekatan pada sumber suara, penerima, maupun pada medium perantara sumber dan penerima suara, dalam hal penelitian ini medium perantara yang dimaksud adalah penghalang (*barrier*). Upaya pendekatan pengurangan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bising pada sumber suara dapat dilakukan dengan manajemen lalu lintas, seperti mengurangi volume lalu lintas serta diimbangi dengan peningkatan kecepatan lalu lintas (King *et al* 2011). Apabila kecepatan kendaraan semakin tinggi maka tingkat bising yang diterima tidak berpengaruh, namun apabila kecepatan kendaraan rendah maka tingkat kebisingan akan semakin tinggi, dikarenakan suara mesin akan cenderung mendominasi. Hal ini didukung oleh penjelasan Andersen dalam Murphy dan King (2014), bahwa kecepatan 100 – 130 km/jam, pada kendaraan berat, tidak menimbulkan tingkat kebisingan, pada kendaraan ringan tingkat kebisingan yang dihasilkan bertambah 1.2 dB. Pada kecepatan 30 – 40 km/jam, untuk kendaraan berat, tingkat kebisingan bertambah 2.7 dB, namun untuk kendaraan ringan bertambah 3.6 dB.

Usaha pendekatan lainnya, selain manajemen lalu lintas, adalah memperbaiki permukaan jalan. Permukaan jalan yang efektif dalam mengurangi bising adalah aspal berpori atau aspal lapisan tipis, dengan menggunakan ukuran agregat kecil antara 6 – 8 mm (Merska *et al* 2016). Dengan ukuran agregat ini akan membuat permukaan jalan menjadi halus serta dapat mengurangi bising yang ditimbulkan oleh gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan. Aspal berpori dapat mengurangi kebisingan antara 2 dB hingga 6 dB (Brueel dan Kjaer 1988). Aspal berpori dapat menyerap pantulan suara yang dipantulkan dari mesin kendaraan, sehingga lebih cocok digunakan untuk daerah perkotaan. Kedua usaha pendekatan tersebut akan lebih maksimal jika adanya upaya kerjasama antara pemerintah dan masyarakat. Kebijakan dari pemerintah dalam membuat standar peraturan dapat mengendalikan emisi dan pengurangan kebisingan. Studi kasus Pemerintah Thailand mengeluarkan kebijakan dalam menangani kebisingan, seperti tingkat kebisingan di perumahan tidak boleh melebihi 70 dB, sedangkan untuk area industry tidak melebihi 80 dB (WHO 1999). Adapun yang dilakukan pemerintah Kota Annecy, Prancis dengan menggunakan sepeda ke sekolah, menggunakan material jalan yang menyerap bising, menyediakan jalur pejalan kaki pada pusat kota, serta mengubah rute jalan (Murphy dan King 2014).

Pada penerima suara (penghuni rumah), usaha pendekatan mengendalikan kebisingan adalah menutup pintu dan jendela pada bangunan rumah. Adapun pada bangunan rumah dapat dilakukan pemasangan dua atau tiga lapis pada kaca jendela (Taherzadeh 2014). Selain itu, dapat menambahkan pepohonan dan *water feature* kolam ikan atau air mancur di halaman rumah. Pepohonan yang ditanam sebaiknya yang menarik satwa burung. Kicauan burung maupun suara air dapat membantu dalam mengurangi bising di lingkungan perumahan (Hong *et al* 2017). Pohon yang disukai burung salah satunya adalah pohon peneduh yang dapat dijadikan sumber makanan dan tempat bersarang. Kriteria pohon yang menarik perhatian burung adalah memiliki percabangan yang banyak, seperti pohon kersen (*Muntingia calabura*), asam jawa (*Tamarindus indica*), dan kirai payung (*Felicium decipiens*).

Pada penelitian ini ditemukan contoh halaman rumah yang memiliki pola tanaman berkelompok dan menyebar, dimana penghuni rumah tidak merasakan pengaruh kebisingan dari Perumahan IPB 1 Baranangsiang, padahal tingkat kebisingan pada rumah tersebut mencapai 61.02 dB. Penyusunan tanaman dengan pola tersebut dapat diterapkan pada rumah-rumah lainnya yang terpapar bising untuk mereduksi kebisingan yang dirasakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Irwan (1994), pola penanaman yang efektif dalam mengurangi bising adalah pola

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

menyebar berstrata banyak dan bergerombol/kelompok. Pada lingkungan Perumahan IPB 1 Baranangsiang, penduduk perumahan dapat menanam segala jenis pohon yang dapat menarik perhatian satwa burung atau menambah elemen air di halaman rumah sekaligus menjadi keindahan bagi penduduk perumahan tersebut. Pada umumnya, setiap orang menyukai suara alam, sehingga kebisingan yang dihasilkan dari suara kendaraan akan teralihkan oleh suara alam tersebut.

Kemampuan tanaman dalam mereduksi kebisingan dipengaruhi oleh kelenturan dan ketebalan daun. Tanaman pucuk merah memiliki kemampuan mereduksi bising lebih besar dibandingkan dengan tanaman damar dan teh-tehan. Pohon damar sangat efektif mengurangi bising hingga 13.42 dB, semak pucuk merah sangat efektif mengurangi bising hingga 19.10 dB, serta semak teh-tehan efektif mengurangi bising hingga 9.55 dB. Sementara itu, masing-masing jenis tanaman memiliki kemampuan yang berbeda dalam mereduksi kebisingan berdasarkan tingkatan frekuensi. Pada penelitian simulasi ini, tanaman damar (*Agathis dammara* Lamb.) mampu mereduksi bising pada semua frekuensi, khususnya pada rentang frekuensi tinggi, yaitu 5000 Hz – 8000 Hz. Kemudian tanaman pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) juga mampu mereduksi bising pada semua frekuensi, khususnya pada rentang frekuensi 315 Hz – 8000 Hz. Sementara itu, untuk tanaman teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) mampu mereduksi pada frekuensi rendah, yaitu frekuensi 200 Hz dan 250 Hz. Hal ini dapat terjadi dikarenakan posisi daun-daun pada ketiga jenis tanaman tersebut menghadap ke berbagai arah dan tidak seragam ke satu arah. Posisi daun terhadap arah datang bunyi dan antar daun memungkinkan gelombang frekuensi tinggi dipantulkan dan disebarkan, sedangkan gelombang frekuensi rendah mengalami pemblokkan dan menembus ruang antar daun tanaman. Penjelasan tersebut sesuai dengan pernyataan Widagdo (1988), bahwa hal ini berkaitan dengan kemudahan daun untuk bergerak karena angin dan energi suara. Gerakan daun menyebabkan perubahan posisi antar daun sehingga mempengaruhi ruang antar daun. Ruang antar daun memungkinkan suara menembus ke dalam vegetasi yang selanjutnya dipantulkan, diserap, disebarkan, dibelokkan atau diteruskan oleh daun sebagai bidang penahan suara pada vegetasi. Pemantulan, penyerapan, penyebaran, pembelokan, dan penerusan suara oleh daun dipengaruhi oleh ketebalan daun, kerapatan daun, sudut daun terhadap arah datang energi suara, dan posisi antar daun. Tanaman yang dapat berfungsi sebagai peredam kebisingan adalah tanaman pohon atau semak memiliki massa daun padat dan rapat (Hidayat 2010), memiliki daun lebat sepanjang tahun dengan pola daun menyebar hingga ke permukaan tanah (Carpenter *et al* 1975), selain itu juga memiliki tajuk yang tebal, daun yang ringan, dan bertangkai daun (Fakuara 1986).

Pada area lahan kosong yang terdapat di antara perumahan dan jalan di bagian timur perumahan tersebut dapat ditanami *barrier* tanaman dan gundukan tanah. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman damar, pucuk merah, dan teh-tehan dapat mereduksi kebisingan dengan efektif dan direkomendasikan untuk dipilih dalam penataan jalur hijau dengan kombinasi yang juga memperhatikan estetika. Pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) merupakan tanaman yang memiliki ukuran daun sedang, massa daun padat, berdaun tebal, dan memiliki daya tarik bentuk tajuk kerucut. Semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) memiliki karakteristik ukuran daun sedang, rimbun, serta memiliki daya tarik utama pada warna daun. Semak teh-tehan memiliki karakteristik ukuran

daun sedang, rimbun, dan daya tarik utamanya berada pada warna daun yang hijau mengkilap.

Berdasarkan hasil penelitian, pola penyusunan tanaman yang efektif mereduksi bising adalah pola berbentuk jalur untuk susunan semak dan pola berkelompok untuk susunan pohon. Penyusunan semak berbentuk jalur yang terdiri dari beberapa baris tanaman sangat efektif mereduksi bising hingga 11.27%, dengan nilai IL tertinggi mencapai 19.10 dB. Pola semak berbentuk jalur sangat efektif mengurangi kebisingan apabila kedua sumber suara terletak pada level ketinggian yang tidak berbeda jauh atau dengan kata lain posisi sumber suara terletak pada level yang sama dengan posisi *barrier*. Sementara itu, untuk pola pohon berkelompok sangat efektif dalam mengurangi bising hingga 12.21%, dengan nilai IL tertinggi mencapai 13.42 dB. Pola pohon berkelompok sangat efektif mengurangi kebisingan apabila kedua sumber suara berada pada level ketinggian yang berbeda jauh atau dengan kata lain posisi sumber suara terletak pada level ketinggian yang berbeda dengan *barrier*.

Gambar 53 Ilustrasi rekomendasi penataan *barrier*

5 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Lingkungan perumahan sebaiknya dapat memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Pada perumahan IPB 1 Baranangsiang, tingkat kebisingan rata-rata 16 jam (L_s) pada hari kerja (Senin dan Rabu) lebih tinggi, yaitu 89.2 dB dan 87.5 dB, dibandingkan hari libur (Minggu), yaitu 85 dB. Dari ketiga pengulangan tersebut, tingkat kebisingan rata-rata di perumahan tersebut adalah 87.2 dB. Jarak berpengaruh terhadap nilai kebisingan, semakin dekat dengan sumber bising maka nilai kebisingannya akan semakin besar, begitu juga sebaliknya apabila semakin jauh jarak dengan sumber bising maka nilai kebisingannya akan semakin berkurang. Gangguan kebisingan yang dirasakan oleh penduduk perumahan tersebut sebagian besar adalah gangguan psikologis, diantaranya mengganggu konsentrasi, tidak nyaman, dan gangguan tidur. Penduduk yang paling banyak merasakan gangguan kebisingan adalah penduduk yang tinggal dekat dengan sumber suara atau pada jarak ≤ 10 m.

Penyusunan pohon dan semak dapat mereduksi kebisingan untuk frekuensi rendah dan tinggi. Pola penyusunan tanaman yang efektif mereduksi bising adalah pohon berkelompok dan beberapa baris semak berbentuk jalur. Dari hasil penelitian diatas, pola penyusunan pohon berkelompok efektif mereduksi bising hingga 13.42 dB atau ± 12.21 %, sedangkan pola penyusunan semak berbentuk jalur mampu mereduksi hingga 19.10 dB atau ± 11.27 %. Pohon damar (*Agathis dammara* Lamb.) efektif mengurangi bising pada frekuensi 5000 Hz – 8000 Hz, semak pucuk merah (*Syzygium oleana* Br.Ex) efektif mereduksi bising pada frekuensi 315 Hz – 8000 Hz, serta tanaman teh-tehan (*Acalypha siamensis* Oliv. ex Gage) mampu mereduksi bising pada frekuensi 200 Hz dan 250 Hz.

Rekomendasi yang dapat diberikan untuk mengurangi kebisingan pada halaman rumah dapat menanam beberapa jenis tanaman dengan pola berkelompok dan menyebar. Pada penelitian ini, ditemukan bahwa halaman rumah yang memiliki pola penanaman berkelompok dan menyebar efektif dalam mereduksi bising pada kawasan perumahan. Selain itu, upaya pengendalian kebisingan pada area luar perumahan, yang dekat dengan sumber suara, dapat memasang kombinasi antara tanaman dan gundukan tanah. Rekomendasi penyusunan *barrier* tersebut dapat diterapkan pada lingkungan perumahan sehingga menciptakan kenyamanan audial bagi penduduk perumahan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada penelitian di lapang untuk mengetahui tingkat bising di dalam rumah (*indoor*) jika rumah tersebut dekat dengan sumber suara (jalan), sehingga dapat menyusun pola *barrier* yang tepat untuk diterapkan pada lingkungan perumahan tersebut. Sementara itu, diperlukan juga penelitian simulasi laboratorium untuk mengetahui efektivitas jenis dinding penghalang agar dapat dijadikan *barrier* pada area dalam perumahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrian A. 2015. Lingkungan rumah ideal. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*. C057-C062.
- Anangga R, Nasution H, Iskandarini. 2015. Analisis pengaruh gangguan psikologis, komunikasi dan fisiologis terhadap kinerja karyawan di PT Aneka Gas Industri Medan. *Jurnal Ilmiah Research Sains*. 1(3): 1-15.
- Angotti. 1993. *Metropolis 2000*. London (UK): Routhledge.
- Bachtiar VS, Dewilda Y, Wemas B. 2013. Analisis tingkat kebisingan dan usaha pengendalian pada unit produksi pada suatu industry di Kota Batam. *Teknik Lingkungan*. 10(2):85-93.
- Balitbang] Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Mitigasi Dampak Kebisingan Akibat Lalu Lintas Jalan*. Jakarta (ID): Departemen Pekerjaan Umum RI.
- BPS] Badan Pusat Statistik Kota Bogor. 2018. Kota Bogor Dalam Angka 2018. Bogor (ID): Badan Pusat Statistik Kota Bogor.
- Bruel, Kjaer. 1988. *Acoustic Noise Measurements*. Denmark: K. Larsen & Son A/S DK-2600 Glostrup.
- Carpenter PL, Walker TD, Lanphear FO. 1975. *Plants in The Landscape*. San Fransisco (US): W.H. Freeman and Co.
- Chun-song H, Tkebuchava T. 2019. E-noise: An increasingly relevant health risk. *Journal of Integrative Medicine*, siap terbit.
- Cowan J. 1994. *Handbook of Environmental Acoustics*. New York (US): Van Nostrand Reinhold.
- Gahlan EN. 2004. *Hutan Kota Untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Djalante S. 2010. Analisis tingkat kebisingan di jalan raya yang menggunakan Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas (APIL). *Jurnal Smartek*. 8(4): 260-300.
- Doelle LL. 1965. *Acoustics in Architectural Design* [bibliografi]. Ottawa (CA): National Research Council Canada.
- Endi DR, Palupi M. 2011. Kajian metode sampling pengukuran kebisingan dari keputusan menteri lingkungan hidup no. 48 tahun 1996. *Standarisasi*. 13(3): 176 – 183.
- Fakuara Y. 1986. *Hutan Kota, Peranan dan Permasalahannya*. Bogor (ID): Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB.
- Fang CF, Ling DL. 2003. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. *Landscape Urban Planning*. 63(2003): 187-195.
- Fithri P, Annisa IQ. 2015. Analisis intensitas kebisingan lingkungan kerja pada area utilities unit PLTD dan boiler di PT Pertamina RU II Dumai. *Sains, Teknologi dan Industri*. 12(2):278-285.
- Hakim R. 2006. *Rancangan Visual Lansekap Jalan Panduan Estetika Dinding Penghalang Kebisingan*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.
- Herawati P. 2016. Dampak kebisingan dari aktifitas Bandara Sultan Thaha Jambi terhadap pemukiman sekitar bandara. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 16(1): 104-108.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hidayat IW. 2010. Kajian fungsi ekologi jalur hijau jalan sebagai penyangga lingkungan pada Tol Jagorawi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 17(2):124-133.
- Hong JY, Jeon JY. 2017. Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: a spatial statistical modeling approach. *Landscape and Urban Planning*. 157: 352-364.
- Ikron, Djaja IM, Wulandari RA. 2007. Pengaruh kebisingan lalu lintas jalan terhadap gangguan kesehatan psikologis anak SDN Cipinang Muara Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Propinsi DKI Jakarta, 2005. *Makara Kesehatan*. 2(1): 32-37.
- Irwan ZD. 1994. Peranan bentuk dan struktur hutan kota terhadap kualitas lingkungan kota: studi kasus lokasi pemukiman Kota Jakarta [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Jiang L, Kang J. 2016. Combined acoustical and visual performance of noise barriers in mitigating the environmental impact of motorways. *Science of the Total Environment*. 534(2016): 52-60. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.010.
- Kalansuriya CM, Pannila AS, Sonnadara DUJ. 2009. Effect of roadside vegetation on the reduction of traffic noise levels. *Proceedings of the Technical Sessions*. 25:1-6.
- Karyono TS. 2005. Fungsi ruang hijau kota ditinjau dari aspek keindahan, kenyamanan, kesehatan, dan penghematan energi. *Teknik Lingkungan*. 6(3): 452-457.
- King EA, Murphy E, Rice HJ. 2011. Evaluating the impact on noise levels of a ban on private cars in Dublin city centre, Ireland. *Transportation Research D*. 16(7): 532-539.
- Kristiyanto F, Kurniawan B, Wahyuni I. 2014. Hubungan intensitas kebisingan dengan gangguan psikologis pekerja departemen laundry bagian washing PT X Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2(1): 75-79.
- Kwanda T. 2000. Penerapan konsep perencanaan dan pola jalan dalam perencanaan real estate di Surabaya. *Dimensi Teknik Arsitektur*. 28(2): 106-113.
- Lagonigro R, Martori JC, Apparicio P. 2018. Environmental noise inequity in the city of Barcelona. *Transportation Research Part D*. 63(2018):309-319. doi: 10.1016/j.trd.2018.06.007.
- Lintong F. 2009. Gangguan pendengaran akibat bising. *Biodemik*. 1(2):81-86.
- Maekawa Z, Rindel JH, Lord P. 2011. *Environmental and Architectural Acoustics 2nd edition*. New York (US): Spon Press.
- Manohar S, Dahar K, Adler HJ, Ding D, Salvi R. 2016. Noise-induced hearing loss: Neuropathic pain via Ntrk 1 signaling. *Molecular and Cellular Neuroscience*. 75: 101-112.
- Marsh WM. 1986. *Landscape Planning Environmental Applications*. New York (US): John Wiley and Son Inc.
- Mashuri. 2007. Penggunaan akustik luar ruangan dalam menanggulangi kebisingan pada bangunan. *Jurnal SMARTek*. 5(3): 196-206.
- Merska O, Mieczkowski P, Zymelka D. 2016. Low-noise thin surface course – evaluation of the effectiveness of noise reduction. 14: 2688-2697.
- Murphy E, King EA. 2014. *Environmental Noise Pollution – Noise Mapping, Public Health, and Policy*. US: Elsevier.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Onder S dan Kocbeker Z. 2012. Importance of the green belts to reduce noise pollution and determination of roadside noise reduction effectiveness of bushes in Konya, Turkey. *Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*. 6(6): 373-376.
- Papadimitriou KD, Mazaris AD, Kaliimanis AS, Pantis JD. 2009. Cartographic representation of the sonic environment. *Journal of Cartography*. 46(2): 126-135.
- Peterson APG. 1980. *Handbook of Noise Measurement 9th ed*. Massachusetts (US): GenRad
- Pramono G. 2008. Akurasi metode IDW dan kriging untuk interpolasi sebaran sedimen tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan. *Forum Geografi*. 22(1): 145-158.
- PT Jasarmarga. 2018. *Laporan Tahunan 2018*. PT Jasarmarga (Persero) Tbk.
- Pudjowati UR, Yanuwiyadi B, Sulistiono R, Suyadi. 2013. Estimation of noise reduction by different vegetation type as a noise barrier: a survey in highway along Waru – Sidoarjo in East Java, Indonesia. *Engineering And Science*. 2(11): 20-25.
- Republik Indonesia. 2011. Undang-Undang Perumahan dan Kawasan Permukiman Nomor 1. Jakarta (ID): Sekretariat Negara.
- Seong JC, Park TH, Ko JH, Chang SI, Kim M, Holt JB, Mehdi MR. 2011. Modeling of road traffic noise and estimated human exposure in Fulton County, Georgia, USA. *Environment International*. 37: 1336-1341.
- Setiawan MF. 2010. Tingkat kebisingan pada perumahan di perkotaan. *Teknik Sipil dan Perencanaan*. 2(2): 191-200.
- Spon FN. 1991. *Noise Control in Industry*. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: An Imprint of Chapman and Hill.
- Sugiyono. 2011. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung (ID): Alfabeta.
- Suharjanto G. 2012. Fenomena perbedaan tingkat kebisingan pada 2 unit ruang tidur: studi kasus rumah tinggal peneliti di tepi jalan raya. *ComTech*. 3(2): 944-951.
- Suryadi Y, H Surjono, Sutjahjo, Sanim B, Rustiadi E, Soma S. 2008. Kajian Pengendalian Pemanfaatan Ruang Menuju Pembangunan Kota Bogor. *Forum Pascasarjana*. 31(4): 229.
- Taherzadeh S. 2014. *Noise Control*. West Sussex (UK): John Willey & Sons Ltd.
- Tiesler C, Birk M, Thiering E. 2013. Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep disturbance: Results from the GINIplus and LISAplus studies. *Environmental Research*. 123: 1-8.
- Tilaar S, Rogi OHA, Tinagon AJ. 2012. Kajian tipomorfologi kawasan permukiman terencana di Kota Manado. *Media Matrasain*. 9(3): 1-21.
- The Vehicles Technologies Office. 2012. *Vehicles per Thousand People: US Compared to Other Countries*. US: US Department of Energy.
- Tohjiwa AD, Soetomo S, Sjahbana JA, Purwanto E. 2010. Kota Bogor dalam Tarik Menarik Kekuatan Lokal dan Regional. *Seminar Nasional Riset Arsitektur dan Perencanaan*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Triyuly W, Amalia F. 2014. Identifikasi pola perumahan rumah sederhana di Kawasan Sematang Borang Kota Palembang. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI*. 39-44.

- Umiati S. 2012. Pengaruh pagar tembok terhadap tingkat kebisingan pada perumahan jalan Ratulangi Makassar. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 8(1): 21-28.
- Van Retherghem T, Forssén J, Attenborough K, Jean P, Defrance J, Hornikx M, Kang J. 2015. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. *Applied Acoustics*. 92: 86-101.
- Walgito B. 1981. *Pengantar Psikologi Umum*. Yogyakarta (ID): ANDI.
- Wang H, Luo P, Cai M. 2018. Calculation of noise barrier insertion loss based on varied vehicle frequencies. *Applied Science*. 8(100):1-13.
- Widagdo S. 1998. Studi tentang reduksi kebisingan menggunakan vegetasi dan kualitas visual lanskap jalan Tol Jagorawi [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wilson CE. 1994. *Noise Control (Measurement, Analysis, and Control of Sound and Vibration)*. Florida (US): New Jersey Institute of Technology.
- White RG, Walker JG. 1982. *Noise and Vibration*. Michigan (US): Ellis Horwood.
- World Health Organization (WHO). 1999. *Guidelines for Community Noise*. Geneva (CH): World Health Organization.
- World Health Organization (WHO). 2015. *Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds*. Geneva (CH): World Health Organization.
- Workplace Health and Safety (WHS). 2015. *Code of Practice for Noise Management at Work*. Australia (AU).
- Yulianto AR. 2013. Faktor-faktor yang berhubungan dengan gangguan non-auditory akibat kebisingan pada musisi rock. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2(1): 1-11.
- Zaki A, Wuryandari T, Suparti. 2014. Analisis varian percobaan factorial dua faktor rakl dengan metode *fixed additive main effects and multiplicative interaction*. *Journal Gaussian*. 3(4): 529-536.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Tingkat kebisingan setiap titik pengukuran

Hari: Minggu, 31 Maret 2019

Titik	Waktu (WIB) / Tingkat bising (dB)			
	06.00-09.00	09.00-14.00	14.00-17.00	17.00-22.00
1	78.16	69.04	70.48	74.03
2	70.41	75.12	72.06	76.32
3	69.45	72.92	72.25	71.77
4	70.81	71.11	70.51	72.05
5	69.75	71.59	73.96	72.66
6	52.80	56.36	55.45	58.74
7	49.04	61.93	57.85	60.55
8	49.23	60.05	54.24	52.71
9	72.05	70.94	72.57	73.23
10	50.19	54.21	57.64	69.71
11	49.80	56.31	51.93	52.64
12	53.31	56.07	60.21	63.64
13	68.22	69.19	76.96	78.44
14	49.34	59.85	60.07	56.01
15	51.75	54.17	61.78	56.39
16	55.94	53.98	57.04	59.39
17	71.09	72.95	72.85	70.41
18	53.15	49.39	67.94	57.67
19	60.65	49.97	55.39	66.13
20	49.09	58.30	46.84	53.41
21	76.30	70.32	71.48	72.39
22	64.53	69.68	67.12	69.12
23	63.64	62.63	58.79	58.78
24	65.37	62.71	56.28	62.32
25	70.45	70.09	68.13	75.02
26	53.41	57.10	59.00	67.24
27	55.50	60.00	67.22	61.45

Hari: Senin, 1 April 2019

Titik	Waktu (WIB) / Tingkat bising (dB)			
	06.00-09.00	09.00-14.00	14.00-17.00	17.00-22.00
1	69.94	69.54	69.58	74.57
2	71.81	74.79	75.48	73.91
3	71.96	68.35	71.29	75.62
4	71.61	79.09	71.24	76.56
5	71.47	84.48	73.11	75.55
6	60.32	68.03	67.06	59.85
7	57.46	57.34	60.30	56.64
8	51.57	67.24	62.62	56.99
9	71.77	69.34	74.39	80.94

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hari: Senin, 1 April 2019 (lanjutan)

Titik	Waktu (WIB) / Tingkat bising (dB)			
	06.00-09.00	09.00-14.00	14.00-17.00	17.00-22.00
10	63.06	73.11	84.08	55.68
11	51.24	61.72	60.21	56.56
12	55.16	62.11	67.42	51.67
13	69.69	72.34	72.46	71.43
14	53.55	59.82	69.67	58.37
15	49.44	55.92	59.95	50.10
16	48.18	57.54	59.30	51.99
17	69.82	68.71	72.61	72.31
18	59.99	56.20	73.28	53.91
19	50.88	50.08	57.52	56.27
20	42.31	52.39	69.27	50.91
21	71.07	70.39	67.44	74.90
22	62.83	69.91	73.41	69.93
23	52.93	64.55	63.89	56.86
24	44.73	54.37	63.40	59.54
25	70.21	77.79	71.23	72.74
26	60.25	56.83	64.49	66.55
27	55.40	64.01	70.55	78.32

Hari: Rabu, 3 April 2019

Titik	Waktu (WIB) / Tingkat bising (dB)			
	06.00-09.00	09.00-14.00	14.00-17.00	17.00-22.00
1	70.04	74.58	79.48	77.04
2	82.84	77.71	75.79	76.85
3	83.55	76.43	77.20	75.43
4	76.41	76.46	76.49	74.23
5	69.18	77.00	76.99	76.76
6	52.41	51.44	59.04	62.95
7	47.32	48.35	52.39	50.38
8	54.94	61.44	56.19	55.57
9	66.29	75.79	76.43	78.39
10	64.67	53.50	56.71	54.06
11	50.12	47.69	48.80	66.09
12	62.89	57.58	52.63	61.30
13	83.36	72.71	73.30	76.68
14	53.26	55.09	60.08	54.44
15	53.96	50.24	52.47	51.58
16	53.13	42.39	51.26	53.10
17	74.95	77.11	77.64	75.91
18	55.81	56.50	55.12	57.37
19	47.38	50.56	50.30	51.33
20	45.22	45.70	52.21	69.72
21	76.15	74.85	76.07	70.96
22	62.76	64.69	68.40	67.69

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hari: Rabu, 3 April 2019 (*lanjutan*)

Titik	Waktu (WIB) / Tingkat bising (dB)			
	06.00-09.00	09.00-14.00	14.00-17.00	17.00-22.00
23	60.40	60.60	58.46	57.27
24	55.77	55.66	61.71	61.67
25	76.95	72.41	70.31	74.34
26	67.09	59.07	62.50	58.76
27	60.91	54.13	55.77	55.49

Lampiran 2 Karakteristik responden Perumahan IPB 1 Baranangsiang

Jenis kelamin

Jenis kelamin	Jumlah	Persentase (%)
Laki-laki	10	3.3
Perempuan	20	66.7

Usia

Usia	Jumlah	Persentase (%)
< 21 tahun	1	3.3
21 – 30 tahun	3	10
31 – 40 tahun	5	16.7
41 – 50 tahun	12	40
> 50 tahun	9	30

Pendidikan

Pendidikan	Jumlah	Persentase (%)
SD	3	10
SMP	2	6.7
SMA/K	6	20
Diploma	4	13.3
Sarjana	15	50

Pekerjaan

Pekerjaan	Jumlah	Persentase (%)
Pegawai negeri	2	6.67
Pegawai swasta	10	33.3
Ibu rumah tangga	10	33.3
Lainnya	8	26.7

Lama tinggal

Lama tinggal	Jumlah	Persentase (%)
< 1 tahun	2	6.7
1 – 3 tahun	4	13.3
3 – 5 tahun	1	3.3
6 – 10 tahun	2	6.7
> 10 tahun	21	70

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Jenis rumah

Jenis rumah	Jumlah	Persentase (%)
1 tingkat	15	50
2 tingkat	15	50

Keberadaan pohon di halaman rumah

Keberadaan pohon	Jumlah	Persentase (%)
Tidak ada	3	10
Hanya 1 – 2 pohon	18	60
Beberapa pohon	9	30

Jarak rumah dari sumber bising

Jarak	Jumlah	Persentase (%)
0 – 10 m	13	43.3
21 – 30 m	10	33.3
41 – 50 m	7	23.3

Lampiran 3 Propagasi suara merk speaker Speaker merk soundplus egg (tampak samping)

Speaker merk soundplus egg (tampak depan)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Speaker merk JBL (hijau)

Speaker merk JBL (hitam)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 IL pohon dengan pola penyusunan berkelompok pada frekuensi 63 – 8000 Hz

Frek (Hz)	Bogor Agricultural University Institut Pertanian Bogor								
	Kiri (F1)			Tengah (F1)			Kanan (F1)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	-3.42	-3.52	-2.89	1.05	0.95	1.03	1.58	0.85	0.50
80	-3.77	-3.74	-3.27	1.30	1.40	1.17	-3.27	1.81	1.03
100	-1.73	-1.62	-1.06	2.15	1.73	0.48	2.80	2.51	2.55
125	-1.06	-2.88	-3.16	0.48	-1.91	-2.09	2.55	2.59	2.24
160	1.20	1.49	0.25	-2.73	-2.67	-2.26	0.99	0.82	1.69
200	1.85	1.75	2.19	-4.76	-4.95	-4.78	-3.85	-4.04	-3.60
250	1.62	0.94	0.81	-4.00	-4.14	-4.14	0.04	-0.38	-0.51
315	2.82	1.88	1.58	1.79	1.01	-0.14	1.49	0.41	-0.13
400	3.11	2.51	2.88	2.69	2.34	1.86	2.21	0.90	0.46
500	2.90	0.96	1.86	-0.66	-3.45	-3.10	2.21	0.31	1.31
630	2.90	1.75	2.19	3.55	0.09	0.87	1.81	-0.06	0.30
800	4.55	0.58	0.00	9.54	4.68	4.62	4.80	1.10	1.10
1000	5.85	0.08	0.51	9.67	4.33	5.48	5.76	1.53	1.43
1250	3.62	-2.61	-0.35	10.84	4.90	7.27	6.17	0.28	1.23
1600	0.03	-4.69	-4.08	8.69	4.19	5.89	4.19	-1.30	0.21
2000	-2.54	-6.45	-5.34	5.28	2.94	5.02	3.34	-0.69	0.78
2500	-1.78	-4.53	-2.33	1.32	-0.63	1.39	2.20	-1.65	0.59
3150	-1.38	-4.08	-2.22	5.37	5.85	2.81	2.56	-1.63	1.56
4000	-0.72	-5.08	-3.21	4.18	9.03	6.59	1.62	1.82	0.69
5000	-1.57	-2.36	-3.28	6.20	11.11	9.44	4.30	3.90	5.59
6300	-0.94	2.38	-2.21	8.84	9.64	8.89	1.19	5.42	2.48
8000	-2.28	2.23	-1.27	9.49	12.99	11.59	3.20	7.84	5.50

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Frek (Hz)	IL (dB)																	
	Kiri (F1)			Tengah (F1)			Kanan (F1)			Kiri (F2)			Tengah (F2)			Kanan (F2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	6.60	6.06	5.20	4.10	3.96	3.74	1.31	0.68	-0.03	-3.89	-2.90	-0.79	-4.18	-3.87	-0.79	-6.90	-4.87	-2.15
80	4.01	3.85	3.92	2.99	2.77	2.87	-2.83	-3.08	-3.18	-5.10	-5.33	-5.23	-2.57	-2.85	-4.52	-4.23	-4.04	-4.26
100	-0.13	-0.29	0.16	0.37	1.02	4.38	-3.58	-3.98	-4.49	0.69	0.70	2.15	11.85	11.28	8.33	1.69	2.22	2.13
125	-8.76	-8.73	-6.32	5.74	5.35	5.20	-7.81	-8.10	-7.50	6.37	4.86	-0.07	2.70	1.08	-1.56	0.41	-0.05	-2.66
160	-4.57	-5.88	-7.10	-5.60	-6.37	-6.42	-4.81	-6.18	-11.20	9.16	8.76	5.28	2.28	0.94	-3.11	2.42	2.51	1.48
200	4.34	4.04	0.00	-2.19	-3.13	-4.72	4.95	3.51	0.66	5.94	6.26	6.42	5.52	5.34	5.05	-0.87	-1.54	-2.85
250	-0.54	-1.52	-3.30	-3.41	-3.54	-3.61	0.38	-0.29	-0.95	6.81	5.80	4.18	7.43	6.39	4.69	3.78	2.96	1.49
315	2.80	0.83	-1.32	8.85	8.90	5.41	6.31	5.28	4.49	-3.76	-3.76	-3.61	2.93	3.07	3.96	0.59	0.35	1.13
400	1.60	0.89	1.92	4.83	4.04	5.05	3.75	1.94	2.82	5.15	3.23	-3.31	11.05	8.17	2.27	8.80	7.30	1.69
500	-1.59	-2.18	-3.04	1.33	-1.37	-1.22	3.70	1.67	1.13	3.43	1.42	0.62	1.33	-1.99	-0.44	7.86	5.97	5.60
630	4.22	3.59	3.65	1.05	-1.09	-0.06	3.70	2.92	3.32	0.27	-2.49	-3.21	5.19	-1.56	0.81	10.37	5.30	2.64
800	5.81	3.82	1.95	7.14	2.81	2.44	4.06	1.56	0.55	1.20	-3.84	-1.79	5.43	-2.43	-2.55	5.58	0.93	2.72
1000	9.38	5.31	5.53	8.76	4.96	5.16	3.12	0.02	1.05	4.09	-3.22	-3.35	4.95	2.12	-2.62	5.05	-0.97	-0.15
1250	9.89	6.35	6.68	9.12	6.17	3.93	7.31	4.90	4.74	-1.93	-5.10	-7.32	7.25	4.36	2.57	5.99	2.06	-0.79
1600	8.16	6.85	5.96	10.67	8.94	6.92	3.46	1.15	2.01	-7.57	-5.22	-6.62	3.14	2.37	3.07	2.09	1.58	3.33
2000	5.86	6.53	5.19	8.01	7.39	6.75	1.99	0.14	0.57	-8.58	-5.30	-4.31	0.71	4.01	-2.77	-0.63	0.58	4.85
2500	3.97	7.01	5.62	5.98	6.98	6.89	1.33	1.74	1.20	-6.55	-7.73	-7.59	-2.19	3.64	-1.43	-1.83	-2.36	-1.60
3150	2.32	5.76	6.77	7.82	9.50	8.51	-2.64	-2.16	1.32	-2.91	-3.02	-3.09	2.17	3.79	4.46	2.89	2.55	0.18
4000	2.80	4.02	3.28	8.58	11.42	5.90	-6.61	-6.25	-5.94	1.08	1.00	-0.13	5.11	4.59	-0.23	4.98	4.75	5.05
5000	2.43	0.95	0.16	10.38	10.14	9.51	-2.88	-1.27	-3.28	5.23	4.41	0.69	6.20	6.43	1.52	6.58	4.00	3.88
6300	6.88	1.69	2.17	13.86	10.57	9.96	-0.15	-2.06	-0.45	2.95	4.27	2.31	6.98	6.36	2.48	3.37	6.75	4.23
8000	9.55	5.46	5.08	18.55	13.79	13.06	5.61	1.81	1.36	0.38	-0.70	0.46	2.88	3.30	0.05	1.77	0.58	2.74

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Lampiran 6 IL kombinasi pohon-semak dengan pola penyusunan berkelompok pada frekuensi 63 – 8000 Hz

Frek (Hz)	Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)																	
	Tengah (F1)						Kanan (F1)			Kiri (F2)			Tengah (F2)			Kanan (F2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	-7.92	-7.92	-6.78	0.44	0.47	0.55	1.38	0.63	0.17	-1.21	-2.60	-5.08	3.63	3.48	2.68	-1.03	-0.84	-1.10
80	-4.29	-4.15	-3.25	0.62	0.63	0.84	-1.66	-1.80	-2.23	9.13	9.08	8.77	1.08	1.13	1.11	0.92	1.06	1.04
100	1.50	1.52	1.28	-1.90	-1.96	-3.01	-1.61	-1.69	-1.56	8.73	8.63	8.35	1.22	0.54	0.53	-0.04	-0.14	-0.15
125	-1.74	-1.54	-0.76	0.68	0.60	0.78	-2.15	-2.25	-2.38	4.19	4.03	4.42	-2.30	-2.49	-2.84	0.68	0.62	0.61
160	1.11	1.48	2.51	3.41	3.31	3.50	0.84	1.22	2.98	3.69	2.72	2.11	-2.02	-2.54	-3.54	-1.06	-1.44	-2.20
200	1.68	1.43	0.92	0.38	0.01	-0.51	4.12	2.99	2.15	-0.19	-0.54	-1.00	-0.82	-1.17	-1.57	-2.05	-2.46	-2.92
250	0.60	-0.09	-0.60	-2.23	-2.23	-2.49	-0.65	-1.19	-1.78	0.42	-0.25	-0.58	-1.50	-1.84	-2.73	0.90	0.09	-0.66
315	0.57	-0.18	-0.31	-3.89	-4.68	-4.97	-1.32	-2.23	-3.12	2.80	2.03	1.26	-1.61	-1.86	-2.31	0.70	-0.03	-0.49
400	-1.00	-1.29	-0.85	-5.06	-4.63	-4.36	-5.02	-6.22	-6.49	1.86	0.77	0.65	1.72	-0.26	0.54	1.48	0.22	0.70
500	-2.45	-4.18	-3.76	-7.67	-10.69	-10.30	-4.19	-6.25	-5.46	1.38	-1.19	-0.11	-0.34	-2.54	-1.53	2.31	0.04	0.38
630	-2.87	-3.70	-3.79	-3.98	-7.18	-6.29	-0.13	-2.06	-1.52	-0.58	-3.26	-2.13	9.08	5.25	5.51	2.37	0.32	1.18
800	-0.25	-4.90	-5.35	0.20	-4.55	-4.81	1.08	-1.93	-2.68	1.39	-3.78	-1.02	10.26	7.00	7.29	5.54	1.06	1.80
1000	-0.57	-6.55	-6.02	-0.67	-5.88	-5.16	0.59	-3.16	-3.93	3.41	0.81	0.21	10.90	6.00	6.80	5.76	1.65	1.84
1250	-2.74	-8.98	-6.07	1.22	-4.87	-3.61	1.35	-2.66	-2.92	4.32	0.11	0.19	10.30	4.88	5.66	6.66	1.19	2.25
1600	-3.22	-8.86	-6.33	-0.94	-4.89	-3.91	-0.89	-3.76	-3.56	-1.27	-5.31	-4.59	6.76	3.03	2.41	4.44	0.34	2.46
2000	-3.75	-9.03	-5.95	-1.27	-3.64	-2.78	-0.01	-1.64	-3.28	-0.15	-2.18	-2.14	6.80	6.32	4.83	1.03	0.11	0.66
2500	-3.48	-8.98	-4.74	-1.03	-4.75	-4.00	0.33	0.28	-3.60	-2.05	1.75	-2.85	7.11	7.69	9.00	2.90	0.78	0.38
3150	-4.58	-9.57	-6.59	-0.94	2.22	-2.83	-0.30	2.33	-1.12	-3.93	-2.09	-2.66	3.69	6.41	4.49	4.62	2.19	1.70
4000	-3.60	-5.56	-4.01	0.84	0.75	0.06	0.99	-1.97	0.30	-2.53	0.22	-0.83	3.89	8.52	7.02	2.17	4.23	-1.15
5000	-1.35	-1.19	-4.35	0.12	4.23	0.33	1.30	2.07	3.05	-2.83	1.50	-3.79	3.49	9.20	8.10	0.59	5.30	-0.43
6300	-0.34	1.27	-2.99	-0.38	5.53	1.75	4.11	4.88	1.08	2.00	2.81	-0.60	8.18	10.12	11.74	3.69	5.34	1.65
8000	1.28	4.14	-0.06	1.28	4.61	3.36	5.86	2.85	1.26	1.15	4.58	-1.33	9.16	10.50	10.41	5.49	10.19	4.91

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Frek (Hz)	IL (dB)											
	Kiri (F1)			Tengah (F1)			Kanan (F1)			Kiri (F2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	4.71	4.17	2.02	2.19	2.30	2.40	0.16	-0.64	-0.55	3.59	3.05	2.02
80	4.10	4.12	4.15	3.73	3.75	4.35	-0.78	-0.91	-0.97	3.95	3.92	3.94
100	2.82	2.97	3.61	2.55	2.44	1.36	-3.55	-3.79	-3.22	0.01	-0.20	-0.19
125	-1.04	-0.67	-1.21	-2.04	-2.27	-2.39	-1.74	-1.88	-2.38	0.31	0.04	-0.63
160	-0.26	0.50	-0.20	-3.10	-3.29	-3.18	0.97	1.06	1.76	1.64	0.43	-1.33
200	0.79	0.45	0.34	-3.71	-4.01	-4.08	4.43	4.03	3.86	0.43	0.10	-0.28
250	0.84	-0.07	-0.63	-3.12	-3.24	-3.64	0.06	-0.34	-0.06	1.55	0.76	-0.04
315	0.20	-1.15	-1.70	3.67	2.97	1.70	3.85	2.56	1.50	0.70	0.28	-0.06
400	4.41	3.93	4.45	3.44	3.47	3.23	2.83	1.56	1.23	1.03	-0.48	-0.94
500	-1.17	-2.80	-1.41	0.30	-2.02	-1.70	0.91	-1.17	-0.42	0.82	-1.22	-0.78
630	0.58	-0.34	0.16	4.95	1.97	2.74	2.70	0.69	0.97	1.88	-0.11	0.31
800	7.00	2.25	1.73	10.87	6.40	6.00	2.68	-0.45	-0.50	3.70	-1.24	0.82
1000	8.33	2.92	3.17	11.77	6.58	7.15	4.74	-0.10	0.30	5.05	1.85	2.12
1250	7.23	1.55	3.15	12.64	7.47	7.77	5.70	-0.60	1.41	4.30	-0.11	0.62
1600	6.62	1.44	2.57	10.38	7.14	7.45	3.77	-0.97	0.04	2.81	1.21	1.78
2000	2.56	-0.36	0.89	8.20	6.68	6.40	1.79	-1.57	-1.07	-0.11	0.26	1.24
2500	5.97	3.32	4.42	3.72	4.28	1.64	2.97	0.21	0.66	-2.05	1.35	0.32
3150	8.38	5.60	3.81	5.61	8.73	5.27	2.61	0.57	-0.58	-2.56	2.93	2.26
4000	6.16	6.76	5.75	6.18	11.28	8.70	-1.85	2.42	-1.51	3.18	4.17	0.44
5000	4.68	6.91	5.36	9.50	11.49	8.68	1.99	3.22	1.26	2.87	5.97	4.74
6300	5.05	7.71	5.01	8.63	10.14	9.02	2.98	2.82	4.16	6.45	9.53	6.87
8000	6.11	9.50	7.08	10.26	10.82	12.31	2.01	6.89	5.45	8.97	12.06	8.08

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 8 IL semak dengan pola penyusunan menyebar pada frekuensi 63 – 8000 Hz

Frek (Hz)	Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)																	
	Kiri (F1)						Tengah (F1)						Kanan (F1)					
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	2.23	1.86	1.46	2.52	2.32	2.05	-2.10	-2.32	-2.08	-4.39	-3.30	-1.13	-4.23	-3.91	-1.01	-4.17	-1.00	1.26
80	0.42	0.26	0.31	1.28	1.10	1.13	0.98	0.78	0.87	-5.43	-5.72	-5.80	-1.31	-1.68	-3.92	-2.45	-2.39	-2.66
100	-2.40	-2.66	-2/86	-2.97	-2.41	0.30	-3.09	-3.40	-3.44	-0.38	-0.29	1.21	9.71	8.84	5.59	2.13	2.57	2.25
125	-9.80	-9.67	-6.80	4.98	4.61	4.35	-8.36	-8.53	-7.40	4.29	2.76	-2.65	3.41	2.04	-0.08	-0.76	-1.66	-4.44
160	-4.64	-6.08	-7.24	-4.50	-5.39	-5.45	-2.87	-4.35	-9.36	7.43	7.17	3.67	5.95	4.59	0.44	5.49	5.87	4.76
200	1.93	1.63	-1.81	0.71	-0.40	-2.28	3.43	2.26	-0.49	4.48	4.99	5.61	9.16	8.96	8.60	2.11	1.59	0.37
250	1.62	0.91	-1.08	-0.93	-1.03	-1.22	2.11	1.37	0.66	7.79	7.03	5.65	9.45	8.45	6.67	2.51	1.91	1.07
315	7.24	6.13	4.41	8.12	8.20	4.54	8.25	7.06	6.14	-1.59	-1.54	-1.41	1.88	2.08	2.53	0.23	-0.05	0.65
400	4.15	3.48	4.22	4.22	3.94	4.96	5.10	3.55	4.31	4.55	2.95	-3.23	9.40	6.53	1.00	6.11	4.69	-0.59
500	0.54	-0.27	-1.33	6.00	3.67	3.49	4.30	2.44	1.50	4.37	2.40	1.84	0.76	-2.71	-1.03	4.92	2.98	2.82
630	3.39	2.59	2.46	3.82	1.25	1.88	6.04	5.12	5.56	1.72	-0.83	-1.72	6.71	0.29	1.83	7.29	2.45	0.31
800	3.44	1.61	0.00	6.95	2.34	2.08	5.10	2.38	1.08	2.88	-2.25	-0.56	7.6	0.15	-0.87	4.19	-0.32	1.24
1000	6.64	2.38	2.74	6.67	2.92	3.00	6.57	3.35	4.22	5.51	-1.89	-1.71	5.11	1.86	-3.08	3.97	-1.60	-0.66
1250	6.11	2.36	2.66	7.70	4.67	3.44	8.40	6.07	5.64	0.19	-2.35	-4.85	7.02	3.29	1.79	4.87	1.30	-1.13
1600	3.97	2.61	1.96	5.80	4.12	2.27	5.99	3.62	4.30	-7.04	-4.28	-4.88	2.74	1.47	1.91	2.29	1.95	3.52
2000	2.91	3.65	2.49	2.52	2.71	2.04	4.12	2.43	2.49	-9.67	-6.87	-5.35	-1.30	1.61	-4.79	-0.42	1.11	5.38
2500	0.28	3.33	2.21	0.87	2.85	2.31	1.12	1.77	2.18	-9.30	-10.02	-9.88	-5.55	-0.18	-5.48	-1.63	-1.97	-1.48
3150	-2.46	1.74	2.66	1.24	4.59	3.16	0.74	1.61	2.55	-6.47	-5.62	-5.73	-0.75	0.20	1.27	3.62	3.05	0.80
4000	-2.18	0.90	-0.48	3.41	6.68	0.83	-3.39	-2.26	-2.98	-2.15	-3.16	-3.23	1.04	0.36	-3.81	5.60	6.01	5.58
5000	-2.04	-1.62	-2.73	6.94	5.80	4.81	-3.35	1.24	-1.56	-0.23	0.58	-3.75	1.94	0.59	-2.91	8.02	5.15	5.16
6300	4.19	-0.55	1.22	9.92	3.57	4.21	-0.61	-1.11	1.13	-3.90	2.69	-3.24	2.69	1.55	-0.70	5.93	8.08	6.05
8000	9.74	5.06	3.56	7.33	3.12	3.84	3.70	2.84	3.41	-7.88	-8.26	-6.56	1.88	1.37	0.00	4.12	3.10	5.23

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Frek (Hz)	IL (dB)																	
	Kiri (F1)			Tengah (F1)			Kanan (F1)			Kiri (F2)			Tengah (F2)			Kanan (F2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	-2.23	-2.68	-3.76	-1.10	-1.02	-0.83	-1.61	-2.32	-2.18	2.38	2.19	1.89	1.74	1.76	1.43	-0.56	1.98	1.86
80	0.60	0.62	1.31	-1.59	-1.56	-1.36	-2.12	-2.20	-2.34	0.78	0.72	0.62	-2.56	-2.66	-3.29	1.78	2.00	1.98
100	-2.43	-2.40	-1.65	-5.35	-5.38	-6.40	-3.21	-3.31	-3.01	2.92	2.75	2.50	-0.89	-1.33	-2.29	2.14	2.52	2.54
125	-4.17	-3.93	-2.40	-3.23	-3.30	-3.13	-2.18	-2.30	-2.29	0.85	0.70	0.88	0.11	0.10	-0.10	1.95	2.02	1.61
160	-0.01	0.36	0.78	0.52	0.43	0.54	1.25	1.69	3.35	2.05	1.86	2.20	-0.22	-0.75	-1.40	2.26	1.82	0.54
200	0.16	-0.16	-0.80	-0.43	-0.75	-1.25	3.62	3.26	3.20	0.69	0.44	0.27	1.31	0.96	0.54	0.45	0.30	0.16
250	2.03	1.32	0.62	-4.21	-4.24	-4.46	-1.62	-2.13	-1.45	-0.33	-0.98	-0.99	2.53	2.13	1.52	1.13	0.50	-0.16
315	2.18	1.36	0.86	-1.29	-2.08	-2.58	-0.33	-1.46	-2.20	2.91	2.07	1.56	-2.15	-2.73	-2.64	0.10	-0.61	-1.09
400	-0.29	-0.64	-0.40	-1.93	-2.27	-2.61	-2.56	-3.78	-4.19	1.35	0.41	0.96	0.18	-1.90	-2.88	-0.37	-1.69	-1.46
500	-1.90	-3.75	-3.28	-1.96	-4.26	-3.96	-3.73	-5.67	-4.65	1.43	-1.01	-0.12	2.40	0.21	0.47	1.17	-1.00	-0.91
630	-1.40	-2.34	-2.32	2.58	-0.77	-0.06	0.24	-1.53	-1.21	0.10	-2.54	-1.54	8.22	4.02	3.54	-0.79	-2.74	-1.96
800	0.79	-3.34	-4.05	2.63	-1.80	-1.84	1.28	-2.04	-2.91	1.00	-4.31	-2.94	7.91	4.72	4.53	3.34	-0.86	-0.37
1000	0.52	-4.87	-5.21	2.46	-3.15	-2.83	0.37	-3.54	-4.27	0.71	-1.99	-2.27	4.98	0.81	0.96	2.71	-0.60	-0.56
1250	-0.94	-6.06	-3.78	4.04	-2.09	-1.45	-0.59	-5.07	-5.19	1.30	-2.61	-2.66	4.70	-1.09	-0.26	4.65	0.23	0.23
1600	-3.72	-7.41	-6.93	0.90	-3.29	-2.81	-0.12	-4.26	-4.20	-0.21	-1.90	-1.80	3.60	0.01	0.20	2.87	-0.29	0.76
2000	-5.97	-7.30	-7.22	-0.56	-3.53	-2.32	0.34	-1.72	-3.17	-1.55	-2.14	-2.94	2.94	3.38	2.01	-0.77	-1.39	-2.13
2500	-2.89	-3.97	-3.93	-2.06	-4.69	-3.23	-1.49	-4.30	-6.18	-0.88	-1.16	-2.11	2.39	4.92	5.58	-2.13	-3.19	-4.10
3150	-2.10	-1.97	-3.91	-1.26	-3.73	-3.32	-1.25	-2.31	-4.34	-3.80	-2.80	-3.73	1.09	4.16	1.72	0.17	0.12	-1.99
4000	-6.26	-3.17	-4.39	1.51	-0.10	-0.89	-0.19	-2.34	-3.34	-2.12	-1.85	-3.27	1.28	7.34	3.67	-0.68	-0.47	-4.60
5000	-3.31	-4.18	-6.23	1.97	4.99	-1.27	1.22	-0.18	0.23	-0.50	3.47	-2.51	-0.64	5.57	0.07	-0.01	6.03	-0.41
6300	-5.04	-5.79	-7.48	-0.27	5.97	0.07	-0.22	2.16	1.68	1.36	2.97	2.64	5.43	8.14	5.37	1.55	4.49	1.56
8000	-6.72	-7.01	-6.96	-0.54	4.64	2.70	3.53	5.18	2.08	0.44	1.57	1.42	4.19	6.79	5.21	1.32	5.45	1.78

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 10 IL pohon dengan pola penyusunan bentuk jalur pada frekuensi 63 – 8000 Hz

Frek (Hz)	Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)																	
	Kiri (F1)						Tengah (F1)						Kanan (F1)					
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	-2.42	-2.66	-2.10	-0.34	-0.17	0.07	0.38	-0.57	-0.89	-0.30	-0.57	-0.84	-0.27	-0.23	0.02	-4.57	-4.53	-4.55
80	-1.33	-1.29	-0.81	-0.28	-0.30	-0.12	-0.70	-0.88	-1.25	-2.40	-2.44	-2.44	-1.04	-1.03	-1.22	2.90	2.98	3.28
100	0.39	0.29	0.40	-0.56	-0.62	-0.47	-2.54	-2.76	-2.43	-1.94	-2.15	-2.22	2.49	1.61	0.48	3.45	3.22	3.02
125	-4.26	-4.19	-3.24	3.44	3.32	3.28	0.42	0.30	-0.04	-1.67	-1.81	-1.47	3.29	3.15	2.85	0.43	0.40	-1.80
160	0.90	1.09	1.31	1.37	1.23	1.67	2.89	3.03	3.47	0.68	0.20	-0.37	0.39	-0.20	-0.20	-2.57	-3.40	-5.21
200	-2.00	-1.99	-1.48	-2.54	-3.46	-5.32	6.06	5.75	5.50	-0.56	-0.70	-0.65	-0.71	-0.77	-0.42	0.67	0.69	0.83
250	-0.21	-0.60	-0.35	-1.96	-2.54	-3.33	0.50	-0.02	0.31	3.22	2.48	1.87	0.43	0.43	-0.24	3.12	2.07	1.60
315	5.00	4.10	3.82	2.61	1.84	1.37	1.96	0.95	0.30	2.25	1.75	1.49	1.91	1.53	1.54	2.70	2.01	1.78
400	5.89	5.66	6.09	1.97	1.98	1.97	1.40	0.10	-0.10	1.64	0.15	0.13	3.20	1.37	2.78	3.29	2.63	3.95
500	1.52	-0.59	0.15	0.33	-2.36	-2.16	-2.75	-4.41	-3.42	2.26	-0.29	1.00	1.55	-0.65	-1.23	3.49	1.45	1.55
630	0.64	-0.34	-0.38	1.88	-0.92	-0.44	0.06	-1.46	-1.15	3.93	1.57	2.16	3.55	-0.52	-0.39	1.38	-0.10	1.53
800	3.02	-0.42	-1.33	4.40	-0.45	-0.78	2.38	-1.26	-1.86	6.25	1.10	3.17	3.28	-0.12	0.23	4.84	0.22	1.18
1000	4.17	-0.40	-0.70	4.59	-1.01	0.15	4.15	-0.68	-0.75	5.04	1.06	1.99	5.00	0.01	-0.19	1.28	-1.95	-1.79
1250	3.72	-1.20	-0.33	6.61	0.41	1.58	3.92	-1.79	-0.76	5.29	0.99	1.87	4.58	-0.75	-1.11	3.21	-3.59	-2.35
1600	1.93	-2.22	-1.94	4.19	-0.47	0.54	1.25	-2.64	-1.07	3.26	1.40	2.56	1.59	-1.79	-2.91	0.83	-1.18	-1.36
2000	-1.27	-3.47	-2.29	2.63	-0.84	1.25	0.79	-2.65	0.11	-2.25	-1.77	-0.97	-0.14	-0.36	-3.12	-0.71	0.04	-2.68
2500	-1.93	-2.18	-1.32	-0.16	-1.47	0.96	0.51	-1.80	1.30	-0.78	0.01	1.46	-4.23	-2.61	-6.62	2.20	5.45	-0.88
3150	-1.15	-2.81	-1.98	-0.46	-1.79	0.49	2.06	1.30	2.33	-0.38	1.24	1.38	-1.90	0.40	-3.66	-0.09	3.17	-2.91
4000	-0.23	-3.83	1.06	1.60	3.50	1.85	-0.34	2.87	0.57	5.27	4.53	1.02	-4.93	-0.31	-4.16	-0.10	0.11	-5.68
5000	-1.91	-1.21	-0.94	1.14	3.39	5.96	4.81	2.19	1.83	0.99	6.96	3.41	-1.32	-2.99	-2.34	-3.54	2.50	-1.70
6300	-1.09	2.54	-1.15	0.81	4.81	6.43	7.26	5.44	1.12	5.80	5.41	4.73	2.92	1.97	2.36	-1.62	1.64	1.11
8000	-3.21	-1.47	-7.34	1.45	7.48	6.36	8.53	6.94	4.44	6.04	9.10	5.41	5.34	3.82	8.64	-0.34	1.40	-0.54

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Frek (Hz)	IL (dB)											
	Kiri (F1)			Tengah (F1)			Kanan (F1)			Kiri (F2)		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
63	-4.29	-4.53	-4.40	8.70	9.02	9.03	1.70	1.14	0.69	-8.29	-7.08	-4.96
80	-2.62	-2.73	-2.21	8.62	8.43	8.40	0.10	-0.09	0.08	-8.20	-8.40	-8.01
100	-5.49	-5.73	-5.24	2.76	3.56	7.62	-4.61	-4.93	-4.91	-4.05	-4.17	-2.32
125	-11.48	-11.45	-8.79	4.68	4.03	3.49	-9.72	-10.05	-947	2.29	0.72	-4.63
160	-7.79	-9.04	-9.12	-6.61	-7.37	-7.29	-4.59	-6.00	-10.51	8.51	7.84	3.10
200	3.29	2.69	-1.02	-2.04	-2.94	-4.33	4.30	2.77	-0.48	8.04	8.15	8.07
250	0.20	-0.48	-2.77	-5.01	-5.07	-4.60	1.29	0.49	-0.43	9.55	8.38	6.52
315	8.17	7.00	5.09	4.86	5.85	3.17	7.62	6.65	6.04	-2.49	-2.00	-1.88
400	6.21	5.43	5.81	4.23	2.90	2.79	3.26	1.74	2.80	3.72	2.86	-3.78
500	3.62	2.81	1.72	3.34	0.32	-0.46	2.85	0.91	0.27	4.27	2.96	2.41
630	5.85	5.15	5.00	4.09	1.88	3.44	3.78	2.91	3.38	2.71	0.21	-0.10
800	6.62	4.46	2.87	9.55	5.12	5.21	4.48	2.00	0.87	2.55	-1.62	0.49
1000	8.91	4.12	4.72	9.90	5.75	6.53	5.28	2.20	3.02	7.45	-1.22	-1.41
1250	7.67	3.78	4.04	12.84	9.39	8.74	7.66	5.52	5.00	-0.06	-2.27	-5.11
1600	5.36	3.53	3.09	12.59	10.41	8.70	2.30	-0.39	0.17	-7.62	-2.74	-4.43
2000	4.30	3.89	3.39	9.91	8.75	8.09	1.39	-1.01	-0.50	-13.57	-3.68	-3.75
2500	2.48	3.34	3.08	10.14	9.29	9.46	3.12	3.12	1.68	-15.71	-8.95	-11.87
3150	0.26	1.23	2.95	11.83	11.48	12.10	2.24	1.34	2.90	-13.56	-5.20	-11.77
4000	0.71	-0.22	-0.31	13.94	15.24	10.12	-5.26	-5.34	-6.53	-13.88	-2.27	-13.13
5000	-1.27	-2.33	-1.68	15.83	14.91	13.63	-4.17	-3.31	-4.14	-15.87	-2.55	-14.16
6300	2.96	0.10	1.09	16.83	13.05	14.17	-0.96	-3.96	-1.30	-23.61	-9.74	-9.77
8000	9.62	5.16	4.52	19.10	16.58	16.43	4.84	0.26	0.32	-20.94	-12.20	-13.84

Keterangan:

F1 = frame 1, F2 = frame 2.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

M1 = mic bagian bawah, M2 = mic bagian tengah, M3 = mic bagian atas.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan, Provinsi Sumatera Utara, pada tanggal 20 November 1991. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Ayah Danang Bayu Saksono dan Ibu Desria Eka Rustanti. Penulis menempuh pendidikan sarjana (strata 1) pada tahun 2009 di Institut Pertanian Bogor, Fakultas Pertanian, Program Studi Arsitektur Lanskap, dan lulus pada tahun 2014. Penulis pernah bekerja di konsultan lanskap di Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2014 hingga akhir tahun 2016. Pada Tahun 2017, Penulis melanjutkan studi magister di Program Studi Arsitektur Lanskap pada Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Pada Tahun 2019, Penulis mengikuti kegiatan seminar internasional “The 1st International Seminar on Natural Resources & Environmental Management (ISENREM)” sebagai *oral presenter* dengan judul *Distribution of Noise on Residential Area in Bogor City (Case Study Residential Area that Close to Jagorawi Highway and Pandu Road)* yang diselenggarakan pada 15 Agustus 2019, serta “The 4th International Symposium for Sustainable Landscape Development (ISSLD)” sebagai *oral presenter* dengan judul *Perception and Preference for Noise Impacts on Housing Residents in Bogor City (Case Study IPB I Housing, Baranangsiang)* yang diselenggarakan pada 10 Oktober 2019.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.