

**ATENUASI BISING LINGKUNGAN DAN BUKAAN
PADA RUANG KELAS SEKOLAH DASAR
BERVENTILASI ALAMI DI TEPI JALAN RAYA**

Oleh :

Irma Subagio

(Lab. Fisika Bangunan, Prodi Arsitektur, Universitas Katolik Parahyangan, trptune@yahoo.com)

Abstrak

Pada daerah urban, gangguan bising sering terjadi pada bangunan-bangunan di tepi jalan raya yang mewadahi kegiatan manusia. Gangguan bising terjadi terutama pada kegiatan manusia yang melibatkan aktivitas komunikasi seperti kegiatan belajar mengajar pada sekolah dasar. Lingkungan dan bukaan pada bangunan berperan untuk membantu mereduksi bising sehingga penetrasi bising dari luar, terutama jalan raya, tidak menimbulkan gangguan pada ruang kelas. Namun demikian, mereduksi bising dengan elemen yang ada pada lingkungan dan bukaan akan sulit dilakukan apabila ruang kelas masih menggunakan ventilasi alami. Lubang udara ventilasi alami akan mempropagasikan bising masuk ke dalam ruang. Oleh karena itu, kemampuan dari kondisi lingkungan sekolah dan bukaan pada ruang kelas untuk mereduksi bising harus menjadi pertimbangan dalam desain bukaan ventilasi alami untuk menjamin kegiatan belajar mengajar anak sekolah dasar yang kondusif dan memadai.

Penelitian ini dilakukan untuk mencari performa insulasi bising yang ditimbulkan dari adanya atenuasi bising lingkungan dan nilai reduksi bising yang terjadi pada bukaan ventilasi alami sebuah ruang kelas. Objek studi penelitian ini adalah SDK 6 BPK Penabur, sebuah sekolah dasar yang berada pada tepi jalan besar di kota Bandung (Jalan Jendral Sudirman). Metode riset mencakup pengukuran lapangan untuk melihat nilai atenuasi bising yang terjadi pada lingkungan (area sekitar bangunan sekolah) dan reduksi bising pada bukaan ruang kelas. Data dikumpulkan pada waktu operasional sekolah untuk setiap lantai bangunan (4 lantai) sehingga dapat diketahui kondisi gangguan bising pada ruang kelas di setiap lantai bangunan sekolah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa atenuasi bising terbesar terjadi pada lantai satu dimana elemen-elemen tapak (seperti pohon, pagar, dll) mereduksi bising lebih banyak dibandingkan pada lantai lainnya. Bukaan ventilasi alami pada lantai I dengan sistem jendela swing mereduksi bising lebih banyak dibandingkan tipe jendela pada lantai lainnya yang menggabungkan jendela swing dengan jendela nako. Atenuasi yang terjadi pada lingkungan dan reduksi bising dari bukaan ternyata belum dapat menciptakan kondisi ruang dalam kelas yang sesuai untuk standar kegiatan belajar mengajar.

Kata Kunci: Pengendalian bising, atenuasi bising lingkungan, reduksi bising, ventilasi alami, sekolah dasar

1. PENDAHULUAN

Urbanisasi pada lingkungan kota menimbulkan pertambahan bising sebagai produk dari adanya kehidupan manusia. Bising tidak dapat dihindari keberadaannya dan dapat menjadi ancaman bagi kesehatan (Doelle, 1972). Salah satu sumber bising eksternal yang paling dominan pada bangunan-bangunan yang terdapat di daerah urban adalah bising yang ditimbulkan dari lalu lintas jalan raya, disebut juga bising jalan raya / *road traffic noise* (Lawrence, 1970). Pengendalian bising perlu dilakukan untuk menjamin bahwa lingkungan akustik baik

pada ruang luar dan ruang dalam dapat diterima untuk terjadinya aktivitas tertentu. Karakteristik dan intensitas suara di dalam ruang ataupun pada sekitar bangunan harus disesuaikan dengan kegunaan ruang.

Pengendalian bising dapat dilakukan secara efektif dan ekonomis dengan berbagai cara / metoda antara lain pengendalian bising pada sumbernya, perencanaan kota, perencanaan tapak dan atau dengan desain arsitektural bangunan itu sendiri. Lingkungan tapak bangunan dan fasad pada bangunan adalah salah satu elemen pengendali bising karena dua elemen ini berhadapan langsung

dengan paparan bising jalan raya. Kemampuan lingkungan tapak dan fasad bangunan dalam menginsulasi suara dapat mengkondisikan ruang dalam agar memiliki tingkat tekanan bising latar belakang yang sesuai dengan aktivitas manusia yang menggunakannya.

Gangguan bising berdampak terhadap aktivitas manusia yang melibatkan komunikasi, seperti kegiatan belajar mengajar. Umumnya, sekolah dasar di Indonesia masih memiliki bangunan yang letaknya dekat dengan jalan raya (10-20 meter) dan memiliki sisi bangunan yang menghadap secara frontal ke jalan raya sehingga bising dengan mudahnya masuk ke dalam bangunan. Tingkat tekanan bising yang tinggi dapat menurunkan kualitas pembicaraan yang ditandai dengan menurunnya nilai *speech intelligibility* sehingga ruang kelas tidak lagi memadai untuk komunikasi verbal (Lee & Khew, 1992). Kebisingan mempengaruhi daya tangkap dan membebani murid-murid sehingga menurunkan motivasi belajar dari murid-murid itu sendiri (Klatte, Hellbruck, Seidel, & Leistner, 2010).

Transmisi bising pada bangunan dapat terjadi melalui udara (*Air borne*) dan struktur (*structure borne*). Transmisi bising yang terjadi melalui udara dapat terjadi ketika adanya jalur udara yang menerus antara ruang sumber bising dan ruang penerima bising (Heerwagen, 2004). Bukaannya pada bangunan terutama bukaan untuk ventilasi alami memungkinkan penetrasi bising dirambatkan ke dalam ruang karena adanya celah udara pada sistem bukaan. Untuk mengendalikan rambatan bising melalui bukaan ventilasi

maka sistem bukaan terutama pada bukaan-bukaan pada fasad bangunan yang menghadap ke sumber bising, dalam kasus ini adalah jalan raya, perlu diperhatikan sehingga penggunaannya tepat baik untuk pengendali bising maupun untuk bukaan ventilasi alami.

Pada penelitian ini, fenomena gangguan bising dari jalan raya terhadap ruang kelas sekolah dasar yang terletak pada tepi jalan raya akan dibahas. Atenuasi yang terjadi pada elemen-elemen tapak yang ada pada lingkungan antara sumber (jalan raya) dan ruang penerima bising (ruang kelas) serta reduksi bising dari penggunaan sistem bukaan ventilasi alami akan diketahui guna mengetahui kualitas lingkungan akustik yang terjadi pada ruang kelas dalam pemenuhan nilai standar bising latar belakang untuk aktivitas belajar mengajar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk melihat fenomena gangguan bising dari jalan raya terhadap ruang kelas maka dipilih satu objek penelitian. Objek penelitian dipilih berdasarkan beberapa kriteria yang terkait antara lain : keberadaan jalan raya yang padat, fungsi bangunan sekolah dasar yang sensitif terhadap kebisingan, letak bangunan yang dekat dengan jalan dan bukaan ventilasi alami yang frontal menghadap ke arah sumber bising jalan raya. Berdasarkan kriteria tersebut, sekolah SDK. 6 BPK. Penabur dipilih untuk objek studi pada penelitian ini.

Sekolah SDK. 6 BPK. Penabur terletak di tepi jalan Jendral Sudirman, Bandung. Sekolah ini berada pada lingkungan yang terpapar bising jalan raya. Bangunan sekolah

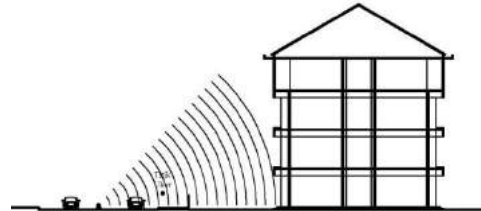
berlantai 4 ini hanya memiliki jarak sempadan 10 meter dari pagar luarnya dan memiliki ruang-ruang kelas yang menghadap langsung ke arah jalan raya. Pada waktu operasionalnya, sekolah ini juga masih mengandalkan ventilasi alami karena udara di kota Bandung yang memungkinkan untuk mencapai kondisi nyaman secara termal meski tanpa pengkondisian udara.



Figur 1.
Objek Studi
Sekolah SDK. 6 BPK. Penabur, Bandung

Penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian untuk mengetahui atenuasi bising yang terjadi karena elemen-elemen yang ada pada lingkungan sekitar tapak bangunan dan reduksi bising yang terjadi pada bukaan ventilasi ruang-ruang kelas yang menghadap ke sumber bising. Penelitian ini dilakukan berdasarkan data-data yang didapat dari pengukuran langsung di objek studi. Data-data lapangan yang digunakan antara lain data tingkat bising lingkungan, data karakteristik

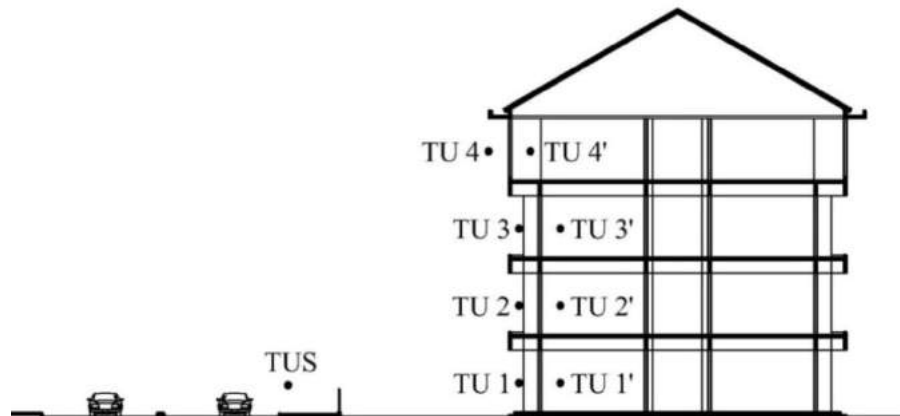
bising, dan data kecepatan angin. Selain itu dilengkapi pula dengan data-data fisik seperti jarak bangunan, elemen-elemen lingkungan yang ada dalam tapak dan jenis bukaan pada fasad bangunan.



Figur 2.
Potongan Skematik Paparan Bising Jalan Raya
terhadap Bangunan SDK. 6 BPK. Penabur,
Bandung

Pengukuran tingkat tekanan bising lingkungan dilakukan pada sumber bising (TUS), sebelum bukaan (TU 1-4) dan sesudah bukaan (TU 1'-4') pada fasad. Pengukuran dilakukan di setiap lantai bangunan agar dapat diketahui perbedaan kondisi kebisingan yang dipengaruhi oleh jarak dan posisi. Titik ukur ini diolah untuk mengetahui nilai pengurangan bising/*noise reduction* (NR) yang terjadi akibat adanya elemen lingkungan, jarak bangunan, ketinggian lantai bangunan dan bukaan pada fasad bangunan.

Dari hasil pengukuran dan perhitungan nilai NR maka dapat diketahui performa atenuasi bising dari lingkungan dan bukaan yang terdapat pada fasad bangunan. Atenuasi bising lingkungan dapat memperlihatkan faktor-faktor yang mempengaruhi insulasi bising dari sumber sampai sebelum mencapai fasad bangunan. Atenuasi bising dari bukaan dapat memperlihatkan insulasi bising dari tipe-tipe bukaan yang digunakan pada bangunan, baik pada kondisi terbuka maupun pada kondisi tertutup.



Figur 3.
Titik Ukur Pengukuran

3. ANALISIS ATENUASI BISING

A. Atenuasi Bising Lingkungan

Bising dari jalan raya berpotensi untuk dipropagasikan ke dalam ruang pada bangunan. Tidak seluruh bising dapat masuk ke dalam ruang. Halangan-halangan dan elemen-elemen yang ada pada lingkungan dan jarak antara sumber bising dan bangunan yang ditempuh rambatan bising berpotensi untuk menyerap dan mereduksi bising sehingga tingkat tekanannya berkurang. Elemen-elemen pada lingkungan yang berpotensi menghalangi rambatan bising antara lain : pagar, vegetasi, permukaan tanah, trotoar, tiang listrik, dll.

Pada studi kasus penelitian ini, sekolah SDK 6 BPK. Penabur, Bandung, atenuasi dari lingkungan dan jarak rambatan adalah atenuasi pertama yang terjadi sebelum bising mencapai fasad bangunan. Fasad terdepan bangunan sekolah SDK 6 BPK. Penabur ini berjarak 20 meter dari titik tengah jalan Jendral Sudirman dan 10 meter dari pagar depan. Jarak titik pusat jalan Jendral Sudirman sampai pada muka jendela pada lantai 1 adalah 20 meter. Semakin tinggi lantainya

jaraknya akan semakin jauh. Pada lantai tertinggi yaitu lantai 4, jarak bukaan dari titik pusat jalan mencapai 23 meter.



Figur 4.
Elemen dan Suasana di Depan Pagar
dan Depan Fasad Bangunan
Sekolah SDK 6 BPK. Penabur

Di bagian depan dari tapak sekolah ini terdapat trotoar selebar 4 meter di sepanjang sisi jalan. Karena area trotoar yang cukup besar, banyak pedagang kaki lima terutama

gerobak-gerobak penjual makanan yang mengokupansi daerah tersebut. Pada trotoar tersebut juga ditanami dengan pepohonan berketinggian sekitar 2 - 3 meter. Pembatas tapak sekolah ini adalah sebuah pagar berlubang terbuat dari material baja. Di area dalam pagar terdapat pelataran parkir selebar kurang lebih 9 meter dengan material penutup *paving block*.

Dari hasil pengukuran di lapangan diketahui bahwa atenuasi total dari lingkungan dan jarak untuk setiap lantai bangunan adalah sebagai berikut :

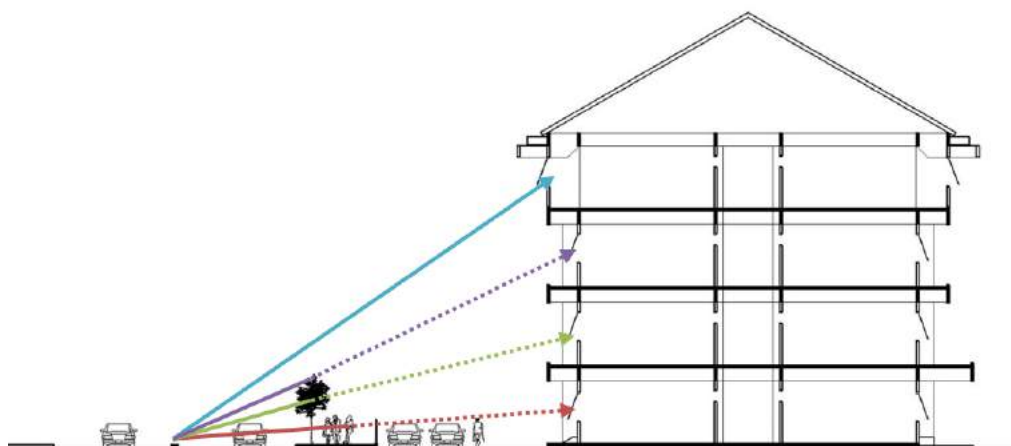
Tabel 1.
Atenuasi Lingkungan dan Jarak
di Setiap Lantai Bangunan

No	Posisi	Atenuasi (dB)
1	Lantai 1	1.3
2	Lantai 2	2.6
3	Lantai 3	3.4
4	Lantai 4	2.7

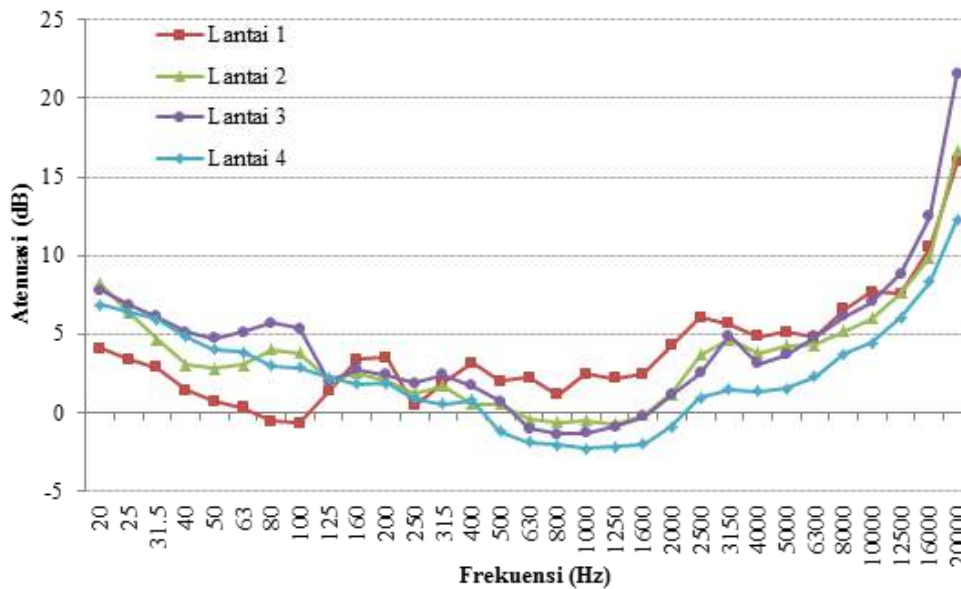
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa atenuasi dari lingkungan dan jarak bangunan yang terbesar terjadi di lantai 3 dengan nilai

atenuasi sebesar 3,4 dB. Atenuasi terkecil terjadi di lantai 1 dengan nilai sebesar 1,3 dB. Nilai atenuasi pada lantai 1 paling kecil karena jarak yang ditempuh paling pendek meskipun pada lantai 1 banyak elemen penghalang seperti pagar, gerobak penjual kaki lima, dll. Elemen penghalang yang ada lebih banyak bersifat reflektif sehingga pantulan bising mampu mengenai permukaan fasad bangunan dan menguatkan bunyi langsung dari bising tersebut.

Nilai atenuasi terbesar berdasarkan jarak seharusnya terjadi pada lantai 4 dimana jarak antara sumber bising dan fasad bangunan terjauh, yaitu sebesar 23 meter, namun nilai atenuasinya lebih rendah dibanding nilai atenuasi pada lantai 3. Hal ini dikarenakan meski jarak lantai 4 lebih besar daripada jarak untuk mencapai lantai 3 namun bising yang merambat ke bukaan fasad di lantai 4 lebih bebas dari elemen penghalang fisik. Ketinggian pepohonan, tiang listrik dan elemen penghalang lainnya tidak ada yang menghalangi propagasi bising yang sampai bukaan pada fasad lantai 4 bangunan.



Figur 5.
Jejak Rambatan Bising ke setiap Bukaan pada Fasad Bangunan di setiap lantai



Figur 6.

Atenuasi Jarak Bangunan per Lantai untuk setiap rentang frekuensi per 1/3 oktaf

Untuk melihat perilaku pengurangan rambatan bising akibat bertambahnya jarak dan elemen lingkungan dengan lebih terperinci maka dilakukan analisis terhadap nilai atenuasi pada masing-masing frekuensi. Setiap lantai akan memiliki atenuasi per frekuensi yang berbeda-beda sesuai dengan jejak rambatan bising dan elemen penghalang yang dilalui propagasinya.

Pada lantai 1, bising dari jalan raya melewati pagar, pohon, kios dan kendaraan yang parkir di depan bangunan. Elemen-elemen tapak ini ternyata lebih banyak menyerap bunyi pada frekuensi tinggi. Hal ini dapat dilihat dari nilai atenuasi bising pada lantai 1 rendah pada frekuensi-frekuensi rendah (20–125 Hz) namun meningkat pada frekuensi-frekuensi menengah (160–2000 Hz) dan semakin memuncak pada frekuensi-frekuensi tinggi (>2000 Hz). Ini dimungkinkan karena elemen penghalang yang ada di depan sekolah SDK 6 BPK. Penabur memiliki ukuran lebih kecil

dibandingkan panjang gelombang (λ) untuk frekuensi rendah, dimana λ frekuensi 40 Hz adalah 8,6 meter dan λ frekuensi 125 Hz adalah 2,75 meter.

Untuk mencapai lantai 2 dan lantai 3, bising dari jalan raya mengenai halangan yang lebih sedikit dibandingkan ketika mencapai lantai 1. Elemen penghalang yang masih menghalang antara lain bagian payung pohon dan beberapa tiang listrik. Pada lantai 2 dan 3, atenuasi pada frekuensi rendah lebih tinggi dibandingkan atenuasi pada frekuensi menengahnya. Pada frekuensi tinggi perilaku nilai atenuasinya meningkat kembali.

Karakteristik nilai atenuasi untuk lantai 2 dan lantai 3 cenderung sama namun apabila dibandingkan dengan nilai atenuasi pada lantai 1 karakteristik perilakunya agak berbeda. Pada lantai 1, nilai atenuasi semakin meningkat seiring dengan kenaikan rentang frekuensi. Pada lantai 2 dan 3, nilai atenuasi bising pada frekuensi rendah cukup tinggi, menurun pada frekuensi menengah dan naik

kembali untuk frekuensi tinggi. Pada frekuensi rendah, nilai atenuasi bising untuk lantai 2 dan 3 lebih tinggi dibandingkan atenuasi bising untuk lantai 1. Pada frekuensi menengah dan tinggi, nilai atenuasi bising untuk lantai 1 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan untuk lantai 2 dan 3.

Pada lantai 4, fasad bangunan terpapar bising langsung dari arah jalan raya karena ketinggian penghalang tidak sampai menutupi rambatan bising ke arah bukaan. Atenuasi bising yang terjadi pada lantai 4 memiliki karakteristik perilaku yang menyerupai atenuasi bising untuk lantai 2 dan 3 dimana pada frekuensi rendah nilai atenuasinya cukup tinggi, menurun pada frekuensi menengah dan meningkat kembali pada frekuensi tinggi. Tapi terdapat sedikit perbedaan dimana frekuensi tinggi nilai atenuasinya untuk lantai 4 lebih rendah dibandingkan nilai atenuasi untuk lantai 2 dan 3.

Dari data atenuasi bising pada setiap rentang frekuensi untuk reduksi bising dari jarak dan lingkungan menunjukkan bahwa jarak dan penghalang berpengaruh terhadap kenaikan nilai atenuasi terutama untuk bising pada menengah dan frekuensi tinggi. Pada frekuensi menengah dan frekuensi tinggi terbukti bahwa semakin banyak elemen penghalang bising (pohon, pagar, kios, manusia, kendaraan, dll) maka nilai atenuasi bisingnya pun semakin besar. Semakin tinggi tingkatan lantainya, semakin berkurang banyaknya halangan bising sehingga semakin berkurang pula nilai atenuasi bisingnya. Pada frekuensi rendah, atenuasi bising pada lantai 1 nilainya paling rendah dibandingkan atenuasi bising pada lantai lainnya. Hal ini bisa

dikarenakan pada lantai 1 terdapat pantulan bunyi yang menguatkan bunyi bising dari material permukaan lantai di depan fasad bangunan yang pada kasus diketahui berupa *paving block*.

Dari hasil analisis nilai atenuasi bising ini justru dapat diketahui juga bahwa ternyata jarak belum menunjukkan signifikansinya terhadap atenuasi bising. Hal ini mungkin terjadi karena jarak yang ditempuh bising menuju lantai 1, 2, 3 dan 4 tidak berbeda terlalu jauh (hanya berbeda 3 meter dari jarak rambatan terdekat pada lantai 1 dan jarak rambatan terjauh pada lantai 4).

B. Atenuasi Bising pada Bukaan

Bising dari jalan raya ditransmisikan melewati lingkungan, menempuh jarak tertentu dan kemudian sampai pada fasad bangunan. Bagian dari fasad bangunan yang mentransmisikan bising adalah bagian bukaan, terutama bukaan ventilasi pada bangunan yang menggunakan penghawaan alami. Celah-celah udara pada bukaan ventilasi memungkinkan bising untuk ditransmisikan masuk ke dalam ruang. Oleh karena itu, umumnya bukaan memiliki nilai atenuasi bising yang rendah.

Kemampuan bukaan pada fasad bangunan dalam mengatenuasi bising dapat dilihat melalui nilai *noise reduction* (NR). Dari nilai *noise reduction*, dapat diketahui besarnya atenuasi bising yang terjadi pada bukaan dengan memperhitungkan perbedaan tingkat tekanan bunyi di luar dan dalam bukaan. Atenuasi dalam NR juga telah memperlihatkan pengaruh kondisi asli di

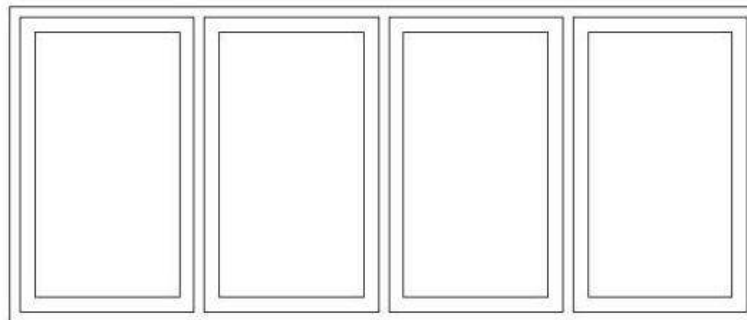
lapangan termasuk setiap bentuk, material, posisi dan sudut bukaan pada fasad bangunan.

Celah udara pada bukaan ventilasi menyebabkan nilai NR bukaan rendah karena suara diteruskan melaluinya. Ada dua kemungkinan kondisi bukaan ventilasi yaitu ketika bukaannya dalam kondisi terbuka dan

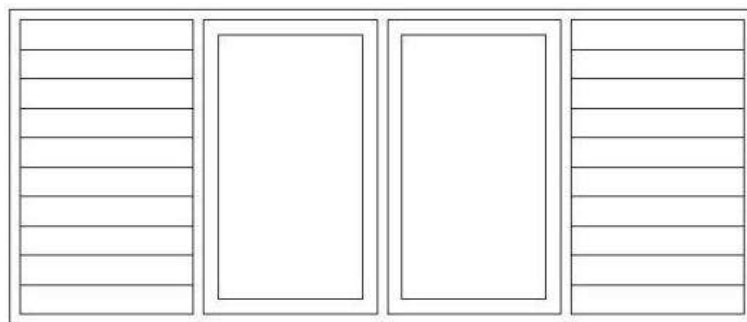
kondisi tertutup. Akan terdapat perbedaan nilai NR ketika bukaan dalam kondisi terbuka dan kondisi tertutup. Pada kondisi bukaan tertutup nilai NR akan lebih tinggi dibandingkan pada kondisi bukaan terbuka karena celah udara tertutup sehingga memperbesar atenuasi bising yang terjadi.

Tabel 2.
Atenuasi Bukaan di Setiap Lantai Bangunan

No	Posisi	Noise Reduction (dB)	
		Bukaan Terbuka	Bukaan Tertutup
1	Lantai 1	9	15.7
2	Lantai 2	7.6	11
3	Lantai 3	6.1	9.4
4	Lantai 4	6.5	12.6



Tipe Jendela Lantai 1



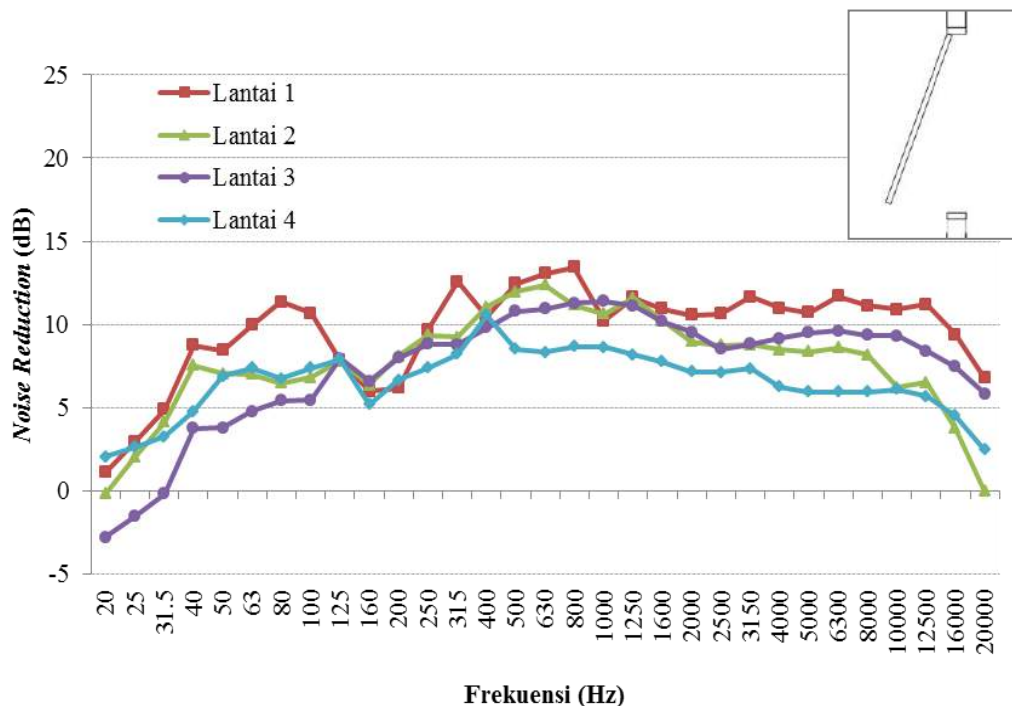
Tipe Jendela Lantai 2,3 dan 4

Figur 7.
Tipe Bukaan untuk Lantai 1, 2, 3 dan 4

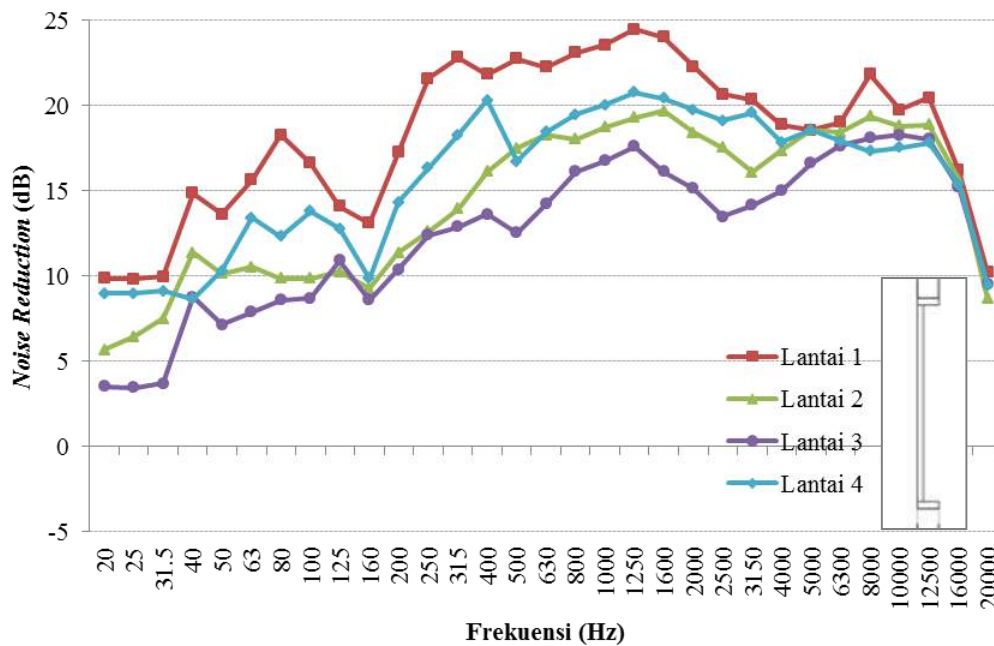
Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa bukaan tertutup memiliki nilai NR yang lebih besar dibandingkan ketika bukaan terbuka. Pada bukaan tertutup nilai atenuasi yang terjadi memiliki rentang nilai NR sebesar 9 – 16 dB, lebih tinggi 3 – 7 dB dibandingkan pada bukaan terbuka yang memiliki nilai NR sebesar 6 – 9 dB.

Untuk kondisi bukaan terbuka, nilai NR terbesar terjadi pada bukaan lantai 1 yaitu sebesar 9 dB. Nilai terkecil terjadi pada bukaan pada lantai 3 yaitu sebesar 6,1 dB. Untuk kondisi bukaan tertutup juga memiliki perilaku yang sama dimana nilai NR pada bukaan lantai 1 memiliki nilai terbesar mencapai 15,7 dB dan pada bukaan lantai 3 memiliki nilai terkecil yaitu 9,4 dB.

Nilai *noise reduction* bukaan pada lantai 1 lebih tinggi secara signifikan dibandingkan bukaan di lantai-lantai lainnya, baik ketika kondisi tertutup maupun ketika terbuka. Saat kondisinya tertutup, bukaan pada lantai 1 memiliki nilai NR lebih besar sekitar 3 dB dibandingkan bukaan pada lantai lainnya. Sedangkan saat kondisinya tertutup, perbedaannya mencapai 5 – 7 dB. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan jenis bukaan. Pada lantai 1, modul bukaannya terdiri dari 4 buah jendela *swing*, sedangkan bukaan pada lantai 2, 3 dan 4 modulnya terdiri dari gabungan dua buah tipe bukaan, yaitu 2 buah jendela *swing* dan 2 bidang jendela nako.



Figur 8.
Karakteristik *Noise Reduction* Jendela Terbuka per Lantai
untuk Setiap Rentang Frekuensi per 1/3 oktaf



Figur 9.
Karakteristik *Noise Reduction* Jendela Tertutup per Lantai
untuk Setiap Rentang Frekuensi per 1/3 oktaf

Untuk tipe bukaan yang sama yaitu bukaan pada lantai 2, 3 dan 4 performa insulasi bisingnya hampir sama. Ketika kondisi bukaannya terbuka, nilai NR-nya 6 – 7,5 dB sedangkan ketika kondisi bukaannya tertutup memiliki nilai 9,5 – 12,5 dB. Dari rentang nilai tersebut dapat terlihat bahwa terjadi sedikit perbedaan nilai *noise reduction* meski jenis bukaannya sama. Hal ini dimungkinkan karena pada saat pengukuran, kondisi terbuka dan tertutupnya bukaan mungkin berbeda-beda karena kondisi jendela eksisting tidak semua dalam kondisi yang baik, ada sebagian jendela nako yang kacanya tidak dapat menutup secara sempurna.

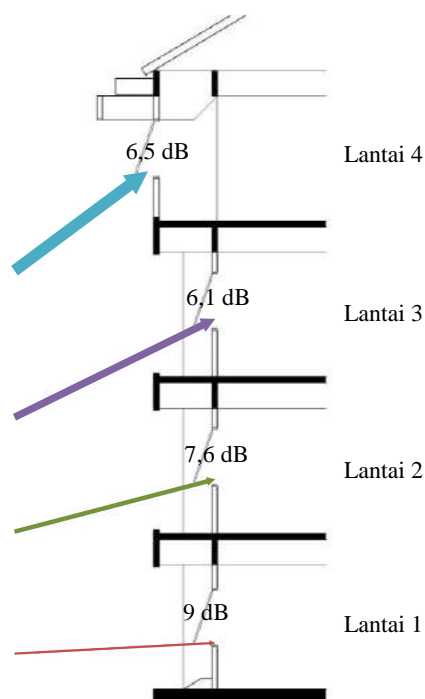
Figur 8 dan Figur 9 adalah grafik yang menunjukkan spektrum nilai NR untuk setiap rentang frekuensi per 1/3 oktaf baik ketika bukaan dalam kondisi terbuka maupun dalam kondisi tertutup. Berdasarkan spektrum per

frekuensinya didapatkan hasil bahwa nilai NR pada bukaan di lantai 1 lebih besar dibandingkan pada lantai lainnya. NR untuk bukaan pada lantai 2, 3 dan 4 pada memiliki kecenderungan karakteristik frekuensi yang hampir sama baik ketika bukaan terbuka maupun ketika bukaan tertutup.

Ketika bukaan dalam kondisi terbuka, nilai NR pada lantai 1 lebih besar dibandingkan bukaan-bukaan pada lantai lainnya, kecuali pada rentang frekuensi 125-250 Hz dimana nilai NR-nya hampir sama dengan lantai lainnya. NR pada bukaan lantai 2 dan lantai 4 memiliki karakteristik nilai yang hampir serupa namun nilai NR pada lantai 4 menurun untuk frekuensi-frekuensi tinggi. Dibandingkan bukaan pada lantai 2 dan 4, bukaan di lantai 3 juga memiliki karakteristik NR yang hampir sama namun

pada frekuensi-frekuensi rendah nilainya lebih kecil dibanding bukaan pada lantai lainnya.

Perbedaan-perbedaan dan karakteristik spektrum nilai NR untuk masing-masing bukaan pada lantai 1, 2, 3 dan 4 ketika kondisi terbuka terjadi karena adanya perbedaan sudut datang bising terhadap sudut bukaan daun jendela. Pada bukaan di lantai 1, bising datang dari arah yang hampir tegak lurus dengan daun jendela sehingga atenuasinya paling besar. Pada bukaan lantai 2, 3 dan 4 bising datang dari arah yang memungkinkan bising lebih banyak masuk dari celah yang terbentuk dari bukaan daun jendela. Pada bukaan di lantai 3 dan 4, sudut datang bising memungkinkan bising secara langsung mengarah menuju lubang bukaan yang terbentuk dari sudut daun jendela.



Figur 10.
Analisis Nilai Atenuasi Jendela Terbuka
berdasarkan Posisi Lantai
dan Sudut Sumber terhadap Bukaan

Bising masuk ke dalam ruang kelas pada lantai 1 hingga lantai 4 melalui celah bukaan yang terbentuk dari sudut bukaan jendela. Selain sudut bukaan jendela, lebar celah bukaan untuk setiap lantai juga dipengaruhi oleh arah datang bising. Pada Gambar 10 didapatkan bahwa sudut datang bising dan sudut bukaan jendela mempengaruhi lebar celah udara yang dilalui bising sehingga bising yang masuk ke dalam ruang pun berbeda. Hal ini membuat perbedaan pada nilai atenuasi dari bukaan pada setiap lantai.

Hal lain yang dapat dicermati melalui Gambar 8, grafik karakteristik NR jendela pada kondisi terbuka adalah adanya kecenderungan nilai atenuasinya menurun secara signifikan pada frekuensi menengah (125 – 250 Hz). Penurunan ini mengindikasikan bahwa sistem jendela eksisting lemah pada frekuensi-frekuensi tersebut. Oleh karena itu, sistem jendela eksisting yaitu jendela swing dan kombinasi dengan kaca nako, tidak mampu mereduksi bising pada frekuensi-frekuensi menengah.

Kondisi jendela tertutup memiliki karakteristik reduksi bising yang berbeda dibandingkan saat kondisi jendela terbuka. Ketika kondisi jendela tertutup, nilai NR akan dipengaruhi oleh material, sistem dan jenis bukaan itu sendiri.

Pada bukaan dalam kondisi tertutup, perilaku kenaikan dan penurunan nilai NR untuk setiap frekuensinya hampir sama antara lantai 1, 2, 3 dan 4. Meskipun perilakunya hampir sama namun tetap terlihat perbedaan Nilai NR bukaan per lantainya. Nilai NR paling tinggi untuk semua rentang frekuensi

dimiliki oleh bukaan tertutup di lantai satu. Nilai NR bukaan tertutup di lantai 2 dan 4 berada sedikit dibawah NR bukaan tertutup lantai 1, sedangkan bukaan tertutup lantai 3 memiliki nilai NR yang terendah pada seluruh rentang frekuensi.

Karakteristik NR bukaan pada kondisi tertutup hampir sama dengan fenomena karakteristik NR bukaan pada kondisi terbuka. Terjadi penurunan nilai atenuasi bukaan pada frekuensi-frekuensi menengah terutama pada 125 – 250 Hz. Hal ini menguatkan bahwa sistem bukaan yang ada tidak dapat menahan bising pada frekuensi – frekuensi menengah tersebut baik ketika kondisinya terbuka maupun ketika dalam kondisi tertutup. Hal ini perlu untuk diperhatikan mengingat bangunan sekolah SDK 6 BPK Penabur ini mengalami gangguan bising yang ditimbulkan dari jalan raya dimana karakteristik bising jalan raya dominan pada frekuensi rendah dan menengah (100 – 250 Hz). Dengan demikian, dari fenomena ini didapati bahwa sistem bukaan eksisting yang digunakan pada bangunan sekolah SDK 6 BPK Penabur ini tidak tepat digunakan untuk mereduksi bising jalan raya karena karakteristik reduksi bising bukaan yang justru lemah pada frekuensi-frekuensi dominan bising jalan raya.

4. KESIMPULAN

Dari pengukuran dan analisa didapatkan beberapa kesimpulan. Terkait dengan atenuasi bising lingkungan dapat diketahui bahwa nilai atenuasinya yang diterima di setiap lantai bangunan berbeda, dipengaruhi oleh jarak yang dilalui bising dan penghalang bising yang berada di arah

rambatan bising. Atenuasi bising dari lingkungan tidak besar hanya berkisar 1 – 4 dB untuk bangunan yang berjarak 15 meter dari tepi jalan raya. Atenuasi bising pada lingkungan baik untuk frekuensi tinggi, namun untuk frekuensi lainnya lemah (terutama untuk frekuensi menengah).

Atenuasi bukaan dipengaruhi oleh lebih banyak faktor dibandingkan atenuasi bising lingkungan, antara lain : tipe bukaan, kondisi terbuka tertutupnya bukaan, dan sudut datang sumber suara (terkait pula dengan posisi bukaan terhadap sumber). Tipe bukaan dengan daun jendela swing mampu mereduksi bising lebih besar dibandingkan bukaan dengan kaca nako, terutama saat kondisi bukaan tertutup. Satu tipe bukaan pun belum tentu memiliki performa reduksi bising yang sama karena kondisi terbuka tertutupnya di lapangan mungkin berbeda. Selain dari bukaan itu sendiri, performa reduksi bising juga dipengaruhi oleh sudut datangnya bising. Semakin tinggi lantai bangunan maka sudut datang bisingnya pun semakin besar. Semakin besar sudutnya maka celah udara yang dapat dilalui bising pun semakin besar, sehingga nilai reduksi bisingnya semakin kecil.

Saat kondisi bukaan terbuka, jendela dengan kombinasi jendela swing mampu mereduksi bising sebesar 9 dB dan saat tertutup mampu mereduksi bising sebesar 16 dB. Pada tipe jendela nako, reduksi bisingnya hanya sebesar antara nilai 6 – 7,5 dB dengan penyesuaian terhadap sudut datang bisingnya saat kondisi bukaan terbuka. Saat tertutup nilai reduksi bisingnya meningkat antara nilai 9 – 12,5 dB.

Dari karakteristik frekuensinya didapatkan bahwa karakteristik bukaan eksisting yang ada lemah pada frekuensi-frekuensi menengah namun nilai reduksinya baik untuk frekuensi-frekuensi tinggi. Dari karakteristik frekuensinya baik untuk atenuasi lingkungan dan atenuasi bukaan keduanya menunjukkan frekuensi dominan pada frekuensi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakter lingkungan dan bukaan tidak mampu mereduksi bising dari jalan raya yang memiliki frekuensi dominan pada rentang frekuensi rendah dan menengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Doelle, L. L. (1972). *Environmental Acoustics*. United State of America: McGraw-Hill.
- Heerwagen, D. (2004). *Passive and Active Environmental Controls*. New York: McGraw-Hill.
- Klatte, M., Hellbruck, J., Seidel, J., & Leistner, P. (2010). Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children: A Field Study. *Environment and Behavior* vol.42, 659-692.
- Lawrence, A. (1970). *Architectural Acoustics*. Norfolk: Galliard Limited.
- Lee, S. E., & Khew, S. K. (1992). Impact of Road Traffic and Other Sources of Noise on the School Environment. *Indoor and Built Environment*, 162-169.