

Kajian Akustik Bangunan Antara Gedung Gereja dan Lingkungan Sekitar di Kota Manado

Ronald F. Manganguwi ⁽¹⁾, Sangkertadi ⁽²⁾, Pingkan P. Egam ⁽³⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi Manado, ronal_manguwi@yahoo.com

^(2,3) Dosen Pascasarjana Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi Manado

Abstrak

Letak dari bangunan gereja yang ada di sepanjang jalan dengan volume lalu lintas padat, diperhadapkan dengan masalah kebisingan yang tidak bisa dihindari. Paparan langsung akan sangat dirasakan secara konstan akibat dari kebisingan jalan raya. Kebisingan telah dianggap sebagai polusi lingkungan yang mengganggu kesehatan dan kenyamanan. Dua buah Gereja di Manado sebagai kasus dalam studi ini dirancang dengan penyesuaian terhadap iklim tropis, dimana menempatkan sejumlah bukaan ventilasi dan jendela cukup lebar pada selubung dinding. Namun ada konsekuensi terjadinya aliran kebisingan yang mengganggu melalui transmisi langsung dari bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi dari luar kedalam bangunan dan sebaliknya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya nilai reduksi bunyi karena faktor arsitektur selubung dan posisinya pada tapak.

Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Telah dilakukan pengukuran lapangan mengenai distribusi bunyi dari ruang dalam hingga ruang luar dan sebaliknya. Peralatan yang di gunakan adalah Sound Level Meter. Sumber bunyi yang konstan namun divariasikan setiap 10 dB mulai dari 60 hingga 100 dB telah diterapkan, baik untuk kasus sumber bunyi didalam ruang maupun di luar Gedung. Studi ini juga menggunakan software ISIMPA sebagai alat analisis untuk mengetahui sebaran bunyi secara spasial 2 dimensi. Hasilnya menunjukkan bahwa pengurangan bising dapat mencapai sekitar 7 sd 30 dB karena didukung factor jarak antara sumber bunyi dan pendengar sekitar 18 m. Namun factor arsitektur selubung bangunan dengan ventilasi dan jendela terbuka, hanya memberi kontribusi pengurangan bising yang kecil yakni sekitar angka 2 sd 3 dB saja.

Kata-kunci : Akustik Gereja, Selubung Bangunan, Pengurangan Bising

The location of the church building which is along a road with heavy traffic volume, is faced with an unavoidable noise problem. Direct exposure will be felt constantly due to road noise. Noise has been considered as environmental pollution that interferes with health and comfort. Two churches in Manado as the case in this study were designed to suit the tropical climate, which placed a number of ventilation openings and windows that were quite wide on the wall covering. However, there is a consequence of disturbing noise flow through direct transmission of the sound produced by the sound source from outside into the building and vice versa. This study aims to obtain the value of sound reduction due to the architectural factor of the envelope and its position on the site. The research uses a quantitative descriptive approach method. Field measurements have been carried out regarding the distribution of sound from the inside to the outside and vice versa. The equipment used is a Sound Level Meter. A constant but varied sound source every 10 dB from 60 to 100 dB has been applied, both for the case of indoor and outdoor sound sources. This study also uses ISIMPA software as an analytical tool to determine the 2-dimensional spatial distribution of sound. The results show that noise reduction can reach about 7 to 30 dB which is supported by a considerable distance factor between the sound source and the listener of about 18 m. However, the architectural factor of the building envelope with ventilation and open windows, only contributes a small noise reduction, which is around 2 to 3 dB only.

Keywords: Church Acoustics, Building Envelope, Noise Reduction.

Pendahuluan

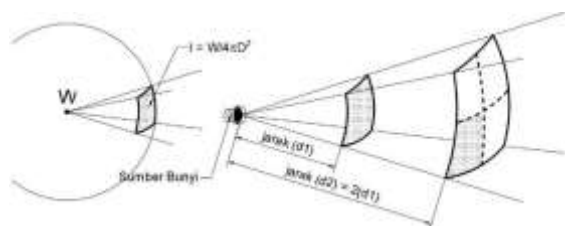
Letak dari bangunan gereja yang ada di sepanjang jalan dengan volume lalu lintas padat, diperhadapkan dengan masalah kebisingan yang tidak bisa dihindari. Paparan langsung akan sangat dirasakan secara konstan akibat dari kebisingan jalan raya (Asakura et al, 2013). Kebisingan telah dianggap sebagai polusi lingkungan yang berbahaya dan sering terjadi (Kwon et al, 2002). Akan tetapi, perilaku manusia terhadap lingkungannya,

akan selalu beradaptasi sehingga terjadi kesesuaian antara keduanya (Egam et al 2016).

Kenyaman termal yang dihasilkan dari bukaan jendela pada selubung bangunan, diharapkan dapat menekan konsumsi energi dari penggunaan listrik untuk Pendingin dan pencahayaan ruangan buatan. Hal ini dikarenakan, bukaan jendela sebagai ventilasi alami mampu menghadirkan sirkulasi udara yang baik. Selain itu juga, di iklim tropis lembab, massa angin yang menyentuh tubuh manusia, dapat mempengaruhi rasa

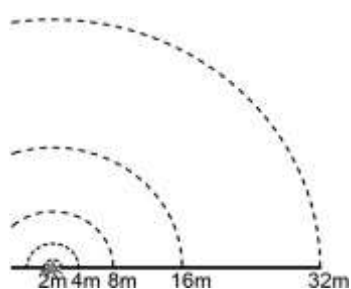
nyaman secara signifikan (Sangkertadi et al 2014). Konsekuensi kebisingan melalui transmisi langsung dari bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi dari luar kedalam bangunan dan sebaliknya, menjadi masalah baru untuk dikaji dan diidentifikasi kapasitas akustikal dari bangunan gereja itu sendiri.

Bunyi didefinisikan sebagai gelombang getaran mekanis dari udara atau benda padat yang dapat di tangkap oleh telinga normal manusia dalam rentan frekuensi 20 hingga 20.000 Hz (Sawiko 2008). Peristiwa perambatan berkas suara yang terjadi pada suatu permukaan bidang yang berlawanan dengan arah sumber bunyi disebut transmisi bunyi. Bunyi ditransmisikan melalui medium udara (airborne sound) dan melalui benda padat (structureborne sound). Hukum kuadrat terbalik menyatakan bahwa intensitas bunyi di satu titik akan menjadi seperempatnya apabila mengalami penggandaan jarak dari sumber bunyi yang ditinjau. Pola perubahan intensitas bunyi seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Hukum kuadrat terbalik
Sumber : Satwiko P, 2008

Pengurangan kuat bunyi 6 dB di setiap titik yang ditinjau akan terjadi apabila ada penggandaan jarak terhadap sumber bunyi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Pola penggandaan jarak
Sumber : Satwiko P, 2019

Kebisingan (Noise) adalah bunyi yang tidak di kehendaki dari suatu sumber bunyi disebabkan oleh aktivitas lingkungan dalam waktu tertentu dan dirambatkan dengan energi fluktuatif berdasarkan sumber bunyi. Upaya pengendalian untuk mengurangi kebisingan disebut (noise reduction) atau reduksi kebisingan. Pengurangan kuat bunyi dapat juga direduksi

melalui bahan yang digunakan pada selubung bangunan, peristiwa ini disebut sebagai kehilangan transmisi (transmission loss).

Solusi reduksi kebisingan dari penelitian sebelumnya yang di lakukan Mediastika (2018) mengusulkan konfigurasi bukaan jendela untuk mereduksi kebisingan. Solusi lain yang didapatkan Satwiko (2018) yaitu menggunakan terowongan udara yang dipasang pada jendela kaca sebagai ventilasi alami, untuk mendapatkan kenyamanan termal sekaligus reduksi kebisingan dari luar bangunan. Kwon et al (2013) menggunakan sensor suara disekeliling jendela untuk mengirim signal ke amplifier ke pengeras suara sehingga menghasilkan bunyi yang ditransmisikan melalui saluran udara berbentuk tabung. Christian et al (2011) menemukan sumber suara baru melalui pengeras suara yang di pasang pada jendela adalah solusi reduksi kebisingan yang masuk kedalam bangunan. Orientasi hasil penelitian lebih kepada faktor bukaan ventilasi alami pada selubung bangunan tanpa mempertimbangkan jarak rambat bunyi dari sumber ke dalam bangunan, begitupun sebaliknya.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya nilai reduksi bunyi karena faktor arsitektur selubung dan posisinya pada tapak serta mendapatkan gambar pola kontur distribusi rambatan bunyi yang terjadi akibat suara dari luar kedalam dan sebaliknya.

Metode

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif. Ditinjau dari sifat penelitian, tujuan penelitian bersifat penemuan (Sugiono 2013) dengan pengertian, data yang di dapatkan dari hasil penelitian ialah data yang benar – benar baru dan belum pernah ada sebelumnya. Penelitian merujuk pada studi kasus kondisi realbangunan dan lingkungan yang jadi sampel dari penelitian ini. Kajian pustaka juga merupakan bagian dari analisis sistematis untuk setiap formula dan simulasi menggunakan software Isimpa dijadikan pembanding hasil pengukuran lapangan yang dilakukan.

Lokasi dan Waktu penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di dua tempat berbeda yang ada didalam kota Manado yaitu gereja GMIM fungsional kampus universitas Sam Ratulangi dan gereja GMIM Bethesda Ranotana. Proses pengambilan data dilakukan pada siang hari.

Metode Pengumpulan Data

1. Wawancara
Mendapatkan informasi awal tentang jam peribadatan, kondisi kebisingan pada saat ibadah berlangsung dan rencana pengembangan kedepannya .

2. Observasi

Metode ini digunakan untuk mengukur kuat bunyi dari masing – masing sumber bunyi terhadap titik yang di tinjau. Pengukuran dilakukan pada interval jarak 2m dari sumber bunyi sampai pada titik akhir di dalam bangunan dan sebaliknya. Sumber suara menggunakan sumber suara titik dengan kuat bunyi pada 60 dB sampai 100 dB.

3. Dokumentasi

Mengambil foto kondisi real lapangan untuk di sebagai dokumentasi.

Teknik Analisis Data

Analisis data Hasil pengukuran lapangan dikelompokkan berdasarkan kuat di sumber bunyi dan di ambil nilai rata – ratanya dari data yang dihasilkan pada waktu pengukuran.

Kuat bunyi secara teori rambat bunyi tanpa halangan dan pola distribusi rambat bunyi menggunakan simulasi software Isimpa dengan menggunakan data pendukung hasil pengukuran properti bangunan berupa volume ruang, jarak bangunan dari sumber bunyi jalan raya, luas bukaan pada selubung bangunan dan material bangunan.

Analisis menggunakan formula dengan persamaan, dilakukan untuk mendapatkan reduksi bunyi disebabkan sumber bunyi dari dalam keluar bangunan dengan mdua sumber bunyi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil data lapangan dengan nilai rata – rata dari akumulasi tiga kali pengukuran bangunan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 sampai tabel 4.

Gereja GMIM fungsional kampus Universitas Sam Ratulangi

Kuat bunyi yang di ukur pada sumber bunyi (dB)	Kuat bunyi yang terdengar sampai didalam gereja dari sumber bunyi di luar gedung							
	1	2	3	4	5	6	7	8
70	61,4	58,8	65,3	68,8	66	65,1	59,6	62,7
80	67,1	77,4	68,7	65,3	76,2	74,5	61,1	61,3
90	75,6	73,5	81,1	84,2	85,2	86,7	69,3	72,6
100	67,1	69,3	77,9	81,3	82,7	83,7	84,5	89,8

Tabel 1. Nilai rata-rata pengukuran dari luar bangunan

Kuat bunyi yang di ukur pada sumber bunyi (dB)	Kuat bunyi yang terdengar sampai dilingkungan gereja dari sumber bunyi di dalam gedung					
	1	2	3	4	5	6
60	57,3	61,1	62,8	64,2	61,2	63,2
70	65,6	70,7	72,9	73,4	70,5	70,1
80	77,5	68,1	68,9	65,4	68,4	68,9
90	74,8	70,5	69,8	65,3	64,6	66,1
100	80,5	85,8	84,6	82,6	81,3	76,5

Tabel 2. Nilai rata-rata pengukuran dari dalam bangunan

Gereja GMIM Bethesda Ranotana

Kuat bunyi yang di ukur pada sumber bunyi (dB)	Kuat bunyi yang terdengar sampai didalam gereja dari sumber bunyi di luar gedung								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	53,2	54,3	55,3	53,7	52,1	49,1	56,6	56,3	59,1
70	53,2	56,5	61,7	71,6	59,7	57,9	60,1	57,9	65,9
80	55,5	59,4	56,9	51,4	58,1	52,7	64,6	65,1	62,6
90	65,9	57,9	66,7	56,7	64,1	57,6	62,3	67,1	64,7
100	86,9	75,4	72,1	76,8	77,3	70,1	67,9	56,4	58,8

Tabel 3. Nilai rata-rata pengukuran dari luar bangunan

Kuat bunyi yang di ukur pada sumber bunyi (dB)	Kuat bunyi yang terdengar sampai dilingkungan gereja dari sumber bunyi di dalam gedung					
	1	2	3	4	5	6
60	56,2	56,5	53,9	58,7	56,8	56
70	71,5	60,9	58,5	57,9	61,3	59,8
80	69,7	61,9	72,1	61,6	66,5	62,4
90	66,7	64,3	60,3	58,9	58,3	57,6

Tabel 4. Nilai rata-rata pengukuran dari dalam bangunan

Simulasi software Isimpa

Input data menggunakan data kuat bunyi yang dipakai pada saat pengukuran lapangan dan dihitung nilai L_w menggunakan persamaan

$$L_w = \frac{10 \log W}{W_0} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- L_w = tingkat daya bunyi, dB
- W = daya bunyi
- W₀ = daya bunyi acuan, diambil 10⁻¹² W

Nilai transmission loss untuk selubung berdasarakan frekuensi dihitung dengan persamaan

$$TL_f = 18 \log M + 12 \log f - 25 \text{dB} \dots (2)$$

- Dimana M = masa dinding kg/m²
- f = frekuensi

hasil perhitungan transmission loss seperti pada tabel 5.

Frekuensi	125	250	500	1000	2000	4000
TL _f	43,80	47,09	50,71	54,32	57,93	61,54

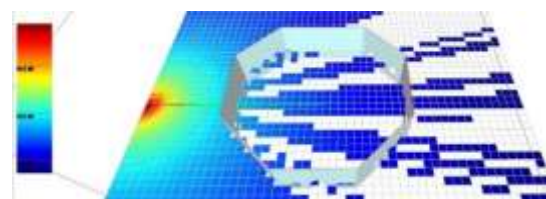
Tabel 5. Nilai transmission loss selubung bangunan

Hasil simulasi gereja kampus unsrat adalah sebagai berikut

1. Simulasi teori rambat bunyi tanpa penghalang

a. Sumber bunyi dari luar bangunan.

Pola rambat bunyi hasil analisis, seperti pada gambar 3.



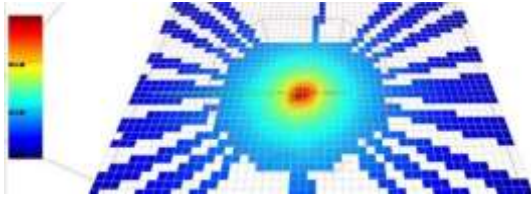
Gambar 3. Pola rambat bunyi dari luar kedalam bangunan

Nilai tingkat bunyi yang dihasilkan dari simulasi seperti pada tabel 6.

Tingkat bunyi sumber bunyi (source) diluar bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) dalam bangunan dari sumber bunyi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
60	34,60	36,30	38,60	40,10	42,10	44,60	48,10	54,10
70	44,60	46,30	48,60	50,10	52,10	54,60	58,10	64,10
80	54,60	56,30	58,60	60,10	62,10	64,60	68,10	74,10
90	64,60	66,30	68,60	70,10	72,10	74,60	78,10	84,10
100	74,60	76,30	78,60	80,10	82,10	84,60	88,10	94,10

Tabel 6. Nilai tingkat bunyi dengan sumber bunyi dari luar bangunan

b. Sumber bunyi dari dalam bangunan.
 Pola rambat bunyi dari hasil analisis ini, seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Pola rambat bunyi dari dalam keluar bangunan

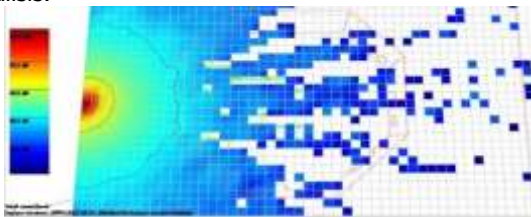
Tingkat bunyi yang dihasilkan, nilai di setiap titik yang ditinjau seperti yang ada pada tabel 7.

Tingkat bunyi sumber bunyi (source) didalam bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) keluar bangunan dari sumber bunyi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
60	49,30	43,20	39,70	38,20	36,90	35,80	34,80	33,90
70	59,30	53,20	49,70	48,20	46,90	45,80	44,80	43,90
80	69,30	63,20	59,70	58,20	56,90	55,80	54,80	53,90
90	79,30	73,20	69,70	68,20	66,90	65,80	64,80	63,90
100	89,30	83,20	79,70	78,20	76,90	75,80	74,80	73,90

Tabel 7. Nilai tingkat bunyi dengan sumber bunyi dari dalam bangunan

2. Simulasi dengan selubung bangunan

a. Sumber bunyi dari luar bangunan.
 Gambar 5 menunjukkan pola distribusi bunyi hasil analisis.



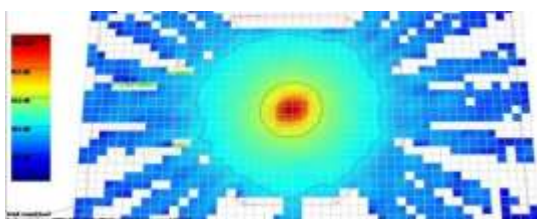
Gambar 5. Pola rambat bunyi dari luar ke dalam bangunan

Tingkat bunyi simulasi yang dihasilkan seperti yang ada di tabel 8.

Tingkat bunyi sumber bunyi (source) diluar bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) dalam bangunan dari sumber bunyi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
60	34,34	34,86	32,65	40,30	42,30	44,70	48,20	54,10
70	44,52	45,32	42,02	50,30	52,00	54,60	58,00	64,10
80	54,17	55,28	52,48	60,20	62,20	64,60	68,10	74,10
90	63,80	65,32	61,70	70,00	73,90	74,40	78,00	84,10
100	73,40	74,30	75,10	79,90	81,90	84,40	87,90	94,10

Tabel 8. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari luar bangunan

b. Sumber bunyi dari dalam bangunan.
 Pola distribusi hasil simulasi seperti gambar 6.



Gambar 6. Pola rambat bunyi dari dalam ke luar bangunan

Simulasi dalam bangunan menghasilkan nilai tingkat bunyi seperti pada tabel 9.

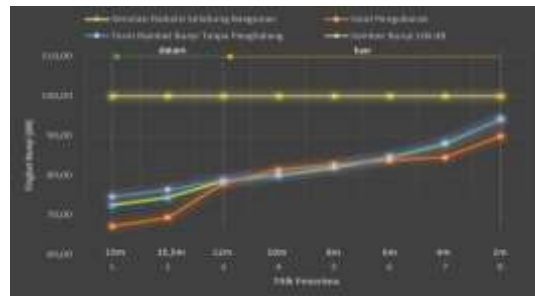
Tingkat bunyi sumber bunyi (source) didalam bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) keluar bangunan dari sumber bunyi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
60	49,30	43,40	40,00	32,34	34,48	34,16	30,45	27,09
70	59,20	53,10	49,80	42,68	44,54	44,54	41,17	33,40
80	69,30	63,20	59,80	53,40	53,90	54,70	50,43	47,34
90	79,30	73,60	69,80	63,38	63,92	64,82	60,48	55,87
100	89,10	83,00	79,50	71,48	74,54	74,58	69,25	69,83

Tabel 9. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari dalam bangunan

Nilai tingkat bunyi hasil simulasi dan pengukuran lapangan seperti pada tabel 10.

Sumber bunyi di luar bangunan	Titik Penerima/ Jarak terhadap sumber bunyi							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	19m	15,5m	12m	10m	8m	6m	4m	2m
Teori rambat bunyi	74,60	76,30	78,60	80,10	82,10	84,60	88,10	94,10
Simulasi Selubung Bangunan	72,40	74,30	76,50	79,90	81,90	84,40	87,90	94,10
Hasil pengukuran	67,10	69,30	77,90	81,30	82,70	83,70	84,50	85,80

Tabel 10. Nilai tingkat bunyi hasil simulasi dan pengukuran dengan sumber bunyi dari dalam bangunan



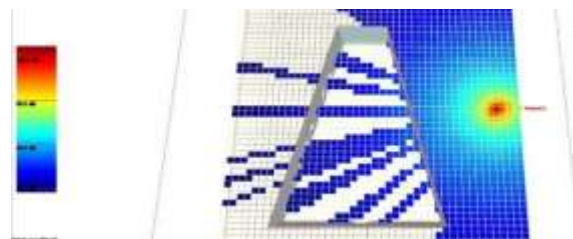
Gambar 7. Grafik tingkat bunyi hasil simulasi bunyi dari dalam bangunan

Dari hasil penelitian, reduksi bunyi akibat penggantian jarak dengan dua simulasi diluar bangunan pada jarak 12m dititik 3 sebesar 21,40 dB dan didalam bangunan 25,40 dB. Hasil pengukuran menghasilkan reduksi sebesar 22,10 dB diluar bangunan dan 32,90 dB didalam bangunan sudah termasuk adanya pengaruh selubung bangunan, sehingga reduksi yang dihasilkan dari selubung bangunan didalam gedung ialah 2,2 dB.

Hasil simulasi gereja Bethesda Ranotana adalah sebagai berikut :

1. Simulasi teori rambat bunyi tanpa penghalang
 - a. Sumber bunyi dari luar bangunan.

Pola rambat bunyi seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Pola rambat bunyi dari dalam ke luar bangunan

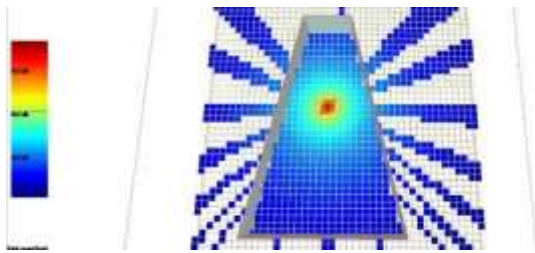
Tingkat bunyi yang dihasilkan dari simulasi seperti yang ditunjukkan pada tabel.11

Kuat bunyi sumber bunyi (source) di luar bangunan (dB)	Kuat bunyi di titik penerima (receiver) ke dalam dari sumber bunyi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	35,00	36,10	37,20	38,60	40,10	42,10	44,60	48,10	54,10
70	45,00	46,10	47,20	48,60	50,10	52,10	54,60	58,10	64,10
80	55,00	56,10	57,20	58,60	60,10	62,10	64,60	68,10	74,10
90	65,00	66,10	67,20	68,60	70,10	72,10	74,60	78,10	84,10
100	75,00	76,10	77,20	78,60	80,10	82,10	84,60	88,10	94,10

Tabel 11. Nilai Tingkat bunyi dengan sumber bunyi dari luar bangunan

b. Sumber bunyi dari dalam bangunan.

Distribusi bunyi keluar bangunan seperti yang ada pada gambar 9.



Gambar 9. Pola rambat bunyi dari dalam ke luar bangunan

Tabel 12 berikut ini adalah nilai hasil simulasi.

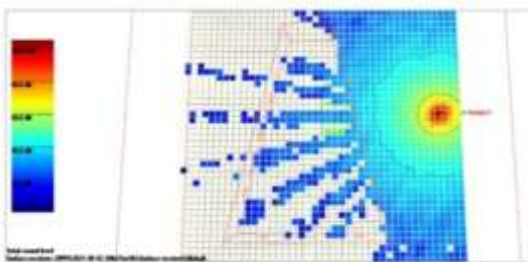
Tingkat bunyi sumber bunyi (source) di luar bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) ke dalam dari sumber bunyi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	54,10	48,10	44,60	42,10	40,10	38,60	37,20	36,10	35,00
70	64,10	58,10	54,60	52,10	50,10	48,60	47,20	46,10	45,00
80	74,10	68,10	64,60	62,10	60,10	58,60	57,20	56,10	55,00
90	84,10	78,10	74,60	72,10	70,10	68,60	67,20	66,10	65,00
100	94,10	88,10	84,60	82,10	80,10	78,60	77,20	76,10	75,00

Tabel 12. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari luar bangunan

2. Simulasi dengan selubung bangunan

a. Sumber bunyi dari luar bangunan.

Pengaruh selubung bangunan, distribusinya seperti di gambar10.



Gambar 10. Pola rambat bunyi dari luar ke dalam bangunan

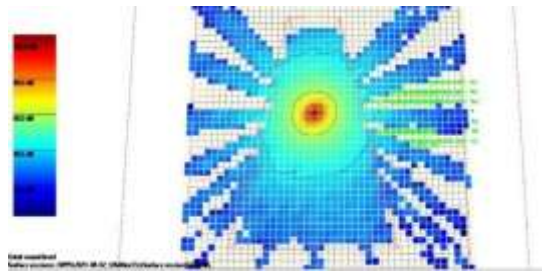
Nilai kuat bunyi yang dihasilkan dari simulasi, ditunjukkan pada tabel 13.

Tingkat bunyi sumber bunyi (source) di luar bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) ke dalam dari sumber bunyi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	30,98	34,50	34,34	39,00	40,00	42,10	44,70	48,20	54,20
70	41,73	43,60	44,42	47,80	49,40	51,50	54,10	57,90	64,00
80	51,75	55,33	54,14	59,40	60,90	62,20	64,90	68,30	74,20
90	61,43	64,87	64,32	69,40	70,90	71,90	74,30	78,00	84,10
100	71,63	74,63	74,86	79,00	80,00	82,10	84,60	88,10	94,20

Tabel 13. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari luar bangunan

b. Sumber bunyi dari dalam bangunan.

Distribusi bunyi dari sumber yang ada dalam bangunan, menghasilkan pola distribusi seperti pada gambar



Gambar 11. Pola rambat bunyi dari luar ke dalam bangunan

Nilai tingkat bunyi seperti pada tabel 14 berikut.

Tingkat bunyi sumber bunyi (source) di dalam bangunan (dB)	Tingkat bunyi di titik penerima (receiver) ke luar dari sumber bunyi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	54,00	48,00	44,50	40,90	36,16	37,20	36,60	36,00	35,10
70	64,10	58,10	54,50	49,90	45,70	47,15	46,30	45,85	44,65
80	74,20	68,10	64,50	60,90	55,46	57,30	56,13	55,50	54,65
90	84,10	78,10	74,60	70,60	65,06	67,28	66,43	66,25	65,25
100	94,20	88,30	84,80	79,10	78,90	77,18	76,30	75,95	75,05

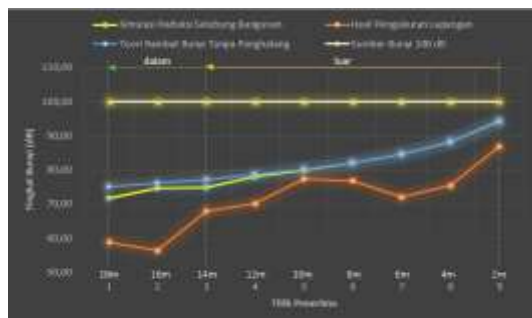
Tabel 14. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari dalam bangunan

Nilai tingkat bunyi hasil simulasi dan pengukuran lapangan seperti pada tabel 15 berikut :

Sumber bunyi di luar bangunan	Titik Penerima/ Jarak terhadap sumber bunyi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18m	18m	16m	14m	12m	10m	8m	6m	4m	2m
Teori rambat bunyi	75,00	76,10	77,20	78,60	80,10	82,10	84,60	88,10	94,10
Simulasi Selubung Bangunan	71,63	74,63	74,86	76,00	80,00	82,10	84,60	88,10	94,20
Hasil pengukuran	58,80	56,40	67,80	70,10	77,30	78,80	72,10	75,40	86,90

Tabel 15. Nilai kuat bunyi dengan sumber bunyi dari dalam bangunan

Perbandingan dari masing – masing tingkat bunyi yang dihasilkan dari simulasi dan pengukuran, seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik tingkat bunyi hasil simulasi bunyi dari dalam bangunan

Dari hasil penelitian, reduksi bunyi akibat penggantian jarak dengan dua simulasi diluar bangunan pada jarak 12m dititik 4 sebesar 21,40 dB dan didalam bangunan 25,00 dB. Hasil pengukuran menghasilkan reduksi sebesar 29,90 dB diluar bangunan dan 41,20 dB didalam bangunan sudah termasuk adanya pengaruh selubung

bangunan, sehingga reduksi yang dihasilkan dari selubung bangunan didalam gedung ialah 3,37 dB.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan pengukuran lapangan, reduksi bunyi yang dihasilkan karena adanya faktor arsitektur selubung bangunan dan posisinya pada tapak dari masing – masing bangunan ialah :

1. Bangunan gedung gereja GMIM fungsional kampus unsrat dengan bentuk segi delapan yang menggunakan bukaan sebagai sirkulasi udara alami, mengalami reduksi sebesar 2,2 dB dikarenakan faktor selubung bangunan dan 30,70 dB dikarenakan posisi bangunan pada tapak.
2. Bangunan gedung gereja GMIM Bethesda Ranotana, pada kondisi yang sama mengalami reduksi maksimum 3,37 dB dikarenakan faktor selubung bangunan dan 39 dB dipengaruhi oleh faktor posisinya pada tapak bangunan.

Daftar Pustaka

- Alberola, J., I. H. Flindell, and A. J. Bullmore. 2005. "Variability in Road Traffic Noise Levels." *Applied Acoustics* 66(10): 1180–1195.
- Ansary, S., and P. H. T. Zannin., 2016 "Evaluation of the Acoustic Environment in a Protestant Church Based on Measurements of Acoustic Descriptors." *Journal of Building Construction and Planning Research*, (2016), 4, 172-189.
- Asakura, T., T. Miyajima and S. Sakamoto. 2013 "Prediction method for sound from passing vehicle transmitted through building façade." *Applied Acoustics* 74 (2013) : 758-769.
- Buratti, C. 2002. "Indoor Noise Reduction Index with Open Window." *Applied Acoustics* 63 (4): 431–451.
- Buratti, C. 2006. "Indoor Noise Reduction Index with an Open Window (Part II)." *Applied Acoustics* 67: 383–401.
- Brüel and Kjær.1998 "Basic Frequency Analysis of Sound". English BA 7669-11
- Brüel and Kjær.1998 "Basic Concepts of Sound". English BA 7666-11
- Bibby, C., and M. Hodgson. 2013 "Field measurement of the acoustical and airflow performance of interior natural-ventilation openings and silencers." *Building and Environment* (2013) : 265-273.
- Cai, M., Z. Lan., Z. Zhang., Z. Zhang., and H. Wang. 2019 "Evaluation of road traffic noise exposure based on high-resolution population distribution and grid-level noise data." *Building and Environment* 147 (2019) : 211-220.
- Carne, C., O. Schevin.,C. Romerowski., and J. Clavard. 2016 "Active Noise Applied to Open Windows." TechnoFirst SA, France. Inter - Noise2016.
- De Salis, M. H. F., D. J. Oldham, and S. Sharples. 2002. "Noise Control Strategies for Naturally Ventilated Buildings." *Building and Environment* 37: 471–484.
- Damaske, P. 2008 *Acoustics and Hearing*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 119. hal.
- Doelle, L. L.1985 *Akustik Lingkungan*. Erlangga. Surabaya. 216 hal.
- Davis, D., E. Patronis and P. Brown.2013 "Sound System Engineering." Four Edition. Focal Press. Indiana. 608 hal.
- Egam, P. P., and M. M. Rengkung. 2016 "Changes of Local Settlement Areas based on Local Community Activities" *Inclusive Space,Enriching Culture. Proceedin in 3rd Biennale ICIAP Yogyakarta*. 432 – 437.
- Everest, F. Alton. 2001 "The Master Handbook Of Acoustics." Fourth Edition. McGraw-Hill. United States. 599 hal.
- Jean, P., and J. F. Rondeau. 2004. "A model for the calculation of noise transmission inside dwellings: application to aircraft noise" *Applied Acoustics* 65 (2004) : 861-882.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Nomor : Kep-48/Menlh/1996 Tentang Baku Tingkat Kebisingan.
- Kwon, B., Park, Y. 2013. Interior Noise Control with an Active Window System. *Applied Acoustics*, 74 (5): 647-652.
- Long, M. 2006 *Architectural Acoustics*. Elsevier Academic Press. USA. 829 hal
- Mediastika, C. E. *Akustika Bangunan Prinsip – Prinsip dan Penerapannya di Indonesia*. Erlangga. Jakarta.148 hal.
- Mediastika, C. E., L. Kristianro., J. Anggono., F. Suhedi., and H. Purwaningsih. 2018 "Open windows for natural airflow and environmental noise reduction." *Architectural Sccience Review* (2018) : 1758-9622.
- Morales, L. Á., T. Zamarreño., S. Girón., and M.Galindo. 2013 "A methodology for the study of the acoustic environment of Catholic cathedrals: Application to the Cathedral of Malaga." *Building and Environment* 72 (2014) : 102-115.
- Riduwan., 2002 "Skala Pengukuran Variabel – Variabel Penelitian." Alfabeta. Bandung. 171 hal.
- Sagers, J. D., T. W. Leishman., and J. D. Blotter. 2010 "Active sound transmission control of a double-

- panel module using decoupled analog feedback control: Experimental results." *Acoustical Society of America* (2010) : 2807–2816.
- Sangkertadi., R. Syafriny., 2014 "New equation for estimating outdoor thermal comfort in humid-tropical environment." *European Journal of Sustainable Development* (2014) : 3, 4, 43-52.
- Satwiko, P. 2009. "Fisika Bangunan." Andi Offset. Yogyakarta. 372 hal.
- Satwiko, P. 2019. "Akustika Arsitektural." Andi Offset. Yogyakarta. 292 hal.
- Satwiko, P., A. Prasetyo., and F. Suhendi., 2018 "Noise-reducing vents for windows in warm, humid, tropical countries." *Architectural Engineering and Design Management* 1745 (2018) : 1752-7589.
- Sugiyono., 2013 "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D." Alfabeta. Bandung 330 hal.
- Sutanto, H., 2015 "Prinsip – Prinsip Akustik Dalam Arsitektur." PT. Kanisius. Yogyakarta. 455 hal
- Tadeu, A. J. B., and D. M. R. Mateus. 1999 "Sound transmission through single, double and triple glazing. Experimental evaluation." *Applied Acoustics* 62 (2001) 307-325.
- Trikoortam, S. C., and M. Hornikx. 2019 "The wind effect on sound propagation over urban areas: Experimental approach with an uncontrolled sound source." *Building and Environment* 147 (2019) : 561 - 570.
- Wulur, Y. A., Sangkertadi., Kindangen. J. I., Worouw. F. 2014 "Pola Distribusi Bunyi dan Toleransi Kebisingan Pada Perumahan di Kawasan Bandara." *Media Matrasain* Volume 11.
- Yu, X., S. K. Lau., L. Cheng., and F. Cui., 2016 "A numerical investigation on the sound insulation of ventilation windows." *Building and Environment* 147 (2016) : 561 - 570.