

Optimasi WWR untuk Penghawaan dan Pengendalian Kebisingan Lingkungan dalam Hunian Tropis Lembab

FX Teddy Badai Samodra

Laboratorium Sains dan Teknologi Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Abstrak

Dalam lingkungan perkotaan, penghawaan dan kebisingan merupakan faktor yang paling penting dalam mempengaruhi lingkungan dalam bangunan. Penelitian ini mengkaji WWR (*Window to Wall Ratio*) sebagai kompromi kebutuhan penghawaan dan pengendalian kebisingan rumah Jawa yang menjadi studi kasus dari hunian tropis lembab. Kebutuhan luas bukaan (WWR) memiliki perilaku yang kontradiktif, yaitu antara kebutuhan bukaan maksimal untuk aliran angin dan minimum untuk mengurangi kebisingan. Lokasi penelitian ini berada di dataran rendah (Surabaya, 0-50 m msl) dan di dataran tinggi (Malang, 440-667 m msl). Kedua kota besar tersebut dipilih karena memiliki kemiripan budaya dan arsitektur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rentang WWR sebagai bentuk integrasi pemenuhan kebutuhan penghawaan dan pengendalian kebisingan, yaitu dataran rendah/siang hari: 0.13-100% (standar survei), 0.13-5.24% (standar WHO); dataran rendah/malam hari: 0-100% (standar survei), 0-3.24% (standar WHO); dataran tinggi/siang hari: 0.24-100% (standar survei), 0.24-70.48% (standar WHO); dan dataran tinggi/malam hari: 0-100% (standar survei/standar WHO).

Kata-kunci : kebisingan, penghawaan, rumah Jawa, tropis lembab, WWR

Abstract

Thermal and acoustic comfort is important in urban area. This research analyzes the optimization of window to wall ratio (WWR) in controlling thermal and acoustic comfort for Javanese traditional house. There is a dilemma in WWR for the two comforts. WWR needs to be wide to create good thermal comfort, while it needs to be small to reduce noise from the outside. By selecting a location in Surabaya (0-50 m above sea level) and Malang (440-667 m above sea level), this study tries to find the optimization. The results show that a good WWR ranges from 0.13-100% (survey standard or 0.13-5.24% (WHO standard) for daytime in Surabaya; 0-100% (survey standard) or 0-3.24% (WHO standard) for nighttime in Surabaya; 0.24-100% (survey standard or 0.24-70.48% (WHO standard) for daytime in Malang; 0-100% (WHO standard) for nighttime in Malang.

Keywords : noise, thermal comfort, Javanese traditional huse, hot-humid climate, WWR

Kontak Penulis

FX Teddy Badai Samodra

Laboratorium Saind dan Teknologi Bangunan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo Jl. A.R. Hakim – 60111. Tel : 081232508454

E-mail : fxteddybs@yahoo.co.id

Informasi Artikel

Diterima editor 5 Desember 2016, Disetujui untuk diterbitkan 3 Maret 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pengantar

Standar lingkungan dalam bangunan menentukan faktor lingkungan yang berbeda, seperti termal, kualitas udara dalam ruangan, aural, dan visual (Huang *et al*, 2012). Dalam lingkungan perkotaan, termal dan kebisingan secara bersamaan mempengaruhi lingkungan dalam bangunan (Lai *et al*, 2009). WWR merupakan aspek penting dalam pembahasan pengendalian kebisingan (De Salis, *at al*, 2002). Indonesia adalah sebuah daerah "cincin api". Hal itu terbukti dengan banyaknya gunung berapi yang mempengaruhi pola topografi yang terdiri atas dataran rendah dan dataran tinggi. Di daerah tropis, khususnya pantai/dataran rendah, kondisi temperatur dan kelembaban cukup tinggi menjadi kendala yang perlu dipertimbangkan (Said dan Sudradjat, 2013). Perbedaan ketinggian geografis sebagai representasi lingkungan tropis lembab, tidak hanya menyebabkan variasi iklim dan lingkungan yang berpengaruh pada perbaikan termal akibat perbedaan lingkungan, tetapi juga mempengaruhi perbedaan pertumbuhan kota. Hal ini terjadi karena biasanya kota di dataran rendah (lowland) tumbuh lebih cepat daripada kota di dataran tinggi (highland). Hal ini memiliki konsekuensi tidak hanya terhadap variasi penyebaran kebisingan dari luar ke dalam bangunan, tetapi juga adaptasi penghuni dan rancangan arsitekturalnya (Samodra, 2016). Dalam, hal ini, material dan WWR menjadi elemen selubung bangunan yang memegang peranan yang penting.

Metode

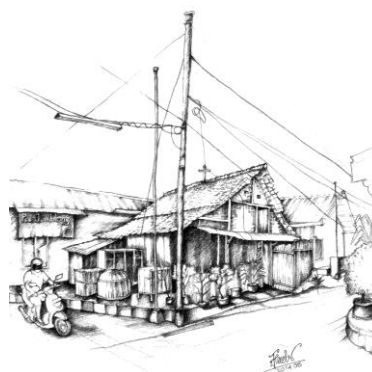
Penelitian ini memaparkan ide perbaikan lingkungan termal serta kebisingan bangunan eksisting. Selanjutnya, penelitian ini juga menelaah optimasi dan pengendalian terpadu pada kinerja termal dan kebisingan lingkungan. Secara detail, studi tentang kajian kompromi kebutuhan penghawaan dan pengendalian kebisingan juga dilakukan dengan rumah Jawa sebagai studi kasus dari hunian tropis lembab. Seperti ditunjukkan oleh gambar 1.



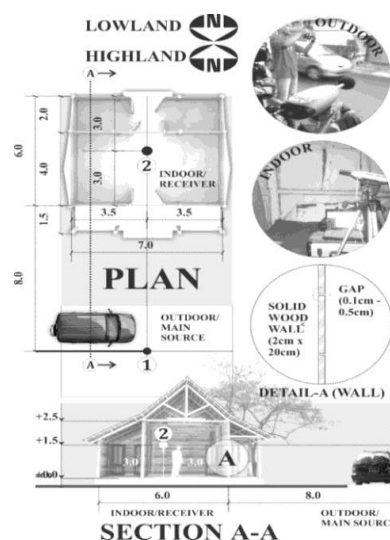
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di dataran rendah (Surabaya, 0-50 m msl) dan di dataran tinggi (Malang, 440-667 m msl). Surabaya dan Malang merupakan dua kota terbesar di Provinsi Jawa Timur. Kedua kota ini dipilih karena memiliki kemiripan budaya dan arsitektur.

Seperti rumah tradisional di daerah tropis lembab pada umumnya, rumah tradisional Jawa (tipe Kampung), pada awalnya dirancang untuk kondisi perdesaan yang masih terbuka. Namun, kondisi sekarang ini tumbuh di lingkungan padat perkotaan dengan banyak yang masih mempertahankan ukuran dan material bangunan (gambar 2). Baik untuk dataran rendah maupun dataran tinggi, hunian memiliki luas ukuran bangunan rata-rata $6 \times 7 \text{ m}^2$ (gambar 3). Bangunan tersebut memiliki penggunaan material bangunan yang bervariasi tergantung faktor lokasi dan waktu. Namun, secara umum didominasi oleh penggunaan dinding kayu (*thermal* dan *acoustical properties*: U-value = $3.19 \text{ W/m}^2\text{K}$, Tlag = 0.3 hour, W = 24.8 kg/m^2 , t = 30 mm, Transmission Loss in average: TL_{wood} = 18 dB.).



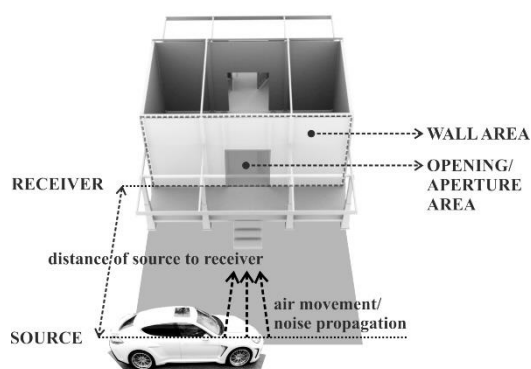
Gambar 2. Kondisi Lingkungan Rumah Jawa. (sumber; Survei lapangan 2014)



Gambar 3. Profil Bangunan. (sumber; Survei lapangan 2014)

Berbeda dengan analisis material yang komplemen antara kebutuhan pengendalian panas dan kebisingan, kebutuhan luas bukaan memiliki perilaku yang kontradiktif; Penyelesaian arsitektural yang berlawanan antara kebutuhan menyediakan bukaan yang maksimal untuk aliran angin dan bukaan yang minimum untuk mengurangi kebisingan dari lingkungan. Kebutuhan luas bukaan ditentukan oleh *Window to Wall Ratio* (WWR) yang dihitung dari perbandingan luas bukaan (lobang) dan luas keseluruhan dinding parentalnya.

Metode analisis WWR mempertimbangkan jarak sumber bunyi ke penerima sebagai faktor penting (gambar 4). Namun, faktor jarak ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pergerakan angin untuk penghawaan dan pendinginan fisiologis.



Gambar 4. Metode Analisis *Windows to wall* (WWR)

SNI 03-6386-2000 menetapkan kriteria desain kondisi akustik di dalam ruang hunian. Sementara, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48/MENLH/11/1996 merekomendasikan Tingkat Kebisingan untuk kawasan perumahan dan permukiman adalah 55 dBA. Peraturan tersebut tidak memberikan rekomendasi yang membedakan standar untuk waktu siang atau malam hari. Samodra (2015) menunjukkan bahwa berdasarkan hasil survei, batas kebisingan lingkungan, baik dari sumber dalam maupun dari luar bangunan, untuk siang hari di dataran rendah ditetapkan 49.9 dBA dan untuk siang hari dataran tinggi 47.8 dBA. Batas kebisingan malam hari untuk dataran rendah dan dataran tinggi, masing-masing 45.9 dBA dan 40.0 dBA. Sementara itu, *World Health Organization* (WHO) merekomendasikan batas maksimum untuk kebisingan siang hari adalah 35.0 dBA dan malam hari adalah 30.0 dBA untuk hunian (Berglund *et al*, 2000). Kedua kriteria di atas menjadi pedoman dalam penentuan optimasi: Berdasarkan hasil survei atau standar survei dan berdasarkan rekomendasi WHO atau standar WHO.

Secara umum metode perhitungan dijelaskan berdasarkan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Perhitungan minimum debit aliran angin (flow rate) yang diperlukan untuk penghawaan (persamaan 1).
2. Penentuan luas minimum bukaan dan WWR untuk penghawaan dengan pertimbangan pendinginan

fisiologis untuk dataran rendah dan tinggi, siang dan malam hari (persamaan 2).

3. Perhitungan efektifitas pengendalian bising (SRI index) yang mempertimbangkan koefisien serap bunyi dari material dan bukaan serta luasannya (persamaan 3).
4. Perhitungan luas bukaan maksimum untuk pengendalian bising yang mempertimbangkan jarak sumber kebisingan utama ke penerima bunyi.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 dan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 441/KPTS/1998, kebutuhan minimum penghawaan alami bangunan minimum 5% dari luas lantai. Sementara, kebutuhan aliran angin menurut *ANSI/ASHRAE Standard 55-2004*, setiap penghuni membutuhkan 7.5 *cubic feet per minute* (CFM) dan bangunan membutuhkan 3 CFM setiap 100 *square feet*. Seperti diilustrasikan oleh persamaan 1, dengan rata-rata jumlah penghuni 5 orang, minimum aliran angin yang diperlukan untuk bangunan adalah $51.1 \text{ ft}^3/\text{m} = 0.024 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$Q = (7.5.N_p) + (3.A/100) \quad (1.)$$

Kecepatan angin minimum untuk pendinginan fisiologis berdasarkan penelitian sebelumnya adalah 1.5 m/s untuk daerah dataran rendah dan 0.8 m/s dataran tinggi (Samodra, 2016). Kedua data kecepatan angin tersebut untuk kondisi siang hari (daytime). Sedangkan malam hari (night-time) tidak diperlukan pendinginan fisiologis karena memiliki temperatur yang lebih rendah. Dengan persamaan 2 dan $Q = 0.024 \text{ m}^3/\text{s}$, luas minimum bukaan untuk penghawaan = $A_A = 0.03$ (WWR=0.13%) dan 0.05 m^2 (WWR=0.24%), masing-masing untuk dataran rendah dan dataran tinggi

$$Q = E.A_A.V \quad (2.)$$

Untuk efektivitas pengendalian kebisingan lingkungan, analisis *SRI index* dari material bangunan (dinding) dan bukaan perlu diterapkan dengan pertimbangan luas masing-masing permukaannya (persamaan 3).

$$SRI_{W+A}(\text{dB}) = -10 \log \left[\frac{A_W 10^{(-SRI_W/10)} + A_A 10^{(-SRI_A/10)}}{(A_W + A_A)} \right] \quad (3.)$$

(opened aperture, $SRI_W = 0$).
sumber: De Salis, *at al* (2002)

Tabel 1 merangkum hasil perhitungan optimasi WWR. Dalam variasi jarak, terdapat perbedaan kriteria untuk integrasi perbaikan termal dan penyebaran kebisingan. Karena kondisi temperatur yang lebih tinggi dibanding malam hari, penghawaan untuk pendinginan fisiologis hanya diperlukan ketika siang hari. Minimum WWR adalah 0.13% dan 0.24% masing-masing untuk dataran rendah dan dataran tinggi.

Tabel 1. Hasil Optimasi Kebutuhan WWR untuk Penghawaan dan Pengendalian Kebisingan dalam Variasi Jarak Sumber ke Penerima Bunyi.

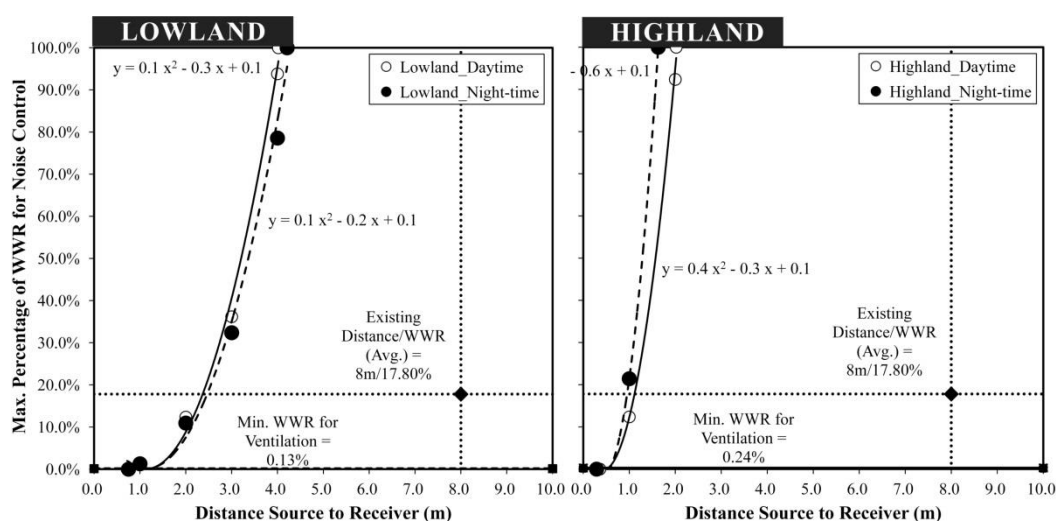
Location/ Time	Distance (m)	WWR Requirement			
		Field Study Limits		WHO Standard	
		Minimum for Thermal Improvement	Maximum for Noise Improvement	Minimum for Thermal Improvement	Maximum for Noise Improvement
Lowland/ Daytime	8*	0.13%	100%	0.13%	5.24%
	0.72	0.13%	0%**	-	-
	4.02	0.13%	100%***	-	-
	3.95	-	-	0.13%	0%**
	22.1	-	-	0.13%	100%***
Lowland/ Night-time	8*	0%****	100%	0%****	3.24%
	0.75	0%	0%**	-	-
	4.21	0%	100%***	-	-
	4.65	-	-	0%	0%**
	25.9	-	-	0%	100%***
Highland/ Daytime	8*	0.24%	100%	0.24%	70.48%**
	0.36	0.24%	0%**	-	-
	2.02	0.24%	100%***	-	-
	1.56	-	-	0.24%	0%**
	8.8	-	-	0.24%	100%***
Highland/ Night-time	8*	0%****	100%	0%****	100%**
	0.29	0%	0%**	-	-
	1.63	0%	100%***	-	-
	0.91	-	-	0%	0%**
	5.15	-	-	0%	100%***

*) existing in average distance

**) no aperture (totally closed) requirement by minimum distance

***) totally opened aperture requirement by minimum distance

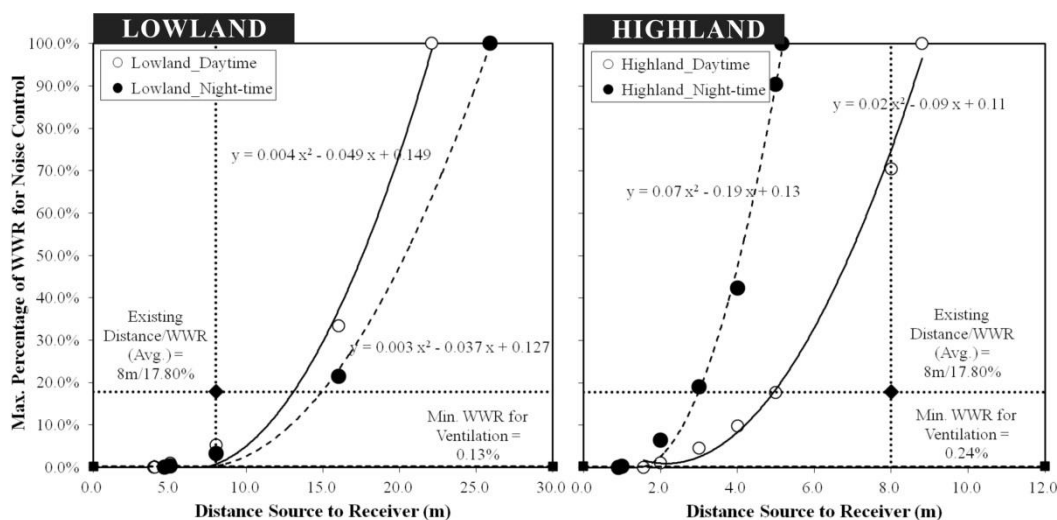
****) no need aperture for night-time

**Gambar 5.** Optimasi WWR untuk penghawaan (pendingin fisiologis) dan pengendalian kebisingan berdasarkan batas kebisingan hasil survey.

Seperti yang juga ditunjukkan oleh gambar 5, untuk batas kebisingan berdasarkan survei, di semua lokasi dan waktu, tidak ada batas maksimum WWR untuk pengendalian kebisingan, diindikasikan dengan nilai WWR = 100%. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan bangunan cukup bebas dalam menyediakan bukaan yang terbuka lebar meskipun dengan jarak sumber bunyi yang dekat dengan penerima. Terdapat ketentuan di mana WWR harus 0% (tidak diperkenankan adanya bukaan) dengan jarak yang sangat minimum. Hal ini jarang terjadi dalam kondisi

nyata di lapangan, karena jarak sumber ke penerima bunyi tidak lebih dari 1 m.

Dengan persyaratan yang lebih ketat, batas kebisingan dari WHO merekomendasikan bahwa bangunan di daerah dataran tinggi tidak memiliki kriteria khusus seperti halnya untuk dataran rendah (gambar 6). Hal ini terjadi karena sumber kebisingan di dataran tinggi dengan sumber kebisingan yang lebih kecil memiliki nilai yang



Gambar 6. Optimasi WWR untuk penghawaan (pendingin fisiologis) dan pengendalian kebisingan berdasarkan batas kebisingan WHO.

lebih rendah. Rentang kriteria tersebut akan berbeda menurut standar, tempat, dan waktu.

Jarak kritis untuk bukaan yang tertutup (WWR = 0% untuk pengendalian kebisingan) adalah 3.95 m, 4.65 m, 1.56 m, dan 0.91 m masing-masing untuk dataran rendah/siang hari, dataran rendah/malam hari, dataran tinggi/siang hari, dan dataran tinggi/malam hari. Sementara itu, jarak aman dengan penggunaan bukaan untuk WWR 100% adalah 22.1 m, 25.9 m, 8.8 m, dan 5.15 m, masing-masing untuk dataran rendah/siang hari, dataran rendah/malam hari, dataran tinggi/siang hari, dan dataran tinggi/malam hari.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis di atas, kebutuhan WWR untuk pemenuhan kebutuhan penghawaan bangunan dan pengendalian penyebaran kebisingan, yaitu dataran rendah/siang hari: 0.13-100% (standar survei), 0.13-5.24% (standar WHO); dataran rendah/malam hari: 0-100% (standar survei), 0-3.24% (standar WHO); dataran tinggi/siang hari: 0.24-100% (standar survei), 0.24-70.48% (standar WHO); dan dataran tinggi/malam hari: 0-100% (standar survei/standar WHO). Semua kriteria di atas untuk kondisi jarak rata-rata eksisting (8 m).

Penelitian ini hanya salah satu dari sekian banyak gagasan penyelesaian permasalahan arsitektural di lingkungan perkotaan tropis lembab. Beberapa strategi sebagai rekomendasi untuk penelitian selanjutnya dalam kaitannya dengan integrasi rancangan untuk penghawaan dan kebisingan adalah analisis material bangunan dan analisis tapak untuk penghalang lingkungan (site barrier).

Simbol

A	= Floor area	[m ²]
A _A	= Free area of inlet	[m ²]
A _w	= Area of Wall	[m ²]
E	= effectiveness of openings (0.5-0.6 for perpendicular winds)	
N _p	= Number of people	
Q	= Air flow	[CFM, m ³ /s]
SRI _w	= Sound Reduction Index=Transmission Loss for Wall	[dBA]
SRI _A	= Sound Reduction Index=Transmission Loss for openings	[dBA]
t	= Thickness of material	[m, mm]
Tlag	= Time lag	[hours]
value	= Thermal transmittance	[W/m ² K]
V	= Wind velocity	[m/s]
W	= Weight of material	[kg/m ²]
WWR	= Window to Wall Ratio	[%]

Daftar Pustaka

- ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 (Supersedes ANSI/ASHRAE Standard 55-1992): *Standard for Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
- Berglund, B., Lindvall T., Schwela D., Goh, K.T. (2000). *Guidelines for Community Noise*. Geneva: World Health Organization (WHO).
- De Salis, M.H.F., Oldham, D.J., Sharples, S. (2002). Noise Control Strategies for Naturally Ventilated Buildings. *Building and Environment*, 37, 471-484.
- Huang, L., Zhu, Y., Ouyang Q., Cao, B. (2012). A Study on The Effects of Thermal, Luminous, and Acoustic Environments on

- Indoor Environmental Comfort in Offices. *Building and Environment*, 49, 304-309.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48/MENLH/11/1996: *Baku Tingkat Kebisingan*.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum No. 441/KPTS/1998: *Persyaratan Teknis Bangunan*.
- Lai, A.C.K., Mui, K.W., Wong, L.T., Law, L.Y. (2009). An Evaluation Model for Indoor Environmental Quality (IEQ) Acceptance in Residential Buildings. *Energy and Buildings*, 41, 930-936.
- Said J. dan Sudradjat, I. (2013). Pemanfaatan Potensi Iklim Makro Daerah Pantai untuk Perbaikan Iklim Mikro pada Lingkungan Binaan di Kota Makassar. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*, 2, 14-25.
- Samodra, F.X.T.B.S. (2015). Environmental Psychology Survey on Traditional Building Occupant in Tropical Environment. *International Seminar of Indonesian Students Association in Korea, Daejeon, Korea*, September 5-6.
- Samodra, F.X.T.B.S. (2016). *Proposal for Thermal and Noise Environment Improvement of The Traditional House in Indonesia*. Busan: Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Pusan National University.
- SNI 03-6386-2000: *Spesifikasi Tingkat Bunyi dan Waktu Dengung dalam Bangunan Gedung dan Perumahan (Kriteria Desain yang Direkomendasikan)*.
- SNI 03-6572-2001: *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*.