

DESAIN PENYUSUNAN PEREDAM KEBISINGAN MENGGUNAKAN PLYWOOD, BUSA, TRAY DAN SABUT PADA SUMBER STATIS

Melati Ferianita Fachrul^{1*)}, Wisnu Eka Yulyanto², dan Asharani Merya¹

1. Jurusan Tenik Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta 11440, Indonesia
2. Lab Kebisingan dan Getaran, PUSARPEDAL KLH, Serpong, Tangerang 15310, Indonesia

^{*)}E-mail: melatif_99@yahoo.com

Abstrak

Penelitian dilakukan pada ruang semi bebas gema (*semi-anechoic room*) menggunakan metode yang mengacu kepada ISO 3745. Desain yang digunakan adalah hemisfer dengan sumber kebisingan yang dianalogikan dengan mesin dalam suatu industri. Nilai penurunan tingkat daya bunyi diperoleh dengan membandingkan tingkat daya bunyi sebelum dan sesudah dikendalikan. Material uji pengendali kebisingan yang digunakan terdiri dari lapisan *plywood*, busa, sabut dan tray (boks telur). Pengujian keefektifan bahan-bahan tersebut dilakukan dengan pengukuran *sound transmission loss* (STL). Hasil pengujian menunjukkan bahwa tingkat daya bunyi (Lw) pada sumber suara menghasilkan Lw yang besar pada frekuensi 8000 Hz yaitu 99,6 dB. Pengukuran Lw sumber bunyi yang ditutup kotak *plywood* menghasilkan Lw total sebesar 78,66 dB dengan pengurangan Lw sebesar 21,02%. Pengukuran sumber bunyi dengan penggabungan bahan *plywood* dan busa menghasilkan Lw total sebesar 47,79 dB dengan pengurangan Lw sebesar 52,02%. Pengukuran Lw dengan penggabungan *plywood*, busa dan tray menghasilkan Lw total sebesar 33,02 dB terjadi pengurangan Lw sebesar 66,84%. Pengukuran Lw total setelah ditutupi dengan penggabungan bahan *plywood*, busa, tray dan sabut menghasilkan Lw total sebesar 31,94 dB dengan pengurangan Lw sebesar 67,93%.

Abstract

The Formation Design of Noise Reducers from Plywood, Foam, Tray, and Coconut Fiber for Static Sources. Research was conducted in a semi-anechoic room using a method referring to the ISO 3745. The design used is the Hemisphere in which the source of noise is analogous to engines in an industry. The value reduction in the rate of sound power is obtained by comparing the sound power level before and after control is given. The noise control test materials used consist of layers of plywood, foam, fiber and tray (egg box). The effectiveness of these materials is tested by measuring the sound transmission loss (STL). Test results reveal that the sound power level (Lw) of the source of noise produces a high Lw which is 99.6 dB. at a frequency of 8000 Hz. The measurement of Lw on the source of noise which is covered by plywood produces a total of 78.66 dB Lw with an Lw reduction of 21.02%. The measurement on the sound source covered by plywood and foam materials produces a total of 47.79 dB Lw with an Lw reduction of 52.02%. The measurement of Lw by combining plywood, foam, and tray produces a total of 33.02 dB Lw with an Lw reduction of 66.84%. The measurement of the total Lw after being covered by plywood, foam, fiber, and tray is a total of 31.94 Lw dB with an Lw reduction of 67.93%.

Keywords: design noise reduction, insertion loss, static source

1. Pendahuluan

Kebisingan merupakan salah satu masalah lingkungan yang patut diperhatikan. Tidak hanya karena bising dapat menyebabkan gangguan kesehatan namun juga dapat menurunkan produktivitas kerja [1-3]. Penggunaan mesin dalam suatu industri akan menimbulkan efek kebisingan yang dapat mengganggu manusia yaitu berupa terganggunya kenyamanan kerja,

memudarkan konsentrasi, terganggunya komunikasi, bahkan dapat mengancam kerusakan pada sistem pendengaran, baik yang bersifat sementara maupun permanen [4-5].

Pentingnya kenyamanan akustik suatu ruangan sangat ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya adalah pemilihan bahan penyerap suara yang baik sehingga perlunya ada metode untuk menentukan koefisien

absorpsi suara bahan penyerap bunyi yang sederhana, mudah, murah. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kebisingan tersebut adalah dengan mendesain sekat peredam yang dapat melingkupi sumber suara tersebut dengan membuat lapisan yang paling efektif untuk mereduksi kebisingan [6-10]. Jenis bahan peredam suara yang sudah ada adalah bahan berpori, resonator dan panel [11]. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berpori lah yang sering digunakan. Material yang telah lama digunakan pada peredam suara jenis ini adalah *glasswool* dan *rockwool*. Namun karena harganya yang mahal, berbagai bahan penganti material tersebut mulai dibuat. Diantaranya adalah berbagai macam gabus maupun bahan berkomposisi serat [12].

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pengendalian bising yang dihasilkan dari sumber suara mesin. Tujuan penelitian adalah mendapatkan desain pengendalian bising yang paling efektif untuk mereduksi suara dengan cara menghitung tingkat daya suara (*Lw*) dari sumber bunyi yang diukur dengan metode yang mengacu pada ISO 3745 [13]. Pengukuran tingkat daya suara (*Lw*) dilakukan sebelum dan sesudah diberi pengendalian pada suara mesin pompa udara yang kebisingannya dijadikan suatu model suara mesin statis. Untuk mengetahui material yang efektif untuk mereduksi bunyi dilakukan pengujian *sound transmission loss* (STL) beberapa material atau bahan yang dapat mengendalikan kebisingan [14].

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di ruang semi bebas gema (*semi anechoic room*), Laboratorium Kebisingan dan Getaran, Pusarpedal, Serpong, dengan dimensi ruangan yang dipakai adalah 4,2 x 2,4 x 3,2 m. Pengumpulan data dilakukan secara langsung menggunakan metode yang mengacu pada ISO 3745 dengan desain permukaan setengah bola (hemisfer). Variabel data yang dikumpulkan adalah tingkat tekanan bunyi (*Lp*) yang digunakan untuk mengetahui nilai tingkat daya bunyi (*Lw*) [15].

Jenis material yang digunakan sebagai pengendali kebisingan adalah *plywood*, *busa* (*styrofoam*), *tray* (tempat telur bergelombang), dan *sabut kelapa* [12,14] dengan ukuran tertentu (Tabel 1). Pengukuran keefektifan material uji dilakukan dengan mengukur *Sound Transmission Loss* (STL) dari sumber bising pada masing-masing material pada saat sebelum dan sesudah dilakukan pengendalian. Frekuensi yang digunakan dalam pengujian material adalah 1/3 oktaf [13-14].

Metode pengukuran dibagi menjadi dua tahapan, yaitu uji pendahuluan dan uji lanjutan. Uji pendahuluan dilakukan untuk pemilihan material dan alat yang digunakan. Material yang dipakai adalah *plywood*, *busa*,

Tabel 1. Ukuran Panjang, Lebar, Tebal Material Uji

Material Uji	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
<i>Plywood</i>	54	54	0,9
<i>Busa</i>	54	54	5,5
<i>Tray</i>	54	54	5,0
<i>Sabut</i>	54	54	1,5

tray dan *sabut*. Untuk mendapatkan nilai STL, digunakan alat DS 2000 dan alat penganalisis spektrum bunyi. Frekuensi yang dipakai pada uji STL ini adalah 63 Hz sampai dengan 8000 Hz dengan kenaikan 1/3 oktaf dengan waktu pengukuran selama 10 detik. Pada uji pendahuluan ini ditentukan urutan lapisan yang paling efektif dari bahan *plywood*, *busa*, *tray*, dan *sabut* yang digunakan untuk membuat variasi desain lapisan bahan penutup.

Urutan lapisan yang paling efektif digunakan sebagai pengendali bising dari hasil uji pendahuluan adalah *plywood*, *busa*, *tray*, dan *sabut*. Pada uji lanjutan dilakukan perencanaan pembuatan pengendali bising berbentuk kotak yang dilapisi variasi material dan penempatan urutan lapisan disesuaikan dengan uji pendahuluan. Selain itu, dilakukan juga pengukuran tingkat daya bunyi (*Lw*) dari sumber sebelum dan sesudah dilapisi oleh pengendali bising yang diukur dengan alat penganalisis spektrum bunyi.

Pengukuran Permukaan Acuan. Permukaan acuan adalah permukaan penutup imajiner yang menyelimuti sumber bunyi. Dalam hal ini, sumber bunyi yang digunakan memiliki ukuran panjang, lebar dan tinggi masing-masing adalah sebesar 66 x 24 x 25 cm. Sedangkan dimensi permukaan acuan yang dipilih berukuran 70 x 70 x 65 cm. Bentuk permukaan pengukuran yang dipilih pada pengukuran tingkat daya bunyi ini adalah bentuk permukaan setengah bola (hemisfer), dengan menggunakan persamaan (1).

$$d_0 = [(0,5 \cdot I_1)^2 + (0,5 \cdot I_2)^2 + (0,5 \cdot I_3)^2]^{1/2} \quad (1)$$

I_1 , I_2 , I_3 adalah panjang, lebar dan tinggi permukaan acuan. Persamaan tersebut menghasilkan nilai d_0 sebesar 0,6 m, dan mempunyai jari-jari (r) sebesar 1,2 m. Besarnya jari-jari tersebut mempunyai nilai yang sama dengan atau dua kali jarak karakteristik Do .

Pengukuran Tingkat Daya Bunyi. Pengukuran tingkat tekanan bunyi (*Lp*) dilakukan untuk menghitung tingkat daya bunyi (*Lw*). Hal ini dilakukan karena mesin tidak bergerak dan tidak dapat dipindah-pindahkan sehingga ditentukan jarak titik utama untuk menempatkan sumber bunyi dan mikrofon (Tabel 2). Dalam pengukuran tersebut, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut: 1) Menentukan titik tengah dari lantai ruang semi bebas gema tersebut untuk menempatkan sumber bunyi dan

Tabel 2. Koordinat Titik Ukur Utama Permukaan Setengah Bola

X	Y	Z
-1,180	0,000	0,18
0,600	-1,032	0,18
0,600	1,032	0,18
-0,540	0,924	0,54
-0,540	-0,924	0,54
1,068	0,000	0,54
0,396	0,684	0,90
-0,792	0,000	0,90
0,396	-0,684	0,90
0,000	0,000	1,20

membuat sumbu x, y, dan z untuk menentukan koordinat 10 titik ukur [13] dengan panjang dan tinggi sumbu mengacu pada Tabel 2, 2) Sumber suara yang telah dihidupkan diletakkan ditengah-tengah ruangan. Posisi mikrofon disiapkan menurut titik-titik ukur pada metoda standar ISO 3745 (Gambar 1), 3) Tingkat tekanan bunyi mesin pompa (L_p) pada masing-masing titik diukur selama 10 detik dengan frekuensi 63-8000 Hz.

Perhitungan SPL pada seluruh permukaan pengukuran dilakukan dengan mempergunakan persamaan (2).

$$L_{pm} = 10 \log \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^{10} 10^{0,1Lpi} \right] \quad (2)$$

L_{pm} = tingkat tekanan bunyi rata-rata pada seluruh luas permukaan pengukuran (dB)

L_{pi} = tingkat tekanan bunyi hasil pengukuran ke 1 (dB)

N = jumlah titik ukur

Tingkat daya bunyi yang berasal dari sumber dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$L_w = L_{pm} + 10 \log \left(\frac{S_1}{S_0} \right) + C \quad (3)$$

S_1 = luas permukaan ukuran ($4\pi r^2$)

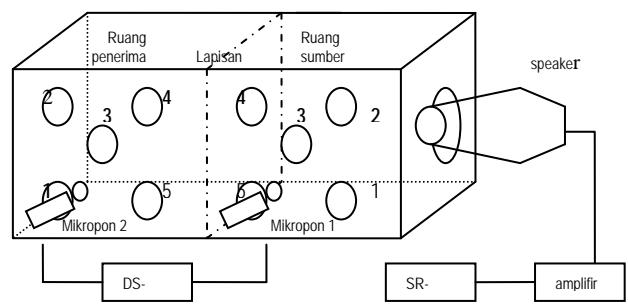
$S_0 = 1 \text{ m}^2$

C = faktor koreksi ($C = -10 \log [(293/273 + \theta)^{0,5} \times \rho/1000]$),

θ = suhu ruangan (21°C),

ρ = 760 millibars

Pengukuran Sound Transmission Loss (STL). Pengukuran STL dilakukan di dalam ruang semi bebas gema (*semi-anechoic room*) pada beberapa material uji yaitu *plywood*, busa, *tray* dan sabut. Pengambilan data melalui langkah-langkah sebagai berikut: 1) Kotak persegi panjang diletakkan dalam posisi mendatar di lantai yang berlapis karpet tebal sebagai peredam getaran. Dengan demikian, kotak dapat dipindah-pindahkan dengan bebas dan getaran tidak diteruskan ke lantai. Speaker *Omni Source* diletakkan di salah satu ujung kotak dengan mengeluarkan sinyal *white noise*.



Gambar 1. Kotak Pengujian Sound Transmission Loss (STL)

Dengan demikian, diharapkan bunyi yang dikeluarkan dari *speaker* dapat merata pada seluruh bagian dalam kotak hingga mencapai ujung kotak lain yang dibatasi tertutup; 2) Material penghalang diletakkan ditengah kotak sehingga membagi kotak menjadi 2 ruangan; 3) Untuk mengukur tingkat tekanan bunyi, sebuah mikrofon diletakkan pada masing-masing ruangan yang mempunyai 5 titik pengukuran yang diukur selama 10 detik; 4) Untuk mengukur waktu dengung, maka mikrofon dihubungkan dengan alat SR-5300 diletakkan pada Ruang 2 dengan 5 titik pengukuran; 5) Langkah 1-5 dilakukan setiap pergantian jenis material yang diuji.

Perhitungan STL dapat dilihat pada persamaan (4).

$$STL = Lp1 - Lp2 + 10 \log [S/0,16(V/T)] \quad (4)$$

STL = *Sound Transmission Loss* (dB)

$Lp1$ = nilai SPL rata-rata dari sumber di ruang 1 (dB)

$Lp2$ = nilai SPL rata-rata dari penerima di ruang 2 (dB)

S = luas bahan/dinding penyekat yang akan diukur (m^2)

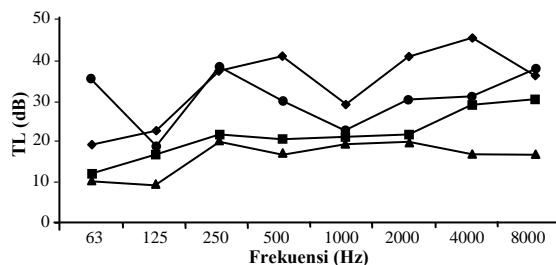
T = *reverberation time/waktu dengung* (detik)

V = volume ruang 2 (m^3)

4. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran STL dari Material Uji: Penentuan lapisan pertama. Penentuan lapisan pertama dari desain pengendali kebisingan didapat dari perhitungan STL dari satu lapisan bahan uji yaitu *plywood*, busa, *tray* dan sabut. Lapisan bahan tersebut harus mempunyai efisiensi yang baik karena akan digunakan sebagai rangka untuk pengendali kebisingan pada desain berbentuk kotak yaitu yang mempunyai nilai tinggi dan meredam pada frekuensi rendah dan tinggi. Hasil perhitungan STL untuk masing-masing bahan uji seperti terlihat pada Gambar 2.

Nilai STL yang paling tinggi terjadi pada bahan *tray* yang mempunyai STL sebesar 41,96 dB pada frekuensi 4000 Hz, *plywood* yang mempunyai STL sebesar 34,56



Gambar 2. Nilai STL 1 (Satu) Lapis Bahan Uji Untuk Tiap Frekuensi, *Tray* (♦), *Plywood* (■), *Sabut* (▲), *Busa* (□)

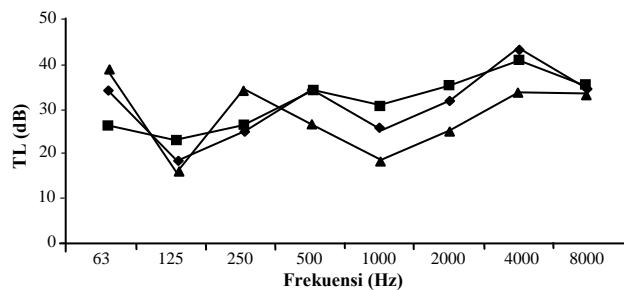
dB pada frekuensi 250 dB. Oleh karena itu, bahan *plywood* baik digunakan sebagai rangka kotak pengendali bising pada frekuensi rendah. Hal ini disebabkan karena *plywood* mempunyai massa yang besar sehingga memiliki STL yang cukup tinggi dan mampu mengurangi rambatan getaran [16]. Pada frekuensi tinggi sabut kelapa mempunyai kemampuan yang baik untuk meredam suara, seperti yang dijelaskan [11-12], bahwa dalam pengendalian suara, penambahan jumlah serat pada campuran serat dan daging sabut dapat meningkatkan nilai penyerapan maksimumnya.

Sedangkan ketidakefektifan dari lapisan busa dan *tray* disebabkan karena massa dan densitasnya yang rendah. Selain itu, bahan ini dapat mematahkan arah gelombang suara sehingga menyebabkan perubahan arah yang berbeda secara konsisten sampai suara yang terakhir.

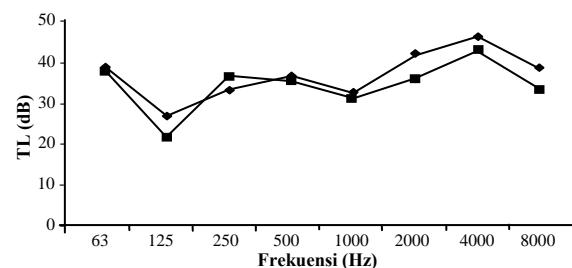
Penentuan Lapisan Kedua. Penentuan lapisan kedua dari desain pengendali bising diperoleh dari hasil pengukuran STL penggabungan dua lapisan bahan uji, dengan menggunakan bahan lapisan pertama, yaitu *plywood+tray*, *plywood+busa* dan *plywood+sabut*. Penggabungan bahan *plywood+busa* yang mempunyai nilai STL pada frekuensi 4000 Hz sebesar 42,1 dB, *plywood+tray* sebesar 45,1 dB dan *plywood+sabut* sebesar 35,7 dB (Gambar 3). Dengan demikian, maka penggabungan bahan *plywood+sabut* tersebut efektif digunakan sebagai pengendali kebisingan.

Penentuan Lapisan Ketiga. Penentuan lapisan ketiga dari desain pengendali bising diperoleh dari hasil pengukuran STL penggabungan dua lapisan bahan uji. Pengujian STL untuk lapisan ketiga ini menggunakan penggabungan tiga bahan, yaitu *plywood+busa+tray* dan *plywood+busa+sabut*. Hasil perhitungan nilai STL pengukuran terlihat pada Gambar 4.

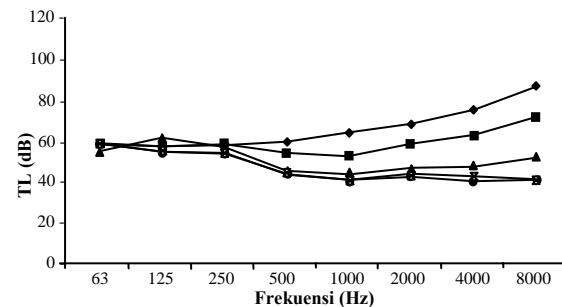
Penggabungan bahan *plywood+busa+tray* mempunyai nilai STL sangat tinggi pada frekuensi 4000 Hz, yaitu sebesar 46,66 dB. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan dengan penggabungan antara *plywood+busa+sabut* (43,39 dB) pada frekuensi yang sama. Sedangkan pada frekuensi 63 Hz kedua penggabungan tersebut kurang efektif.



Gambar 3. Nilai STL 2 (Dua) Lapis Bahan Uji Untuk Tiap Frekuensi, *Plywood+Tray* (♦), *Plywood+Busa* (■), *Plywood+Busa+Tray* (▲)



Gambar 4. Nilai STL 3 (Tiga) Lapis Bahan Uji untuk Tiap Frekuensi. *Plywood+Busa+Tray* (♦), *Plywood+Busa+Tray+Sabut* (□)



Gambar 5. Perbandingan Tingkat Daya Bunyi (Lw) pada Setiap Jenis Penutup Sumber Suara. *Lw* (♦), *Plywood* (■), *Plywood+Busa* (▲), *Plywood+Busa+Tray* (x), *Plywood+Busa+Tray+Sabut* (●)

Pengukuran Tingkat Daya Bunyi (Lw) Sumber Suara yang Ditutupi oleh Pengendali Bising. Hasil pengukuran penurunan tingkat daya bunyi dari sumber suara yang diberi pengendali kotak *plywood* berlapis busa, *tray* dan sabut terlihat sangat efektif menurunkan tingkat daya bunyi pada frekuensi 8000 Hz yaitu dengan *Lw* total sebesar 31,94 dB atau *IL* total sebesar 67,66 dB yaitu sebesar 67,93% (Gambar 5).

Hal ini disebabkan karena susunan peredam yang efektif dimana *plywood* mempunyai massa yang besar ditambah lagi dengan lapisan terakhir dengan serat dari sabut kelapa yang berpori sehingga meningkatkan besarnya koefisien penyerapan maksimum (nilai puncak

penyerapan) dari sampel suara. Disamping itu sabut kelapa mempunyai daya serap sifat akustik yang baik pada frekuensi tinggi [17].

Namun material peredam tersebut kurang efektif untuk menurunkan daya suara pada frekuensi rendah 63 Hz karena pada frekuensi tersebut IL total hanya sebesar 1,11 dB atau mengalami penurunan sebesar 1,76% dari sumber suara. Kondisi ini disebabkan energi yang dikeluarkan pada frekuensi rendah sangatlah besar dibandingkan energi dari frekuensi tinggi. Sehingga sulit untuk dikendalikan. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan peredam yang lebih berat dan tebal [18]. Tetapi nilai yang diperoleh dari hasil peredaman masih berada di bawah baku mutu yang dianjurkan KepMen No.: 48 Tahun 1996 untuk industri, yaitu 70 dB [19].

4. Simpulan

Untuk mendapatkan desain pengendalian bising yang paling efektif untuk mereduksi suara yang bersumber dari mesin pabrik maka komposisi yang paling ideal sebagai peredam suara pada tingkat daya bunyi (Lw) 99,6 dB pada frekuensi tinggi 8000 Hz adalah peredam dengan susunan penggabungan material *plywood*, busa, *tray* dan sabut yaitu setelah ditutupi dengan peredam penggabungan diperoleh Lw total sebesar 31,94 dB terjadi pengurangan sebesar 67,93%. Desain ini dapat digunakan sebagai peredam kebisingan pada suatu sumber bising statis dalam pabrik. Untuk mendapatkan pengurangan sampai 90%, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan material lainnya yang dapat meredam kebisingan.

Daftar Acuan

- [1] P.A. Koushki, N. Kartam, N. Al-Mutairi, Civ. Eng. Env. Syst. 21/2 (2004) 127.
- [2] A.A. Shikdar, N.M. Sawaqed, Comput. Ind. Eng. 45/4 (2003) 563.
- [3] D.P. Sasongko, *et al.*, Kebisingan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang, 2000.
- [4] L. Goines, L. Hagler, South. Med. J. 100/3 (2007) 287.
- [5] P. Rabinowitz, Am. Fam. Phy. 61 (2000) 2749, 2759.
- [6] Y.J. Na, J. Lancaster, J. Casali, G. Cho, Text. Res. J. 77/5 (2007) 330.
- [7] M. Kumar, S. Chakravorty, P. Singla, J.L. Junkins, J. of Sound and Vibration 327/1-2 (2009) 144.
- [8] Z. Chen, W.C. Xie, J. of Sound and Vibration 280/1-2 (2005) 235.
- [9] M. Ishihama, Int. J. of Vehicle Noise and Vibration 5/3 (2009) 219.
- [10] J. P. Carneal, F. Charette, C.R. Fuller, J. of Sound and Vibration 270/4-5 (2004) 781.
- [11] Y. Lee, C. Joo, Autex Res. J. 3/2 (2003) 78.
- [12] A. Khuriati, E. Komaruddin, M. Nur, Berkala Fisika 9/1 (2006) 15.
- [13] ISO 3745. Acoustics Determination of Sound Power Levels of Noise Sources Using Sound Pressure Precision Methods for Anechoic and Hemi-Anechoic Rooms, HIS Inc., International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2003.
- [14] A.R. Barnard, M.D. Rao, Measurement of Sound Transmission Loss Using a Modified Four Microphone Impedance Tube. NOISE-CON 2004. ME-EM Department Michigan Tech University Houghton, USA, 2004, p.12.
- [15] M. Hendrayana, D. Rusjadi, PPI-KIM X (2004) 58.
- [16] T. Masahiro, D. Takahashi, Proceedings of 19th International Congress on Acoustics, Madrid, 2007, p.6.
- [17] R. Zulkifli, Zulkarnain, M.J.M. Nor, Am. J. Appl. Sci. 7/2 (2010) 260.
- [18] F. Yasin, B. Handaga, J. Teknik Gelagar 16/1 (2005) 20.
- [19] Anonim, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.: 48/MENLH/11/1996, tentang Baku Mutu Tingkat Kebisingan, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta, 1996.