

Efisiensi reduksi bunyi pada penghalang bersusunan pagar

Dwiseno Wihadi

Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma
0274-883968
e-mail: kangwihadi@gmail.com

Abstract

Placement of sound barrier between the sound source and sound receiver can reduce sound energy at the receiver. Used fence barrier tipe on this research that arranged in two types of arrangement. The first fence had the same gap, and the second had the same area. Study aimed to determine the factors that influence the efficiency of sound reduction. The results on the first fence arrangement showed that sound reduction efficiency affected by sound frequency and width of the element. The second result showed that sound reduction efficiency affected only by sound frequency.

Keywords: noise barrier, sound reduction efficiency

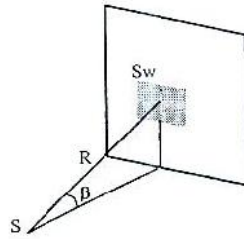
1. Pendahuluan

Masuknya atau dimasukkannya suara yang tidak diinginkan ke dalam lingkungan, sehingga kualitas lingkungan turun (UURI No.4/1982) [3]. Dengan kata lain kebisingan adalah suatu pencemar lingkungan. Pengaruh kebisingan terhadap fisik dapat mengganggu pendengaran manusia, mengakibatkan penyempitan pembuluh darah, bertambahnya tensi otot dan terjadinya dilatasi pada pupil mata. Pengaruh terhadap psikologi, kebisingan dapat menurunkan efektifitas kerja dan kinerja seseorang [1]. Bhinnety menyatakan bahwa intensitas kebisingan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap memori jangka pendek; semakin tinggi intensitas kebisingan akan semakin menurun memori jangka pendek seseorang [2].

Untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh kebisingan, membutuhkan modifikasi salah satu atau beberapa dari keempat elemen dasarnya, yaitu mengontrol bunyi pada tahap perancangan peralatan, memodifikasi sumber bunyi untuk mereduksi bunyi yang dihasilkannya, mengontrol medan transmisi untuk mengurangi tingkat tekanan bunyi pada pendengaran dan melengkapi pendengar dengan peralatan proteksi bunyi. Untuk mengontrol medan transmisi bunyi dapat dilakukan dengan membangun penghalang bunyi (*barrier*) dan menempatkannya di antara sumber bunyi dan penerima bunyi. Studi ini ditujukan untuk mengetahui besar pengaruh frekuensi bunyi, pengaruh dimensi elemen pagar dan tipe susunan terhadap efisiensi reduksi bunyi suatu penghalang bunyi berbentuk pagar.

Intensitas bunyi dalam arah tertentu di suatu titik adalah laju energi bunyi rata-rata yang ditransmisikan melalui satu luasan yang tegak lurus arah tersebut. Dengan demikian tingkat energi bunyi pada permukaan elemen penghalang bunyi dapat diperoleh dengan mengintegrasikan intensitas bunyi terhadap luas area elemen tersebut. Untuk menyederhanakan kekomplekan fungsi bentuk, dipergunakan teori harga rata-rata untuk penyelesaian integrasi permukaan sehingga diperoleh hubungan seperti di bawah ini.

$$\int_{S_w} 10^{L_1(R)/10} dS_w \equiv S_w 10^{L_1(R)/10} \quad (1)$$



Gambar 1. Area pada elemen penghalang

Dengan S_w merupakan luas area diarsir (m^2), $L_i(R)$ adalah tingkat intensitas bunyi pada jarak R dari sumber bunyi (dB). Untuk tujuan praktis dalam pengendalian bising lingkungan, tingkat tekanan bunyi sama dengan tingkat intensitas bunyi. Energi bunyi pada permukaan elemen penghalang bunyi dapat diperoleh dengan Persamaan 2 berikut ini [3]

$$W \approx I_{ref} S 10^{L_p/10} \quad (2)$$

dengan W menyatakan energi bunyi pada permukaan penghalang (watt), I_{ref} adalah kuantitas referensi (10^{-12} W/ m^2), dan L_p menyatakan tingkat tekanan bunyi pada alat ukur (dB).

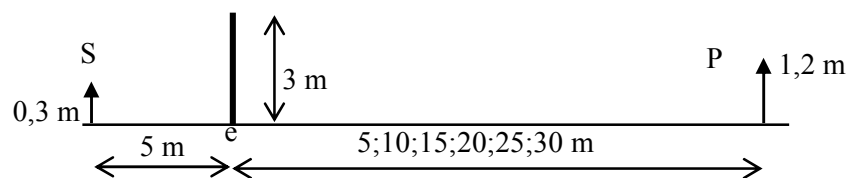
Metode Penelitian

Eksperimen diawali dengan pengukuran pelemahan tingkat tekanan bunyi yang terjadi pada penerima bunyi, dengan dan tanpa adanya penghalang bunyi. Pada tiap kondisi pengukuran dilakukan sebanyak dua kali untuk memvalidasi data. Kemudian analisa dilakukan untuk membandingkan faktor-faktor yang berpengaruh pada reduksi tekanan bunyi. Sumber bunyi yang dipergunakan frekuensi bunyi standar kebutuhan akustik lingkungan. Meskipun dilakukan di udara terbuka, kondisi lingkungan media udara diasumsikan seragam, dengan melakukan pengujian di malam hari untuk meminimalkan gangguan bunyi-bunyi di sekitarnya.

Peralatan Penelitian

Penghalang bunyi dibuat dari bahan papan kayu dengan ukuran tiap elemennya $300 \times 10 \times 1 \text{ cm}^3$, Random Noise Generator SF-05, Precision Sound Level Meter model NA-09, Octav Band Analyser, Sound Level Recorder model LR-04.

Susunan sumber bunyi (S), penghalang bunyi (E), dan penerima bunyi (P) disusun seperti pada Gambar 1. Random Noise Generator SF-05 merupakan sumber bunyi yang menghasilkan bunyi tipe *pink noise*. Pengukuran tingkat tekanan bunyi pada penerima dilakukan dengan Precision Sound Level Meter model NA-09 yang dihubungkan dengan Octav Band Analyser untuk memilih frekuensi bunyi terdengar, dan dicatat dengan Sound Level Recorder model LR-04 dalam bentuk grafik. Jarak antara sumber bunyi terhadap penghalang dibuat tetap, sedangkan jarak antara penghalang dan penerima bunyi divariasikan pada sisi yang berlawanan dengan sumber bunyi.

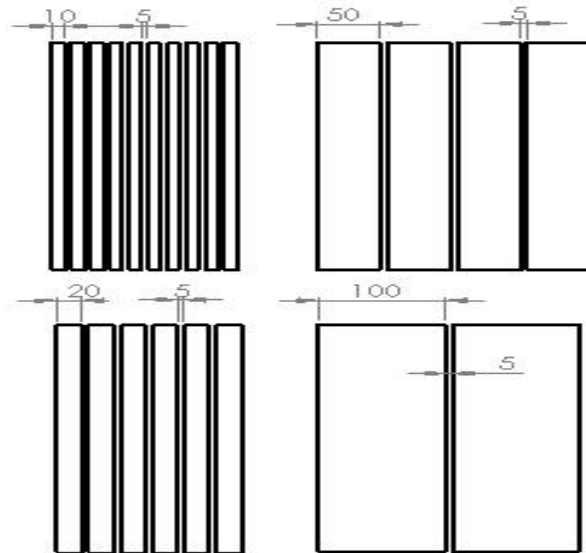


Gambar 2. Susunan sumber bunyi, penghalang, dan penerima bunyi

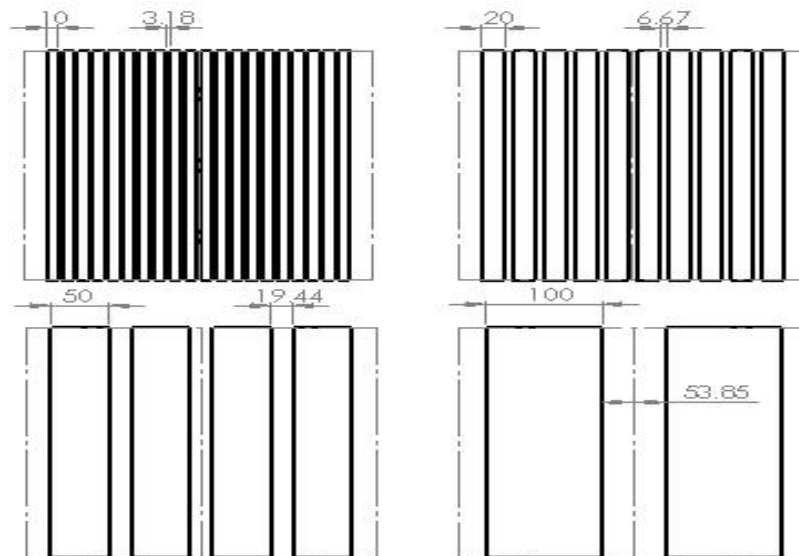
Penghalang disusun atas elemen papan kayu lebar 10 cm dan tinggi 300 cm, yang dapat disusun sedemikian sehingga menghasilkan elemen papan dengan lebar 20 cm; 50 cm; dan 100 cm. Elemen-elemen papan tersebut dirangkai menyerupai pagar bujur sangkar dengan ukuran $300 \times 300 \text{ cm}^2$, seperti ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Rancangan penelitian

Pada studi ini eksperimen dibagi menjadi dua tahap, yang ditujukan untuk mengetahui pengaruh frekuensi bunyi, dimensi elemen penyusun penghalang, serta jarak pada nilai efisiensi reduksi bunyi. Pada tahap pertama elemen penghalang disusun rapi dengan jarak celah antar elemen yang sama. Pada eksperimen tahap kedua elemen-elemen penyusun penghalang disusun dengan celah yang berbeda-beda untuk memperoleh total luas bidang tertutup yang sama nilainya.



Gambar 3. Susunan elemen penghalang dengan jarak celah yang sama



Gambar 4. Susunan elemen penghalang dengan total luas penghalang yang sama

Pada setiap tahapan tersebut di atas, dipergunakan sumber bunyi yang menghasilkan pink noise pada frekuensi 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz. Letak sumber bunyi tidak berubah ketinggiannya maupun jaraknya terhadap penghalang bunyi. Penerima bunyi diletakkan di belakang penghalang bunyi, dengan posisi yang diatur sedemikian rupa pada jarak yang berubah 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 meter dari penghalang bunyi.

Data penelitian merupakan hasil rekaman sound level recorder LR-04 yang berupa grafik hubungan frekuensi bunyi dan tingkat tekanan bunyi terukur. Data grafis tersebut diolah untuk menghasilkan data numeris. Dalam pembahasan akan dipergunakan nilai efisiensi

reduksi bunyi, yang diperoleh dengan mengolah nilai tekanan bunyi tanpa adanya penghalang dibandingkan dengan nilai tekanan bunyi dengan adanya penghalang. Efisiensi reduksi bunyi dihitung menggunakan persamaan

$$\eta = \frac{(P_{nb} - P_b)}{P_{nb}} \times 100\% \quad (3)$$

dengan η adalah efisiensi reduksi bunyi, P_{nb} adalah tingkat tekanan bunyi tanpa adanya penghalang, P_b adalah tingkat tekanan bunyi dengan adanya penghalang. Uji interaksi antara variabel frekuensi, lebar elemen dan jarak terhadap efisiensi reduksi bunyi dipergunakan metode faktorial.

Untuk mengetahui pengaruh tipe susunan terhadap reduksi bunyi yang terjadi dipergunakan nilai energi bunyi pada suatu permukaan mempergunakan Persamaan 2. Nilai reduksi energi bunyi diperoleh dengan mengurangkan nilai energi bunyi terukur dengan adanya penghalang terhadap nilai energi bunyi tanpa adanya penghalang. Penghalang dibuat dalam dua tipe susunan, yaitu bercelah sama dan berluas total sama.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran dilakukan pada hari yang sama untuk mengupayakan kondisi lingkungan yang tidak jauh berbeda pada setiap tahapan. Berdasarkan hasil pengukuran di awal dan diakhir pengukuran, diperoleh nilai rerata sebagai berikut.

- suhu udara kering : 27-28°C (81-82°F), suhu udara basah: 22-23°C
- kelembaban relatif udara : 73%

Data pertama merupakan data pengukuran tingkat tekanan bunyi pada penerima bunyi dilakukan tanpa adanya penghalang bunyi disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data tingkat tekanan bunyi (dB) tanpa adanya penghalang

Elemen; Celah; Jarak (cm; cm; m)	Frekuensi (Hz)											
	125		250		500		1000		2000		4000	
0;0;5	36,00	36,00	46,00	46,00	57,00	57,00	62,00	62,00	57,00	57,00	59,00	59,00
0;0;10	33,00	33,00	43,00	43,00	53,00	53,00	59,00	59,00	53,00	53,00	52,50	53,00
0;0;15	31,00	31,00	40,00	40,00	50,00	50,00	57,00	57,00	51,00	51,00	49,00	49,00
0;0;20	29,00	29,00	37,00	37,00	49,00	49,00	56,00	56,00	56,00	48,00	47,00	47,00
0;0;25	27,50	27,00	35,00	35,00	48,00	48,00	53,00	53,00	53,00	46,00	44,50	45,00
0;0;30	26,00	26,00	33,00	33,00	45,50	46,00	52,50	52,00	52,50	45,00	43,50	43,00

3.1. Penghalang dengan elemen berjarak sama

Pada bagian ini menyajikan data tahap pengujian pertama dimana penghalang disusun dengan jarak celah yang sama sebesar 5 cm. Berikut ini hasil pengukuran tingkat tekanan bunyi pada penghalang yang

Tabel 2. Data tingkat tekanan bunyi (dB) pada penerima bunyi dengan elemen penghalang disusun berjarak sama

Elemen;Celah; Jarak (cm;cm;m)	Frekuensi (Hz)											
	125		250		500		1000		2000		4000	
10;5;5	40,50	40,00	47,00	47,00	55,00	55,00	59,00	59,00	52,00	52,00	43,00	43,00
10;5;10	36,50	36,00	44,00	44,00	54,00	54,00	56,50	57,00	47,50	48,00	43,50	44,00
10;5;15	30,00	36,00	46,00	46,00	50,50	51,00	55,00	55,00	43,50	44,00	42,50	42,00
10;5;20	30,00	30,00	37,00	37,00	47,50	48,00	51,00	51,00	42,50	42,00	40,50	40,00
10;5;25	32,50	32,00	40,50	41,00	48,50	49,00	47,50	48,00	39,50	40,00	38,50	38,00
10;5;30	28,50	28,00	37,50	37,00	46,00	46,00	45,50	46,00	38,00	38,00	37,00	37,00
20;5;5	40,00	40,00	44,00	44,00	50,00	50,00	57,00	57,00	46,00	46,00	52,00	52,00
20;5;10	39,00	39,00	41,50	41,00	48,00	48,00	56,00	56,00	47,00	47,00	46,00	46,00
20;5;15	36,00	36,00	40,00	40,00	46,50	46,00	53,00	53,00	44,00	44,00	47,00	47,00
20;5;20	29,00	29,00	39,00	39,00	46,00	46,00	47,00	47,00	40,00	40,00	41,50	42,00
20;5;25	29,50	30,00	38,00	38,00	46,00	46,00	43,50	44,00	37,50	38,00	41,00	41,00
20;5;30	30,00	30,00	37,50	38,00	43,50	44,00	42,00	42,00	36,50	37,00	37,00	37,00
50;5;5	35,50	36,00	42,00	42,00	44,00	44,00	57,00	57,00	47,50	47,00	43,50	44,00
50;5;10	33,00	33,00	37,50	37,00	48,50	48,00	50,50	51,00	43,00	43,00	42,50	42,00
50;5;15	30,50	31,00	38,50	39,00	41,00	41,00	48,00	48,00	40,50	40,00	40,50	41,00
50;5;20	30,00	30,00	37,50	37,00	42,00	42,00	42,50	42,00	39,00	39,00	39,00	39,00
50;5;25	28,50	28,00	35,50	36,00	41,50	41,00	41,00	41,00	36,50	36,00	38,50	38,00
50;5;30	27,00	27,00	36,00	36,00	41,50	42,00	39,00	39,00	35,50	35,00	35,50	36,00
100;5;5	35,00	35,00	37,50	37,00	44,50	44,00	54,50	55,00	47,00	47,00	44,00	44,00
100;5;10	31,50	31,00	37,00	37,00	43,50	44,00	47,50	47,00	44,50	45,00	42,50	43,00
100;5;15	32,50	32,00	35,00	35,00	44,00	44,00	45,00	45,00	41,00	41,00	40,50	40,00
100;5;20	31,00	31,00	37,50	37,00	43,50	44,00	42,50	42,00	39,00	39,00	37,50	37,00
100;5;25	27,00	27,00	35,50	35,00	40,00	40,00	40,50	41,00	36,00	36,00	36,00	36,00
100;5;30	26,50	27,00	32,50	33,00	39,00	39,00	38,00	38,00	35,50	35,00	37,00	37,00

Dengan pengolahan data pada Tabel 1 dan Tabel 2 mempergunakan Persamaan 3, diperoleh nilai data efisiensi reduksi bunyi tiap-tiap susunan penghalang. Dengan mempergunakan metode faktorial dapat diketahui bahwa variabel dimensi lebar elemen penyusun berpengaruh yang sangat nyata dengan nilai F hitung 12. Demikian pula dengan variabel frekuensi bunyi yang juga mempunyai pengaruh yang sangat nyata pada nilai F hitung 29,08, dengan tingkat ketelitian 95%. Sedangkan variabel jarak penghalang ke penerima bunyi tidak berpengaruh nyata dengan nilai F hitung 0,42.

Pengaruh yang sangat nyata dari variabel lebar elemen dan frekuensi diduga akibat adanya gelombang bunyi pada frekuensi-frekuensi tertentu yang terefleksikan oleh elemen penghalang. Seperti telah diketahui bahwa pada setiap gelombang bunyi mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda sesuai frekuensinya. Permukaan benda, dalam hal ini penghalang, yang berukuran lebih kecil dari panjang gelombang yang datang tidak akan menghambat laju gelombang tersebut, sedangkan yang berukuran lebih besar akan memantulkan gelombang yang akan melaluinya.

3.2. Penghalang dengan luas total elemen yang sama

Pada pengujian kedua ditujukan untuk mengetahui pengaruh susunan elemen-elemen yang membentuk luas frontal penghalang yang sama yaitu 6 m^2 , terhadap efisiensi penghalangan bunyi.

Tabel 3. Data tingkat tekanan bunyi pada penerima bunyi dengan penghalang bunyi yang disusun dengan total luas yang sama

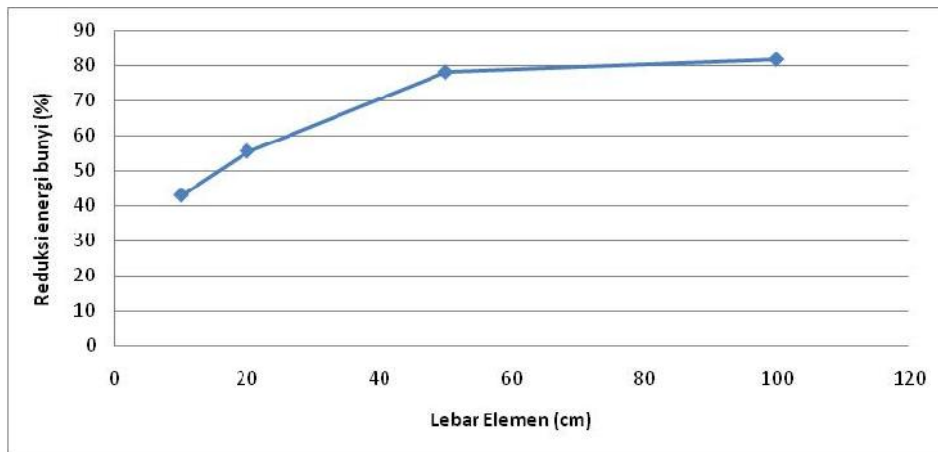
Elemen; Celah; Jarak (cm; cm; m)	Frekuensi (Hz)											
	125	250	500	1000	2000	4000	125	250	500	1000	2000	4000
10;3.18;5	36,00	36,00	44,50	44,00	53,50	54,00	60,00	60,00	51,00	51,00	42,00	42,00
10;3.18;10	35,00	35,00	40,00	40,00	51,50	51,00	54,50	55,00	46,50	47,00	42,50	42,00
10;3.18;15	39,50	39,00	40,00	40,00	51,00	51,00	52,50	53,00	42,00	42,00	41,50	42,00
10;3.18;20	30,00	30,00	39,00	39,00	49,00	49,00	47,00	47,00	40,00	40,00	38,00	38,00
10;3.18;25	31,00	31,00	36,50	37,00	48,00	48,00	47,00	47,00	38,00	38,00	37,00	37,00
10;3.18;30	29,00	29,00	35,50	35,00	45,00	45,00	45,00	45,00	40,00	40,00	36,00	36,00
20;6.67;5	38,50	38,50	47,50	47,00	53,00	53,00	59,50	60,00	50,50	50,00	45,00	45,00
20;6.67;10	31,50	31,00	43,00	43,00	51,00	51,00	54,00	54,00	45,00	45,00	45,00	45,00
20;6.67;15	31,50	31,50	40,50	41,00	48,50	48,00	51,00	51,00	40,50	40,00	43,50	43,00
20;6.67;20	29,50	29,50	39,50	39,00	46,00	46,00	48,50	48,00	39,50	39,00	41,00	41,00
20;6.67;25	24,00	24,00	37,50	37,00	46,00	46,00	44,00	44,00	38,00	38,00	40,00	40,00
20;6.67;30	28,50	28,00	37,50	37,00	47,50	47,00	44,00	44,00	36,00	36,00	37,50	38,00
50;19.44;5	33,50	33,00	42,50	43,00	50,00	50,00	57,00	57,00	49,50	49,00	45,50	45,00
50;19.44;10	33,00	33,00	41,00	41,00	47,00	47,00	54,00	54,00	43,50	43,00	51,50	51,00
50;19.44;15	33,50	33,50	41,50	42,00	44,00	44,00	51,50	51,00	40,00	40,00	49,00	49,00
50;19.44;20	27,50	27,00	39,00	39,00	44,00	44,00	46,00	46,00	40,50	40,00	46,00	46,00
50;19.44;25	30,00	30,00	36,50	37,00	42,00	42,00	44,00	44,00	39,00	39,00	42,50	42,00
50;19.44;30	31,50	31,00	34,50	35,00	43,00	43,00	41,00	41,00	37,00	37,00	40,50	41,00
100;53.85;5	35,00	35,00	36,50	37,00	51,00	51,00	60,50	61,00	59,50	59,00	48,50	49,00
100;53.85;10	34,50	35,00	37,00	37,00	47,00	47,00	56,00	56,00	52,00	52,00	50,00	50,00
100;53.85;15	32,00	32,00	33,50	34,00	41,50	41,00	53,00	53,00	47,00	47,00	49,50	49,00
100;53.85;20	30,50	31,00	33,00	33,00	39,50	40,00	49,00	50,00	44,00	44,00	47,50	47,00
100;53.85;25	29,50	29,50	33,00	33,00	38,00	38,00	45,00	45,00	41,50	42,00	46,50	46,00
100;53.85;30	30,50	31,00	32,50	32,50	37,00	37,00	42,50	43,00	40,00	40,00	48,00	48,00

Dengan mempergunakan Persamaan 3 untuk mengolah data pada Tabel 1 dan Tabel 4, diperoleh nilai efisiensi reduksi bunyi tiap-tiap susunan penghalang. Dengan mempergunakan metode faktorial pada data efisiensi diketahui bahwa hanya variabel frekuensi yang berpengaruh sangat nyata terhadap nilai efisiensi reduksi bunyi dengan nilai F hitung 16,74 pada tingkat ketelitian 95%. Dengan kata lain variasi lebar elemen tidak mempengaruhi jumlah energi bunyi yang terhalangi maupun yang tidak terhalangi.

Tabel-tabel berikut memuat nilai reduksi energi bunyi yang terjadi pada dua tipe susunan penghalang. Tabel 4 merupakan hasil perhitungan nilai reduksi energi bunyi pada penghalang yang bercelah sama. Grafik hubungan antara lebar elemen penghalang dan nilai reduksi energi yang terjadi ditampilkan pada Gambar 5. Pada Tabel 5 disajikan hasil perhitungan nilai reduksi energi bunyi pada penghalang yang berluas total sama, dan grafiknya ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 4. Reduksi energi bunyi penghalang bercelah sama

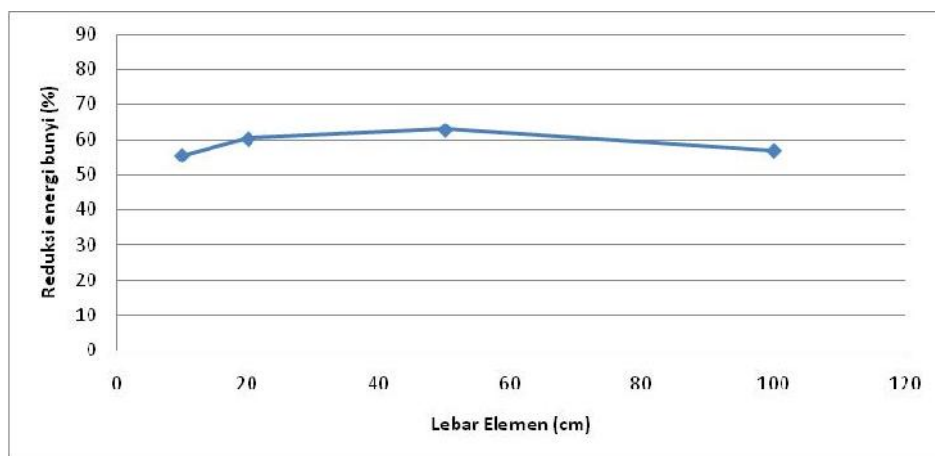
Elemen (cm)	Lp (dB)	S (m ²)	W (watt)	RE (%)
0	46.26	9	3.8E-07	
10	43.82	9	2.17E-07	42.9507
20	42.74	9	1.69E-07	55.4743
50	39.69	9	8.38E-08	77.9679
100	38.91	9	7E-08	81.5805



Gambar 5. Grafik hubungan lebar elemen penghalang dan reduksi energi pada penghalang dengan lebar celah yang sama

Tabel 5. Reduksi energi bunyi penghalang berluas total sama

Elemen (cm)	Lp (dB)	S (m ²)	W (watt)	RE (%)
0	46.26	9	3.8E-07	
10	42.73	9	1.7E-07	55.6225
20	42.25	9	1.5E-07	60.2529
50	41.97	9	1.4E-07	62.7751
100	42.59	9	1.6E-07	57.0134



Gambar 6. Grafik hubungan lebar elemen penghalang dan reduksi energi pada penghalang dengan luas total yang sama

Nilai tingkat tekanan bunyi (L_p) merupakan tingkat tekanan bunyi pada pendengar, yang merupakan harga rata-rata pada seluruh jarak antara penghalang dan penerima bunyi, sedangkan nilai W merupakan nilai energi bunyi yang sampai di pendengar. Grafik pada Gambar 6 menampilkan bahwa nilai energi bunyi yang sampai di pendengar kurang lebih sama untuk tiap-tiap penghalang dengan berbagai variasi lebar elemen. Nilai reduksi energi yang cukup berbeda tampak pada susunan penghalang yang bercelah sama, seperti ditampilkan Gambar 5 di atas. Hubungan antara jumlah energi bunyi dan luas permukaan tersebut sesuai dengan Persamaan 2.

4. Kesimpulan

Susunan pagar dapat digunakan sebagai penghalang bunyi untuk mereduksi energi bunyi yang datang dalam upaya mengurangi polusi kebisingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

1. Pada penghalang bunyi yang disusun dengan jarak sela yang sama antara elemen-elemen penyusunnya, faktor yang berpengaruh sangat nyata terhadap nilai efisiensi reduksi bunyi adalah frekuensi bunyi dan lebar elemen penyusun penghalang.
2. Pada penghalang bunyi yang disusun dengan luas total yang sama, efisiensi reduksi bunyi tidak dipengaruhi oleh adanya perbedaan lebar elemen penyusun maupun jarak ke penerima bunyi. Satu-satunya faktor yang berpengaruh sangat nyata adalah frekuensi bunyi yang datang.

Daftar Pustaka

- [1] Aswito Asmaningprojo, *Peranan Akustik dalam Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup dan Produktivitas Kerja*, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1995.
- [2] Bhinnety Etsem, M., Sugiyanto, dan Pudjono, M., *Pengaruh Intensitas Kebisingan terhadap Memori Jangka Pendek*, Jurnal Psikologi. 1994; XXI, 1: 28-38
- [3] Saenz, A.L. & Stephens R.W., *Noise Pollution: Effects and Control*, New York: John Wiley & Sons, 1983, p.: 144
- [4] Tandjung, H.S.D., *Dampak Kebisingan*, Yogyakarta: PPLH-UGM, 1987, hal. 1-9