

	Vol. 3 No. 1 Mei 2023
	Halaman : 15– 20
	e-ISSN : 2809 - 9796

## Karakteristik Akustik Interior Ruangan Menggunakan Metode Elemen Batas

Jamiatur Rasyidah, Tetti Novalina Manik\*, Nurma Sari

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat,  
Jalan A. Yani Km. 36 Banjarbaru 70714 Kalimantan Selatan, Indonesia.

Email korespondensi : [tetti.manik@ulm.ac.id](mailto:tetti.manik@ulm.ac.id)

Submitted: 19 Mei 2023; Accepted: 28 Mei 2023

**ABSTRACT**– Research has been conducted on the determination of acoustic characteristics of the room interiors using Boundary Element Method (BEM). The model of square shaped sized 18 m x 8 m x 3,5 m with the assumption that the surface rigid. The model of discrete points of space objects into 56 elements and 170 nodes. BEM is one method to solve numerical problems. There are four cases that will be tested in this study, first a sound source all exist on the surface of the room, the second source of the sound comes from two loudspeakers, the third source of the sound coming from the loudspeaker and the fourth one the same with the second case but two areas of the surface given the absorbent material. Results of research show that the minimum and maximum pressure at field point the first case, second, third and fourth respectively are 1664,600 Pa and 31,768 Pa; 0,019 Pa and 1,278 Pa; 0,018 Pa and 1,742 Pa; 0,028 Pa and 1,283 Pa. Reverberation time required in the case of the first, second, third and fourth in a row is 1,06 seconds, 1,25 seconds, 1,27 seconds and 0,7 seconds. Reverberation time in the fourth case is smaller than in the second case the difference 0,55 seconds (both given the same treatment but in the fourth case was given an absorbent material).

**KEYWORD** : Boudary Element Method, acoustic pressure, velocity potential, interior domain

### PENDAHULUAN

Dalam mendisain ruangan, hal yang terpenting diperhatikan adalah kenyamanan penglihatan dan kenyamanan akustik. Kenyamanan ruangan dan penglihatan pencahayaan biasanya dipengaruhi oleh arsitek ruangan. Sedangkan kenyamanan akustik dipengaruhi oleh peletakkan sumber bunyi (loudspeaker), material dinding dan disain ruangan.

Prinsip utama disain akustik interior ruang adalah memperkuat atau mengarahkan bunyi yang berguna serta menghilangkan atau memperlemah bunyi yang tidak berguna untuk pendengaran manusia (Halim, 2009). Oleh karena itu, dalam mendisain interior ruang-ruang pertemuan seperti gedung perkuliahan, pertunjukan, bioskop, parlemen dan sidang perlu memperhatikan karakteristik akustik ruang seperti tekanan dan kecepatan partikel akustik sehingga kenyamanan akustik ruang dapat terpenuhi.

Dalam analisis akustik, masalah yang paling umum adalah menentukan medan akustik. Medan akustik merupakan lokasi dimana karakteristik akustik yang akan ditentukan atau diukur. Medan akustik dapat ditentukan jika kondisi batas ruang atau batasan akustik diketahui. Permasalahan penentuan medan akustik bisa diakibatkan oleh benda bergetar (radiasi) dan akibat gelombang suara mengenai penghalang (scattering). Masalah akustik meliputi masalah eksterior dan interior. Masalah eksterior untuk menentukan medan suara/akustik di luar batas ruang, sedangkan masalah interior untuk menentukan adanya medan akustik di dalam ruang.

Metode Elemen Batas memiliki keunggulan dalam komputasi/perhitungan, karena hanya permukaan sumber akustik yang didiskritisasi sehingga mengurangi dimensi persoalan yang dipecahkan, menyederhanakan pemodelan, penghematan waktu komputasi dan akurasi yang lebih baik. Perhitungan tekanan akustik dan kecepatan potensial dilakukan dengan menggunakan program He3D dalam bahasa Fortran dan visualisasi hasil karakteristik akustik divisualisasikan melalui software MATLAB versi 7.0.

Berdasarkan hal di atas dapat dirumuskan permasalahannya yakni bagaimana karakteristik akustik interior ruang berukuran (18 x 8 x 3,5) m dan visualisasinya berdasarkan nilai karakteristik akustik yang berupa tekanan akustik dan kecepatan potensial. Tujuan penelitian ini adalah menentukan karakteristik akustik interior ruang berupa tekanan akustik dan kecepatan potensial di ruangan yang berukuran (18 x 8 x 3,5) m dengan menggunakan Metode Elemen Batas dan visualisasinya..

## METODE PENELITIAN

Pengukuran panjang, lebar dan tinggi ruangan yang akan dijadikan model (objek) penelitian, dalam hal ini objek yang dipakai adalah Aula Pendidikan FMIPA UNLAM. Dari hasil pengukuran didapatkan ruangan berukuran (18 x 8 x 3,5) m. Pada bagian ini dilakukan beberapa tahap. Tahap pertama, memodelkan ruang dengan mendiskritisasi menjadi 56 elemen dan 170 node. Tahap kedua, menentukan lokasi loudspeaker/sumber bunyi dan mendiskritisasikannya menjadi 12 elemen dan 40 node. Tahap ketiga, menentukan titik medan (field point) dimana lokasi karakteristik akustik yang akan diukur dan mendiskritisasikannya menjadi 24 elemen dan 93 node.

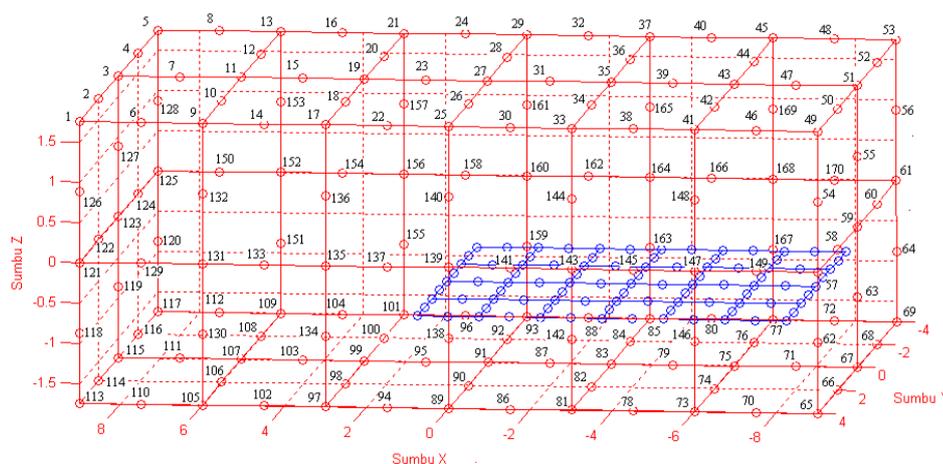
Pada bagian ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama, pemrograman menggunakan program He3D. Tahap kedua, visualisasi menggunakan MATLAB. Pada program He3D, hasil penomoran elemen dan node pada bagian pertama serta kondisi batas untuk masing-masing kasus menjadi input program. Input program ini dicompile sehingga didapatkan output program berupa kecepatan potensial dan tekanan akustik yang merupakan karakteristik akustik ruang. 3. Uji Kasus

Terdapat empat kasus yang akan diuji oleh program yaitu, pertama permukaan rigid dan semua sumber suara ada pada permukaan ruangan, kedua permukaan rigid dan sumber suara berasal dari dua buah loudspeaker, ketiga permukaan rigid dan sumber suara berasal dari satu buah loudspeaker dan keempat sama halnya dengan kasus kedua akan tetapi dua buah bidang permukaan diberi bahan penyerap. Masing-masing kasus ditinjau dari variasi jumlah node dan elemen serta bahan ruang yang digunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sumber Suara Ada diseluruh Bidang Permukaan

Titik-titik medan atau pengukuran yang ditentukan dari permukaan ruangan terletak pada jarak 1 m dari sumbu x, 1 m sebelah kiri dan 8 m sebelah kanan sumbu y, serta 1 m dari bawah dan 2,5 m dari atas sumbu z. Sumber suara terletak diseluruh permukaan body. Koordinat node untuk titik medan (field point) yang berperan sebagai telinga pendengar (dianggap sejajar semua) ada 93 node dan 24 elemen (Seybert et al, 1990). Bagian ini menyajikan hasil penelitian. Hasil penelitian dapat dilengkapi dengan tabel, grafik (Gambar 1), dan/atau bagan. Bagian pembahasan memaparkan hasil pengolahan data, menginterpretasikan penemuan secara logis, mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan.



Gambar 1. Diskritisasi persegi dengan sumber suara diseluruh permukaan

Kondisi batas yang digunakan pada kasus ini adalah nilai kecepatan dengan konstanta  $A = 0$ ,  $B = 1$ ,  $C_{riil} = -1$  dan  $C_{imajiner} = 0$  untuk semua elemen yang bergetar. Nilai tekanan minimum dan maksimum yang didapatkan

pada titik medan masing-masing yakni 31,768 Pa node ke 31 dan 1664,600 Pa node ke 79, sedangkan untuk nilai kecepatan potensial minimum dan maksimum pada daerah riil dan imajiner berturut-turut adalah 0,066 m/s dan 4,011 m/s; 0,003 m/s dan 0,613 m/s. Jika dilihat, nilai tekanan di titik medan terbilang besar. Hal ini disebabkan karena sumber suara berada diseluruh bidang permukaan persegi sehingga mengalami getaran di setiap titiknya. Waktu dengung (Reverberation Time) yang diperlukan oleh bunyi sebesar 1,06 detik. Frekuensi bunyi sebesar 96,39 Hz dengan asumsi bahan dinding terbuat dari balok beton yang dicat, lantai dari marmer dan langit-langit dari plywood tebal, sedangkan penyerapan bunyi bernilai 0 yang berarti tidak ada peredaman bunyi atau seluruh bunyi yang datang dipantulkan sempurna.

### **Sumber Suara Berasal dari Dua Buah Loudspeaker**

Pada kasus kedua ini sumber suara berupa dua buah loudspeaker bergetar yang terletak pada sudut bawah ruangan. Dua buah loudspeaker sebagai sumber suara masing-masing berukuran sama (1 x 1 x 1) m yang didiskritisasi menjadi 40 node dan 12 elemen. Sehingga jumlah seluruh node dan elemen pada permukaan ruangan menjadi 210 dan 68. Jarak pengukuran titik medan sama halnya seperti pada kasus pertama. Kondisi batas untuk permukaan yang diam (tidak bergetar) dengan konstanta  $A = 0$ ,  $B = 1$ ,  $C_{riil} = 0$  dan  $C_{imajiner} = 0$ , sedangkan pada permukaan yang bergetar (ada sumber suara berupa loudspeaker) konstanta  $A = 0$ ,  $B = 1$ ,  $C_{riil} = -0,00152$  dan  $C_{imajiner} = 0$ .

Nilai tekanan minimum dan maksimum yang didapatkan pada titik medan masing-masing sebesar 0,019 Pa node ke 13 dan 1,278 Pa node ke 40, sedangkan untuk nilai kecepatan potensial minimum dan maksimum pada daerah riil dan imajiner berturut-turut adalah  $4,45 \cdot 10^{-5}$  m/s dan  $3,08 \cdot 10^{-3}$  m/s;  $4,76 \cdot 10^{-6}$  m/s dan  $5,26 \cdot 10^{-4}$  m/s. Waktu dengung yang didapatkan untuk kasus ini adalah sebesar 1,25 detik untuk frekuensi sumber bunyi 250 Hz, masih dalam jangkauan pengengaran manusia (Yahya, 2002).

### **Sumber Suara Berasal dari Satu Buah Loudspeaker**

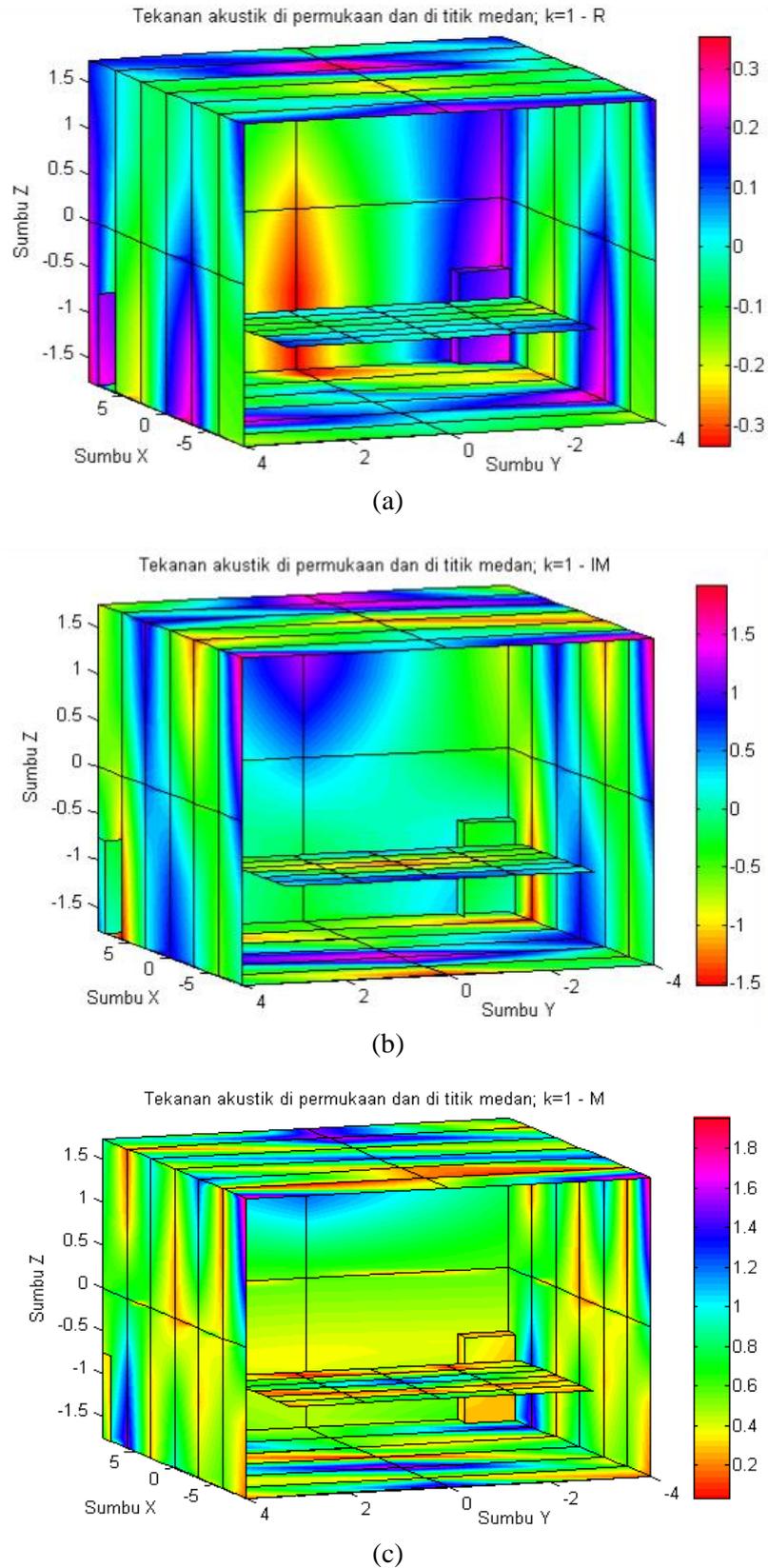
Pada kasus ketiga ini sumber suara berupa satu buah loudspeaker yang bergetar. Satu buah loudspeaker sebagai sumber suara yang berukuran sama dengan kasus kedua, didiskritisasi menjadi 20 node dan 6 elemen. Sehingga jumlah seluruh node dan elemen menjadi 190 dan 62. Jarak pengukuran titik medan sama halnya dengan kasus pertama dan kedua. Kondisi batas yang digunakan pada kasus ini sama halnya dengan yang digunakan pada kasus kedua.

Nilai tekanan minimum dan maksimum yang didapatkan pada titik medan masing-masing sebesar 0,018 Pa node ke 68 dan 1,742 Pa node ke 85, sedangkan untuk nilai kecepatan potensial minimum dan maksimum pada daerah riil dan imajiner berturut-turut adalah  $7,85 \cdot 10^{-6}$  m/s dan  $4,07 \cdot 10^{-3}$  m/s;  $8,34 \cdot 10^{-6}$  m/s dan  $1,45 \cdot 10^{-3}$  m/s. Bila diperhatikan, nilai tekanan baik pada di titik medan pada kasus ketiga ini sedikit meningkat dibandingkan pada kasus kedua. Waktu dengung yang didapatkan untuk kasus ini adalah sebesar 1,27 detik untuk frekuensi sumber bunyi 500 Hz.

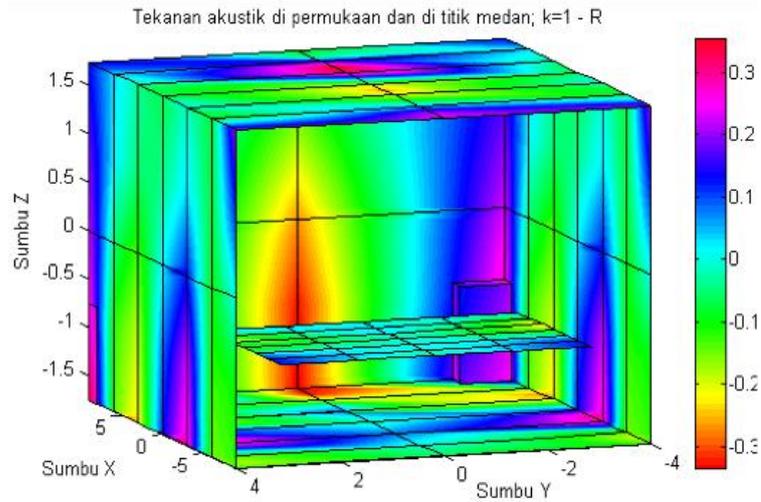
### **Dua Buah Bidang Permukaan Diberi Bahan Penyerap**

Pada kasus keempat ini sumber suara berupa dua buah loudspeaker dengan dua buah bidang permukaan diberi bahan penyerap yaitu pada elemen ke 13-24 dan pada elemen ke 45-56. Ukuran loudspeaker, jarak pengukuran titik medan serta jumlah node dan elemen sama halnya seperti pada kasus kedua. Kondisi batas untuk permukaan yang diam (tidak bergetar) yaitu dengan konstanta  $A = 0$ ,  $B = 1$ ,  $C_{riil} = 0$  dan  $C_{imajiner} = 0$ , pada permukaan yang bergetar (ada sumber suara) konstanta  $A = 0$ ,  $B = 1$ ,  $C_{riil} = -0,00152$  dan  $C_{imajiner} = 0$ , sedangkan pada permukaan yang diberi bahan penyerap konstanta  $A = 1$ ,  $B = 207,5$ ,  $C_{riil} = 0$  dan  $C_{imajiner} = 0$  (Gambar 3).

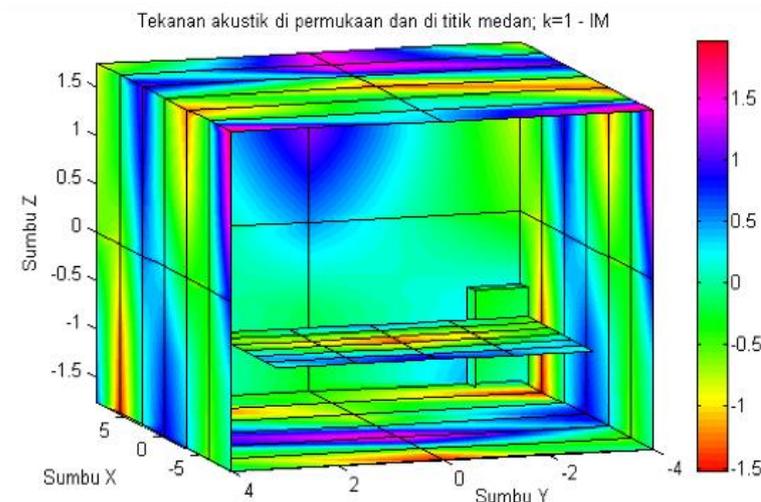
Nilai tekanan minimum dan maksimum yang didapatkan pada titik medan masing-masing sebesar 0,028 Pa node ke 11 dan 1,283 Pa node ke 40, sedangkan untuk nilai kecepatan potensial minimum dan maksimum pada daerah riil dan imajiner berturut-turut adalah  $6,77 \cdot 10^{-5}$  m/s dan  $2,93 \cdot 10^{-3}$  m/s;  $9,67 \cdot 10^{-7}$  m/s dan  $5,16 \cdot 10^{-4}$  m/s. Jika dilihat, nilai tekanan di titik medan pada kasus keempat ini hampir sama dibandingkan pada kasus kedua. Hal ini kemungkinan disebabkan karena hanya dua buah dinding saja memakai bahan peredam bunyi sehingga bunyi yang datang tidak seluruhnya diserap akan tetapi ada sebagian yang dipantulkan kembali. Waktu dengung yang diperoleh sebesar 0,7 detik untuk frekuensi sumber bunyi 250 Hz. Pengurangan kebisingan (Noise Reduction) didapatkan sebesar 2,5 dB.



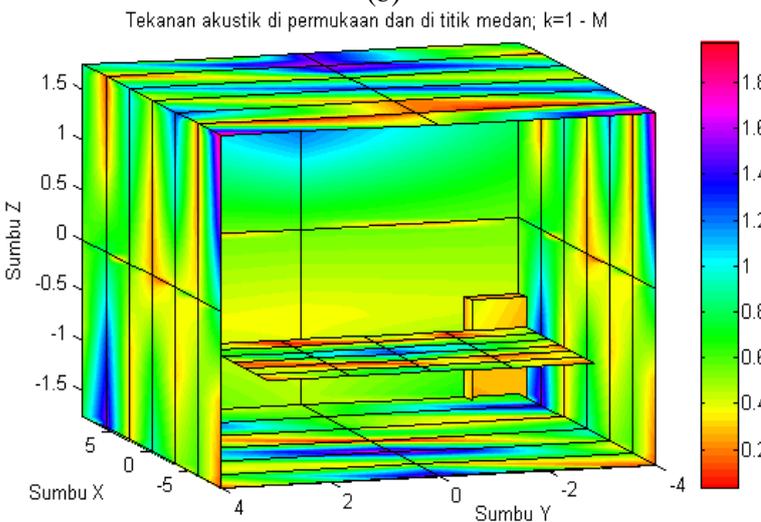
Gambar 2. Visualisasi tekanan akustik dengan dua buah loudspeaker hasil program BEM. (a) Bagian riil, (b) Bagian imajiner, (c) Bagian Magnituda



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Visualisasi tekanan akustik dengan diberi bahan penyerap hasil program BEM. (a) Bagian riil, (b) Bagian imajiner, (c) Bagian Magnituda

Jika diperhatikan, pada kasus kedua dan keempat (sama-sama diberi perlakuan yang sama akan tetapi pada kasus keempat diberi bahan penyerap), waktu dengung pada kasus keempat lebih kecil dibandingkan pada kasus kedua dengan selisih 0,55 detik. Hal ini memperlihatkan bahwa dua buah sumber bunyi dengan kekuatan sama dapat menyebabkan waktu dengung yang berbeda bila bahan permukaan ruangan diganti dengan bahan yang mempunyai koefisien serapan tertentu. Berdasarkan keempat kasus di atas dapat dilihat besar nilai tekanan akustik dan kecepatan potensial tergantung pada penentuan letak sumber suara dan adanya perlakuan bidang permukaan diberi bahan penyerap. Hal ini dapat dilihat dari besar nilai tekanan dan kecepatan potensial yang telah diperoleh.

## KESIMPULAN

Nilai tekanan minimum dan maksimum pada titik medan untuk masing-masing kasus yaitu untuk sumber suara bergetar semua yaitu 31,768 Pa dan 1664,600 Pa), sumber suara berupa dua buah loudspeaker yaitu 0,019 Pa dan 1,278 Pa, sumber suara berupa satu buah loudspeaker yaitu 0,018 Pa dan 1,742 Pa, dan sumber suara berupa dua buah loudspeaker dengan dua bidang permukaan diberi bahan penyerap yaitu 0,028 Pa dan 1,283 Pa. Nilai kecepatan potensial minimum dan maksimum pada daerah rill dan imajiner pada titik medan untuk masing-masing kasus adalah sebagai berikut untuk sumber suara bergetar semua yaitu  $4,45 \times 10^{-5}$  m/s dan  $3,08 \times 10^{-3}$  m/s;  $4,76 \times 10^{-6}$  m/s dan  $5,26 \times 10^{-4}$  m/s, sumber suara berupa dua buah loudspeaker yaitu 0,066 m/s dan 4,011 m/s; 0,003 m/s dan 0,613 m/s, sumber suara berupa satu buah loudspeaker yaitu  $7,85 \times 10^{-6}$  m/s dan  $4,07 \times 10^{-3}$  m/s;  $8,34 \times 10^{-6}$  m/s dan  $1,45 \times 10^{-3}$  m/s, dan untuk sumber suara berupa dua buah loudspeaker dengan dua bidang permukaan diberi bahan penyerap yaitu  $6,77 \times 10^{-5}$  m/s dan  $2,93 \times 10^{-3}$  m/s;  $9,67 \times 10^{-7}$  m/s dan  $5,16 \times 10^{-4}$  m/s. Waktu dengung yang diperlukan pada masing-masing kasus adalah untuk sumber suara bergetar semua yaitu 1,06 detik, untuk sumber suara berupa dua buah loudspeaker yaitu 1,25 detik, untuk sumber suara berupa satu buah loudspeaker yaitu 1,27 detik, dan untuk sumber suara berupa dua buah loudspeaker dengan dua bidang permukaan diberi bahan penyerap yaitu 0,7 detik. Penentuan letak sumber suara terhadap titik medan mempengaruhi besar nilai tekanan akustik dan kecepatan potensial. Hal ini dapat dilihat dari nilai P dan  $\Phi$  pada masing-masing kasus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Berbbia, C.A. & J. Dominguez. 1992. *Boundary Element An Introductory Course*. New York: Second edition McGraw Hill Book Company.
- Bernard, J. Slanka, J.R. Tuss, Ralph, D. Buehrle, J. Klos, E.G. Williams & N. Valdivia. 2004. *Acoustic Source Localization In Aircraft Interiors Using Microphone Array Technologies*. USA: American Institute Of Aeronautics And Astronautics.
- Ciskowski, R.D. & C.A. Berbbia. 1991. *Boundary Element Methods In Acoustics*. London: Computational Mechanics Publications..
- Gunawan, H. 2008. Mendapatkan Suara Terbaik di Ruang Dengar dengan Pengaturan Penempatan Speaker dan Posisi Dengar.  
<http://peredamsuara.com/index.php/2008/10/tips-perletakkan-speaker-stereo/>
- Halim, V. 2009. Akustik Ruang. <http://kask.us/2369570>. Diakses tanggal 14 Juni 2010
- Indrani, H.C. 2004. Pengaruh Elemen Interior Terhadap Karakter Akustik Auditorium. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Seybert, A.F., T.W. Wu & G.C. Wan. 1990. *User's Manual Computer Program BEMAP*. Kentucky: Lexington.
- Yahya, I. 2002. *Dasar-Dasar Pengukuran Bising*. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.