

Rancang Bangun Loudspeaker Enclosure untuk Meningkatkan Kinerja Loudspeaker

Construction of Loudspeaker Enclosure to Increase Loudspeaker Performance

Oleh: Imam Try Wibowo¹, Agus Purwanto²

¹Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY

²Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY

imamtrywibowo257@yahoo.co.id.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk membuat rancang bangun *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle*, karakterisasi pemodelan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* ke rangkaian listrik, dan menyelidiki bentuk kurva respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* terhadap keefisienan kinerja *loudspeaker*. Metode yang digunakan untuk membuat rancang bangun *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* adalah menentukan elemen penyusun *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle*, memodelkannya ke rangkaian listrik, dan menentukan respon frekuensi *bass-reflex baffle* berdasarkan rangkaian analoginya. Metode yang digunakan untuk menyelidiki bentuk kurva respon frekuensi *bass-reflex baffle* adalah membuat grafik respon frekuensi menggunakan *software ORIGIN50*. Hasil dari pembuatan rancang bangun *loudspeaker enclosure* adalah jenis *bass-reflex baffle* dengan ukuran volum kotak (30x30x50) cm³ menggunakan *loudspeaker* jenis *woofer* merek *CURVE* dengan diameter 10 inci dan kayu MDF setebal 12 mm. Hasil dari karakterisasi pemodelan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* menghasilkan induktansi sebesar (0,373±0,003) mH, resistansi sebesar 6,8 Ω, massa diafragma dan *voice coil* sebesar (20,04±0,01) g, redaman mekanik sebesar (2,82±0,02) Ns/m, *compliance* sebesar (4,8±0,2)10⁻⁴ m/N, massa akustik partikel udara yang digetarkan oleh diafragma sebesar (0,3±0,1) 10² kg/m⁴, hambatan akustik di depan dan belakang diafragma sebesar (2,2±0,4) Ns/m⁵, kapasitas akustik kotak sebesar (2,82±0,07)10⁻⁷ m⁵/N, massa akustik kotak sebesar (2,27±0,01) kg/m⁴, massa akustik di dalam *port* sebesar (0,3±0,1)10² kg/m⁴, hambatan akustik di dalam *port* sebesar (1,1±0,5)10² Ns/m⁵, massa akustik di depan *port* sebesar (4,92±0,04) kg/m⁴, dan hambatan akustik di depan *port* sebesar (2,2±0,4) Ns/m⁵ serta menghasilkan respon frekuensi berbentuk seperti *lowpass filter* dengan daerah kerja pada *range* frekuensi (65-220) Hz. Hasil pengukuran grafik respon frekuensi *bass-reflex baffle* menghasilkan bentuk seperti *lowpass filter* dengan daerah kerja pada *range* frekuensi (69,98–199,18) Hz yang mengindikasikan bahwa kinerja *loudspeaker woofer* dapat lebih efisien.

Kata Kunci: *loudspeaker*, *woofer*, *enclosure*, *bass-reflex baffle*, elemen, analogi, respon frekuensi, MDF.

Abstract

A study has been done to construct *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type, to characterize the modelling of *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type into the electrical circuit, and to investigate the frequency response of *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type with respect to the efficiency of *loudspeaker* performance. The method used to construct *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type was determining elements of *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type, modelling *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type into the electrical circuit, and determining the frequency response based on the analogues circuit. The method used to investigate the frequency response of *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type was making graph of the frequency response using *ORIGIN50* software. The results of construction of *loudspeaker enclosure* was the *bass-reflex baffle* with volume of the box (30x30x50) cm³ using *loudspeaker woofer* of *CURVE* brand with diameter of 10 inches and wood of *MDF* with thickness of 12 mm. The results of characterizing the modelling of *loudspeaker enclosure* of *bass-reflex baffle* type were as follows: the inductance was (0.373±0.003) mH, the electrical resistance was 6 Ω, the mass of diafragma and *voice coil* was (20.04±0.01) g, the mechanical damping was (2.82±0.02) Ns/m, the compliance was (4.8±0.2)10⁻⁴ Nm, the air particle acoustical mass vibrated by diafragma was (0.3±0.1)10² kg/m⁴, the acoustical resistance in front and rear of diafragma was (2.2±0.4) Ns/m⁵, the acoustical capacitance of the box was (2.82±0.07)10⁻⁷ m⁵/N, the acoustical mass of the box was (2.27±0.01) kg/m⁴, the acoustical mass of the port was (0.3±0.1)10² kg/m⁴, the acoustical resistance of the port was (1.1±0.5)10² Ns/m⁵, the acoustical mass in front of the port was (4.92±0.04) kg/m⁴, the acoustical resistance in front of the port was (2.2±0.4) Ns/m⁵ and showed that the frequency response was similar to a *lowpass filter* with working region at the frequency range of (65-220) Hz. The results of measurement of the frequency response of the *bass-reflex baffle* showed that the frequency response was similar to a *lowpass filter* with working region at the

frequency range of (69.98-199.18) Hz and showed that woofer loudspeaker performance could be more efficient.

Keyword: *loudspeaker, woofer, enclosure, bass-reflex baffle, element, analogy, frequency response, MDF*

Pendahuluan

Semua manusia mempunyai indera pendengaran. Bunyi merupakan suatu gelombang yang merambat melalui suatu medium. Bunyi terjadi karena adanya fluktuasi tekanan udara di sekitar sumber bunyi. Fluktuasi tersebut berupa rapat renggangnya partikel udara di sekitar sumber bunyi. Melalui medium perambatannya, bunyi ditransmisikan ke segala arah sehingga sampai ke telinga manusia. Sumber bunyi di sekitar kita sangatlah banyak, mulai dari mesin-mesin kendaraan bermotor, pita suara manusia, alat-alat musik ataupun perangkat *sound system*. *Sound system* pada dasarnya terdiri dari pengolah sinyal bunyi, penguat sinyal bunyi, dan *loudspeaker*. Ada *loudspeaker* jenis *tweeter*, *midrange*, dan *woofer*. Jenis tersebut dibedakan menurut daerah frekuensi kerjanya.

Loudspeaker yang dihubungkan dengan tegangan AC akan menghasilkan dua sumber bunyi. Dua sumber bunyi yang dihasilkan oleh gerakan maju-mundur diafragma akan menghasilkan beda fase sebesar 180° satu dengan yang lain. Mendengarkan bunyi dengan beda fase sebesar 180° adalah tidak maksimal. Hal tersebut dikarenakan terjadi *phase cancellation* pada dua sumber bunyi. Efek *phase cancellation* mengakibatkan intensitas

bunyi pada kedua sumber saling melemahkan. Untuk mencegah hal tersebut dapat dilakukan dengan mengubah fase salah satu sumber bunyi agar nilai fase mendekati sumber bunyi yang lain. Pengubahan fase ini dapat dilakukan dengan membuat lintasan akustik untuk salah satu sumber bunyi. Pada *loudspeaker*, bagian yang berfungsi sebagai lintasan akustik disebut *enclosure* atau kotak *loudspeaker*. Ukuran suatu *enclosure* sangat berpengaruh terhadap produksi bunyi yang dihasilkan oleh *loudspeaker*.

Enclosure pada *loudspeaker* memiliki nama lain yaitu *baffle*. *Baffle* terdiri atas jenis *flat baffle*, *open-back baffle*, *closed-back baffle*, dan *bass-reflex baffle*. Jenis tersebut dibedakan menurut pengolahan bunyi yang dihasilkan oleh *loudspeaker*. Adanya *enclosure* pada *loudspeaker* sangatlah membantu kinerjanya. Selain sebagai lintasan akustik, *enclosure* akan meningkatkan kualitas intensitas bunyi *loudspeaker*. Bentuk suatu *enclosure* juga sangat berpengaruh terhadap intensitas bunyi yang dihasilkan oleh *loudspeaker*.

Pada umumnya seseorang akan mengalami kesulitan dalam memutuskan *loudspeaker* seperti apa yang mempunyai daerah frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan karena banyaknya pilihan *loudspeaker* yang tersedia. Parameter yang

digunakan untuk memilih *loudspeaker* adalah respon frekuensi. Respon frekuensi suatu *loudspeaker enclosure* dapat diperoleh dengan bantuan *software SpectraPLUS 5.0*. *Software* ini dapat menunjukkan nilai yang digunakan untuk membuat kurva/grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure*. Kurva respon frekuensi merupakan grafik hubungan antara *gain* dengan frekuensi.

Respon frekuensi *loudspeaker enclosure* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti material penyusunnya, ukuran diafragma, *stiffness* (kekakuan) atau *compliance* (kelenturan) sistem suspensi *loudspeaker*, material magnet, bentuk, ukuran, serta jenis kayu *enclosure*, dan masih banyak faktor lain yang mempengaruhi respon frekuensi dari suatu *loudspeaker enclosure*. Melalui penelitian ini, penulis ingin mengetahui bagaimana membuat bangun *loudspeaker enclosure*, dan menentukan respon frekuensi *loudspeaker enclosure*, dengan menggunakan peralatan yang tersedia di laboratorium yang mampu menunjukkan keefisienan kinerja *loudspeaker*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dari bulan November 2014 sampai dengan bulan Januari 2016 bertempat di Laboratorium Mikrokontroler, Laboratorium Koloid, dan Laboratorium Getaran dan Gelombang, Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY.

Instrumen Penelitian dan Program Analisis

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian: 1 buah bangun *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* dengan volum kotak (30x 30x50) cm³, 3 buah *loudspeaker woofer* merek *CURVE* dengan diameter 10 inchi, 1 buah *mic condensor*, 1 buah *AFG (Audio Frequency Generator)*, 4 buah resistor (6,8; 47; 330; 300K) ohm , *project board*, 1 buah multimeter analog, 1 buah laptop, kertas milimeter blok, osiloskop, 1 buah *amplifier* Uchida model TA-2MS, massa beban (massa tatakan (249,65±0,01) gram; massa pemberat: (214,41±0,01) gram; (464,6±0,1) gram; (743,4±0,1) gram; (869,9±0,1) gram; (1087,8±0,1) gram; (1337,0±0,1) gram), 1 buah balon, beberapa kabel penghubung, neraca Ohaus, timbangan digital, kayu jenis MDF dengan tebal sebesar 12 mm, dan pipa dengan diameter 3 inchi.

Program Analisis: *SpectraPLUS5.0*, *Microsoft Excell*, *ORIGIN50*, dan *Matlab R2010a*.

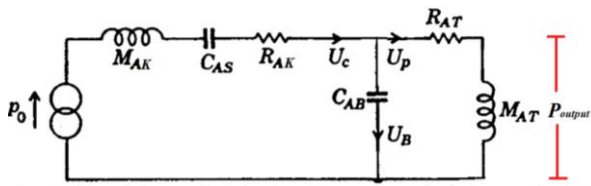
Teknik Pengambilan Data (Prosedur)

Prosedur pengambilan data terbagi menjadi tiga tahap yakni tahap awal, tahap perancangan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle*, dan tahap akhir.

Tahap awal merupakan tahap penentuan elemen-elemen penyusun *loudspeaker woofer* dan *bass-reflex baffle*.

Tahap berikutnya adalah tahap perancangan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* yakni dilakukan dengan menentukan respon frekuensi *loudspeaker*

enclosure jenis *bass-reflex baffle* berdasarkan rangkaian analoginya seperti tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian analogi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* menggunakan tipe analogi impedansi.

Tahap yang ketiga adalah tahap akhir. Tahap ini merupakan pembuatan grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* dengan sumbu *y* sebagai *gain* dan sumbu *x* sebagai frekuensi (Hz).

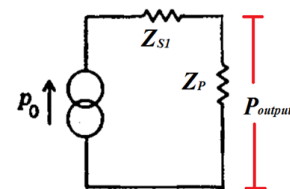
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN
Elemen-elemen penyusun *loudspeaker woofer* dan *bass-reflex baffle*

Berdasarkan penentuan elemen-elemen penyusun *loudspeaker woofer* dan *bass-reflex baffle* diperoleh induktansi sebesar $(0,373 \pm 0,003)$ mH, resistansi sebesar 6Ω , massa diafragma dan *voice coil* sebesar $(20,04 \pm 0,01)$ g, redaman mekanik sebesar $(2,82 \pm 0,02)$ Ns/m, *compliance* sebesar $(4,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-4}$ m/N, massa akustik partikel udara yang digetarkan oleh diafragma sebesar $(0,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$ kg/m⁴, dan hambatan akustik di depan dan belakang diafragma $(2,2 \pm 0,4)$ Ns/m⁵, kapasitas akustik kotak sebesar $(2,82 \pm 0,07) \cdot 10^{-7}$ m⁵/N, massa akustik kotak sebesar $(2,27 \pm 0,01)$ kg/m⁴, massa akustik di dalam *port* sebesar $(0,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$ kg/m⁴,

hambatan akustik di dalam *port* sebesar $(1,1 \pm 0,5) \cdot 10^2$ Ns/m⁵, massa akustik di depan *port* sebesar $(4,92 \pm 0,04)$ kg/m⁴, dan hambatan akustik di depan *port* sebesar $(2,2 \pm 0,4)$ Ns/m⁵.

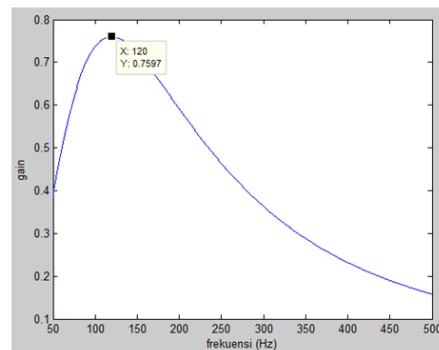
Perancangan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* berdasarkan rangkaian analoginya

Dari hasil analisis Gambar 1 diperoleh rangkaian pembagi tegangan dalam domain impedansi seperti tampak pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian pembagi tegangan dalam domain impedansi

Berdasarkan Gambar 2 selanjutnya diperoleh nilai *gain* sebagai fungsi frekuensi yakni grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* berdasarkan rangkaian analoginya seperti tampak pada Gambar 3.

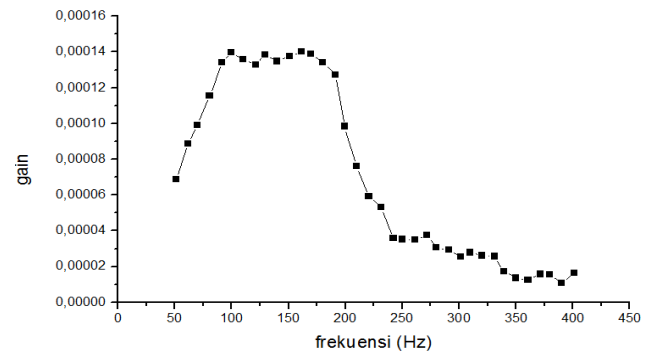


Gambar 3. Grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* secara teori berdasarkan rangkaian analoginya.

Dari Gambar 3 tampak bahwa bahwa rangkaian analogi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* memiliki bentuk grafik respon frekuensi seperti *lowpass filter* dengan *gain* maksimal yakni sebesar 0,7597. Dari nilai *gain* maksimal tersebut kemudian dapat diperoleh frekuensi *cut off* pada respon frekuensi *bass-reflex baffle* di atas. Frekuensi *cut off* didefinisikan sebagai titik akhir *gain* respon yang jatuh pada 0,707 dari nilai *gain* maksimal (Lancaster, 1975:18).

Dengan dasar pengertian frekuensi *cut off* di atas, serta dari Gambar 3 yang menunjukkan grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* berdasarkan rangkaian analoginya, maka diperoleh nilai *gain* pada frekuensi *cut off* secara teori (f_{ct}) adalah sebesar 0,5371. Dari hasil *gain* pada frekuensi *cut off* secara teori (f_{ct}) kemudian dapat diperoleh nilai frekuensi *cut off* bawah (f_{ctH}) sebesar 65 Hz dan frekuensi *cut off* atas (f_{ctH}) sebesar 220 Hz. Karena pada daerah di antara f_{cpL} dan f_{cpH} merupakan daerah kerja dari suatu sistem, maka dapat disimpulkan bahwa daerah kerja *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* yang diperoleh secara teori menggunakan rangkaian analoginya berada pada *range* frekuensi (65 – 220) Hz.

Respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* secara pengukuran



Gambar 4. Grafik respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* secara pengukuran

Dari Gambar 4 tampak bahwa respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* memiliki bentuk seperti *lowpass filter* dengan nilai *gain* yang hampir rata di daerah frekuensi rendah. Dengan mengingat definisi frekuensi *cut off* (f_c) dan berdasarkan Gambar 4 diperoleh nilai *gain* pada frekuensi *cut off* hasil pengukuran (f_{cp}) adalah sebesar 0,000099. Dari hasil *gain* pada f_{cp} maka diperoleh frekuensi *cut off* bawah (f_{cpL}) dan frekuensi *cut off* atas (f_{cpH}) yakni masing-masing sebesar 69,98 Hz dan 199,18 Hz. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* bekerja secara efisien pada *range* frekuensi f_{cpL} Hz sampai dengan f_{cpH} Hz yakni (69,98 – 199,18) Hz.

Berdasarkan hasil teori dan pengukuran terlihat bahwa perbedaan yang cukup signifikan adalah pada nilai *gain*. Nilai *gain* hasil teori jauh lebih besar dibandingkan dengan hasil pengukuran. Hal ini menandakan bahwa intensitas bunyi yang dihasilkan oleh *bass-reflex baffle* masih belum maksimal. Faktor-faktor yang menyebabkan kurang maksimalnya kualitas intensitas bunyi yang

dihasilkan oleh *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* dapat disebabkan oleh beberapa faktor yakni dari bahan yang digunakan untuk dijadikan *port* masih menggunakan bahan pipa dengan ukuran yang dijual di pasaran, kemudian jenis bahan kayu yang dijadikan sebagai *enclosure* belum mempunyai koefisien refleksi yang sesuai dengan kebutuhan gelombang bunyi yang berasal dari udara di bagian belakang diafragma *loudspeaker woofer*, ukuran *port* yang belum sesuai dengan kebutuhan gelombang bunyi yang berasal dari udara di bagian belakang diafragma *loudspeaker woofer* sehingga hasil interferensi dengan gelombang bunyi yang berasal dari udara di bagian depan diafragma menjadi kurang maksimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai rancang bangun *loudspeaker enclosure* untuk mengefisienkan kinerja *loudspeaker* yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan bangun *loudspeaker enclosure* yang telah dibuat adalah jenis *bass-reflex baffle* dengan ukuran volum kotak $(30 \times 30 \times 50) \text{ cm}^3$ menggunakan *loudspeaker* jenis *woofer* merek *CURVE* dengan diameter 10 inchi dan kayu MDF setebal 12 mm.

2. Karakterisasi pemodelan *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* ke rangkaian listrik menghasilkan induktansi sebesar $(0,373 \pm 0,003) \text{ mH}$, resistansi sebesar $6,8 \Omega$, massa diafragma dan *voice coil* sebesar $(20,04 \pm 0,01) \text{ g}$, redaman mekanik sebesar $(2,82 \pm 0,02) \text{ N.s/m}$, *compliance* sebesar $(4,8 \pm 0,2) 10^{-4} \text{ m/N}$, massa akustik partikel udara yang digetarkan oleh diafragma sebesar

$(0,3 \pm 0,1) 10^2 \text{ kg/m}^4$, dan hambatan akustik di depan dan belakang diafragma $(2,2 \pm 0,4) \text{ N.s/m}^5$, kapasitas akustik kotak sebesar $(2,82 \pm 0,07) 10^{-7} \text{ m}^5/\text{N}$, massa akustik kotak sebesar $(2,27 \pm 0,01) \text{ kg/m}^4$, massa akustik di dalam *port* sebesar $(0,3 \pm 0,1) 10^2 \text{ kg/m}^4$, hambatan akustik di dalam *port* sebesar $(1,1 \pm 0,5) 10^2 \text{ N.s/m}^5$, massa akustik di depan *port* sebesar $(4,92 \pm 0,04) \text{ kg/m}^4$, dan hambatan akustik di depan *port* sebesar $(2,2 \pm 0,4) \text{ N.s/m}^5$ serta menghasilkan respon frekuensi berbentuk seperti *lowpass filter* dengan daerah kerja pada *range* frekuensi (65-220) Hz.

3. Pemberian sinyal *input* dengan *range* data frekuensi (50-400) Hz pada bangun *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* yang dibuat dalam penelitian, memberikan bentuk grafik respon frekuensi *bass-reflex baffle* seperti *lowpass filter* dengan daerah kerja pada *range* frekuensi (69,98 – 199,18) Hz yang mengindikasikan bahwa kinerja *loudspeaker woofer* dapat lebih efisien.

Saran

1. Perlu adanya penguat sinyal (*amplifier*) yang mampu memberikan respon frekuensi yang stabil atau efisien pada frekuensi di bawah 400 Hz.
2. Dibutuhkan suatu ruangan dengan ukuran yang cukup besar sehingga dalam pengukuran respon frekuensi *bass-reflex baffle* di daerah *far field* tidak mengalami kesulitan.
3. Perlu dipelajari jenis kayu yang memiliki koefisien refleksi yang sesuai dengan kebutuhan gelombang bunyi yang berasal dari udara di bagian belakang diafragma *loudspeaker woofer* sehingga kinerja *bass-reflex baffle* dapat lebih ditingkatkan.
4. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk respon frekuensi *loudspeaker enclosure* jenis *bass-reflex baffle* dengan meletakkan bahan peredam di dalam kotak.

DAFTAR PUSTAKA

- Lancaster, Don. 1975. *Active Filter Cookbook*. Howard W. Sams & Co., Inc .