

Perancangan dan Pembuatan Difuser QRD (*Quadratic Residue Difuser*) 0142241 Dengan Lebar Sumur 8,5 Cm

Arif Pugoh Nugroho, Lila Yuwana, Gontjang Prajitno

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: lila@physics.its.ac.id

Abstrak—Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh lebar sumur terhadap pola hamburan difuser QRD (*Quadratic Residue Diffuser*) 0142241. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode medan bebas (*anechoic*). Penelitian dilakukan di Ruang Uji Laboratorium Instrumentasi Akustik Fisika FMIPA ITS dengan melakukan pengukuran distribusi SPL pada permukaan dengan menggunakan difuser dan tanpa menggunakan difuser. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pola hamburan difuser dengan lebar sumur 8,5 cm lebih merata pada frekuensi 2000 Hz daripada frekuensi yang lainnya.

Kata kunci—difuser, medan bebas, pola hamburan, QRD, SPL.

I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang paling menantang yang dihadapi ahli Sarsitek akustik ketika merancang lingkungan dalam ruangan yang tujuannya digunakan untuk pertemuan publik atau pertunjukan musik dengan memprediksi kualitas suara secara keseluruhan sebelum disepakatinya bentuk desain untuk konstruksinya. Dengan demikian, masalah desain akustik untuk tempat seperti balai kota dan gedung konser telah lama menarik minat para *Accoustician* untuk melakukan beberapa studi dan penelitian awal. Studi dan penelitian ini dimaksudkan untuk mencegah adanya *Colouration* dalam ruang setelah bangunan tersebut dibangun. Salah satu cara untuk mengurangi hal tersebut adalah dengan penambahan difuser pada ruangan tersebut.

Trevor J. Cox dan D'Antonio juga telah melakukan penelitian terhadap berbagai jenis difuser, salah satunya meneliti difuser Schroeder yaitu *Maximum Length Sequences Diffusers* dan *Quadratic Residue Diffusers*. Dalam bukunya Karakterisasi difuser dapat dinilai berdasarkan berbagai besaran seperti koefisien difusi (d), koefisien hamburan (s) dan pola hamburan difuser. Kemudian Hargreaves dkk, mengusulkan sebuah pendekatan untuk mengukur distribusi sudut dari energi akustik tercermin dari permukaan yang acak. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan pengukuran terhadap pola hamburan pada difuser QRD (*Quadratic Residue Diffuser*) dengan jumlah $N=7$ dan serta pola kedalaman sumur 0142241. Diharapkan difuser yang dibuat dapat mengurangi *colouration* pada ruangan dan mengontrol gema pada ruang besar. Dengan tercapainya hal itu maka

diharapkan dapat memenuhi salah satu aspek syarat akustik dalam suatu ruangan. [1]

II. TEORI

A. Difuser

Difuser merupakan material akustik yang digunakan untuk memperbaiki penyimpangan suara dalam ruangan seperti gema. Dibandingkan dengan menggunakan dinding pemantul yang menyebabkan sebagian besar energi dipantulkan pada sudut yang sama dengan sudut datang, difuser akan menyebabkan energi bunyi akan terpancar ke berbagai arah, sehingga membuat ruangan lebih difusif [2].

B. Difuser Schroedder

Pada tahun 1975, Manfred R. Schroeder melalui publikasi ilmiahnya, memperkenalkan penemuannya mengenai desain difuser baru. Difuser schroeder mempunyai kelebihan dengan kemungkinan menghasilkan difusi secara optimal dan juga membutuhkan bilangan yang kecil sederhana dari penggunaan persamaan desain. Difuser schroeder memiliki struktur desain yang terdiri dari sejumlah sumur dengan kedalaman yang berbeda. [3].

Bunyi yang mengenai permukaan difuser akan terpantul dari dasar sumur dan akhirnya terpantul kembali ke ruang. Semua bunyi yang terpantul ini memiliki jumlah energi yang sama tetapi fase yang berbeda karena perbedaan jarak yang ditempuh tiap gelombang bunyi yang mengenai bagian-bagian dari difuser berbeda-beda. Dengan demikian agar hamburan dapat terjadi maka pemilihan kedalaman sumur menjadi sesuatu yang penting. [4].

C. Difuser QRD (*Quadratic Residue Diffuser*)

QRDs seperti Razorblade yang menggunakan urutan akar primitif untuk secara matematis menghitung pengaturan dengan baik. Semakin tinggi jumlah sumur, semakin menyebar suara akan, yang sempit bilah - semakin tinggi frekuensi mereka akan menyebar, semakin dalam sumur. Kemudian semakin rendah frekuensi mereka akan memperpanjang sampai menurun.

Urutan untuk sumur ke- n , s_n , ditunjukkan pada persamaan 1 :

$$s_n = n^2 \bmod N ; n=0,1,2,\dots \quad (1)$$

Dimana “mod” menunjukkan modulo yaitu sedikitnya sisa yang tidak negatif dan N adalah pembangkit bilangan yang merupakan bilangan pokok dan juga menunjukkan jumlah sumur dalam satu periode. *Schroeder diffusers* bekerja pada kelipatan bilangan bulat dari desain frekuensi. Desain frekuensi normal diatur pada batas frekuensi rendah. Kedalaman sumur ke-n, d_n , ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$d_n = \frac{s_n \lambda_0}{2N} ; N=1,2,3,\dots \quad (2)$$

Dengan λ_0 merupakan kecepatan bunyi di udara dalam keadaan normal.

III. METODE PENELITIAN

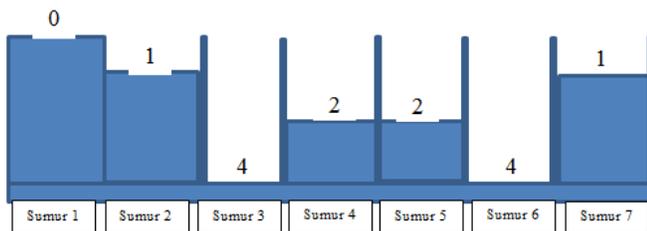
A. Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada pengukuran ini antara lain :

- i. Personal Computer (PC/Laptop): PC berfungsi sebagai penghasil sumber bunyi impuls dari *Realtime analyzer*.
- ii. Amplifier : berfungsi sebagai penguat bunyi yang dikeluarkan dari PC sebelum masuk ke speaker.
- iii. Speaker : berfungsi mengeluarkan bunyi yang telah dikuatkan oleh *amplifier* dan merupakan sebagai sumber bunyi.
- iv. Sound Lever Meter (SLM): berfungsi sebagai microfon untuk pembaca nilai peluruhan bunyi yang terjadi.
- v. Statip: berfungsi sebagai pemegang bahan uji (difuser) agar berada pada posisi yang diinginkan dalam peneltian ini dibutuhkan dua buah statip yang digunakan pada difuser dan speaker.
- vi. Tripod: berfungsi sebagai tempat pemegang microfon agar microfon tepat pada jarak posisi dan sudut yang diinginkan.

B. Perancangan dan pembuatan difuser

Difuser yang dibuat adalah difuser QRD (*Quadratic Residue Diffuser*) untuk frekuensi desain 2000 Hz. Difuser ini memiliki jumlah sumur $N=7$ dan memiliki pola kedalaman sumur yang berbeda. Difuser yang dibuat menggunakan alas modul difuser yang terbuat dari tripleks dengan ketebalan 0,8 cm. Untuk modul frekuensi desain dengan luas $0,6m \times 0,6 m = 0,36 m^2$. Dari perhitungan diatas didapatkan pola untuk kedalaman sumur untuk semua sumur atau $N=7$ adalah 0 1 4 2 2 4 1 (lihat Gambar 1). Untuk pemisah masing – masing sumur menggunakan tripleks.



Gambar 1. Desain QRD 0 1 4 2 2 4 1 untuk N 7

Dengan persamaan (1) dan persamaan (2) menggunakan cara yang sama didapatkan hasil seperti berikut :

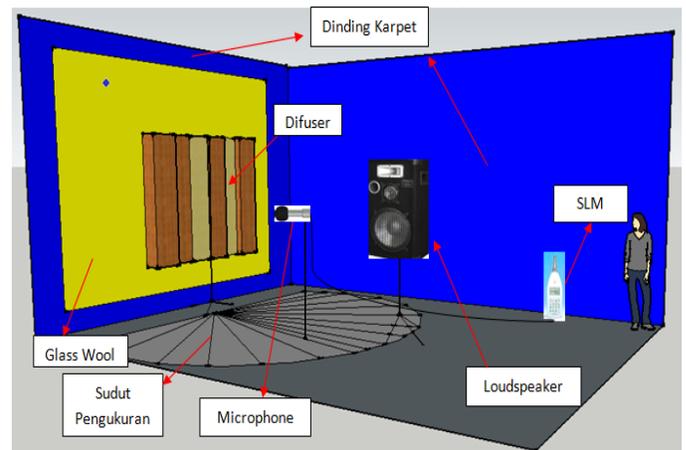
$$f = 2000 \text{ Hz} \quad \lambda = 0,17 \text{ m.}$$

Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi desain difuser adalah 2000 Hz dengan lebar 0,085 m. Jadi dengan hal tersebut difuser yang dibuat dapat menghamburkan bunyi yang baik pada frekuensi desainnya.

C. Proses Pengambilan Data

Metode pengukuran pola hamburan diffuser yang dilakukan terdiri dari beberapa langkah :

1. Merangakai dan menyiapkan bahan seperti pada Gambar 2. Pengukuran dilakukan dengan difuser kayu, difuser dilapisi kaca dan tanpa difuser.



Gambar 2. Sketsa pengukuran pola hamburan

2. Mengkalibrasi SLM dengan menggunakan pistonphon kalibrator rion type NL-72, kalibrasi dilakukan dengan cara memasang kalibrator pada microphone yang terhubung dengan SLM kemudian pada SLM disetting pada mode filter pada frekuensi 250 Hz dan range pembacaan dinaikan sampai 120 dB, kemudian nilai bunyi yang terbaca pada SLM type NL-14 disesuaikan dengan nilai yang tertera pada kalibrator Rion yaitu SPL 113,9 untuk frekuensi 250 Hz.
3. Menentukan peletakan speaker dan mikrofon dalam ruang uji, peletakan dalam ruang seperti pada gambar. Jarak Ruang uji menggunakan standart ISO.
4. Pengukuran dilakukan menggunakan difuser dan tanpa difuser, pengukuran menggunakan difuser menunjukkan bahwa bunyi yang diterima mikrofon merupakan bunyi datang dari sumber dan bunyi dari pantulan difuser sedangkan yang tanpa difuser menunjukkan bunyi datang saja, untuk menentukan nilai dari pantulan difuser atau spl hamburan maka digunakan persamaan berikut:

sehingga diharapkan hanya pantulan bunyi dari difuser yang dapat ditangkap oleh mikrofon.

$$P_{total}^2 = P_{ref}^2 \left[\left(10^{\frac{SPL_1}{10}} \right) + \left(10^{\frac{SPL_2}{10}} \right) + \dots \right] \quad (3)$$

Sehinga SPL dari gelombang bunyi yang dihamburkan oleh difuser dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$SPL_{sc} = SPL_d - SPL_{TD}$$

$$SPL_d = 10 \text{ Log } \left[\frac{P_d}{P_{sc}} \right]^2$$

$$SPL_{TD} = 10 \text{ Log } \left[\frac{P_{TD}}{P_{sc}} \right]^2$$

$$P_{sc}^2 = P_d^2 - P_{TD}^2$$

$$P_{sc}^2 = P_{ac}^2 \left[\left(10^{\frac{SPL_d}{10}} \right) - \left(10^{\frac{SPL_{TD}}{10}} \right) \right]$$

Berdasarkan persamaan diatas, maka didapatkan SPL gelombang bunyi terhambur :

$$SPL_{sc} = 10 \text{ Log } \left[\frac{P_{sc}}{P_{ac}} \right]^2 \quad (4)$$

Keterangan :

SPL_d : SPL dengan difuser (dB)

SPL_{TD} : SPL tanpa difuser (dB)

SPL_{sc} : SPL hamburan (dB)

P_d : Tekana bunyi dengan difuser (N/m²)

P_{TD} : Tekanan bunyi tanpa difuser (N/m²)

P_{sc} : Tekanan bunyi yang dihamburkan (N/m²)

P_{ac} : Tekanan acuan atau referensi (2.10⁻⁵ N/m²)

IV. HASIL PENGUKURAN DAN PEMBAHASAN

A. Ruang Uji

Pengujian pola SPL hamburan difuser dilakukan di Laboratorium Akustik Jurusan Fisika FMIPA ITS. Ruang uji berbentuk kotak yang digunakan berukuran :

Panjang : 3,5 m
 Lebar : 3,5 m
 Tinggi : 2,75 m

Dinding ruang uji terbuat dari triplek yang hampir seluruhnya dilapisi oleh bahan yang dapat menyerap bunyi. Bahan penyerap yang digunakan adalah karpet yang dipasang pada semua sisi ruangan (sisi kanan, kiri, atas, bawah, belakang, dan sebagian pada sisi depan) serta *rockwool* dan *glasswool* pada sisi depan ruangan (lihat Gambar 3). Pelapisan pada dinding dengan bahan yang dapat menyerap bunyi ini bertujuan untuk mengurangi pantulan bunyi dari dinding



Gambar 3. Ruang Uji di Laboratorium Akustik Jurusan Fisika FMIPA ITS

B. Bahan Uji

Difuser yang dibuat adalah difuser dengan jumlah sumur N = 7 dan mempunyai pola kedalaman sumur 0142241. Alas difuser terbuat dari tripleks yang mempunyai luasan untuk ukuran lebar 0,085 m mempunyai luas alas 0,6m x 0,6m = 0,36 m² (Gambar 4). Diffuser ini mempunyai jumlah sumur sebanyak 7 buah dengan ukuran kedalaman dan lebar yang berbeda. Permukaan difuser dilapisi dengan cat plamir yang berfungsi untuk mengurangi penyerapan bunyi oleh bahan.



Gambar 4. Gambar Difuser dengan Pola Sumur 0142241 dengan jumlah sumur 7 buah lebar sumur 0,085m.

C. Data Pengukuran Tingkat Bising Sekitar

Pengukuran tingkat bising sekitar ini sangat diperlukan agar hasil bunyi tidak berasal dari tingkat bising sekitar. Adapun data pengukuran bising sekitar (*background noise*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data tingkat bising sekitar

Frekuensi	Tingkat bising sekitar (dB)
125	50.5
250	41.7
500	37.4
1000	25
2000	15.7
4000	13.2
8000	14

D. Data Hasil Pengukuran

Perhitungan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menghitung bunyi yang dipantulkan oleh difuser dan tanpa difuser menggunakan metode penjumlahan desibel. Dimana tekanan bunyi yang ditangkap mikrofon saat pengukuran menggunakan difuser diasumsikan gabungan dari bunyi pantul/hamburan dari difuser dan bunyi datang, sedangkan untuk pengukuran difuser tanpa menggunakan difuser diasumsikan hanya bunyi datang. Sehingga selisih antara nilai dari tanpa dan menggunakan difuser bisa diartikan sebagai nilai bunyi pantul saja (bunyi yang dihamburkan) pengurangan dilakukan dengan menggunakan penjumlahan desibel seperti pada persamaan 3. dan persamaan 4.

Berikut adalah contoh perhitungan pengurangan SPL untuk difuser QRD dengan lebar sumur 8,5 cm pada frekuensi 2000 Hz pada sudut 0°.

- SPL Tanpa difuser = $SPL_{TD} = 75,66$ dB.
- SPL dengan difuser = $SPL_D = 76,15$ dB.

Sehingga SPL Scattering atau SPL_{SC} sebagai berikut :
Selanjutnya dihitung P_{TD} dan P_D menjadi :

$$SPL_{TD} = 10 \log \frac{P_{TD}}{P_{ref}^2}$$

$$75,66 = 20 \log \frac{P_{TD}}{(2 \cdot 10^{-5})^2}$$

$$P_{TD} = (2 \cdot 10^{-5}) \cdot 10^{\left(\frac{75,66}{20}\right)}$$

$$= 0,12135 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$SPL_D = 10 \log \frac{P_D}{P_{ref}^2}$$

$$76,15 = 20 \log \frac{P_D}{(2 \cdot 10^{-5})^2}$$

$$P_{TD} = (2 \cdot 10^{-5}) \cdot 10^{\left(\frac{76,15}{20}\right)}$$

$$= 0,12839 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$P_{SC} = P_D - P_{TD}$$

$$= 0,12839 - 0,12135$$

$$= 0,00704 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$SPL_{SC} = 20 \log \frac{P_{TD}}{(2 \cdot 10^{-5})^2}$$

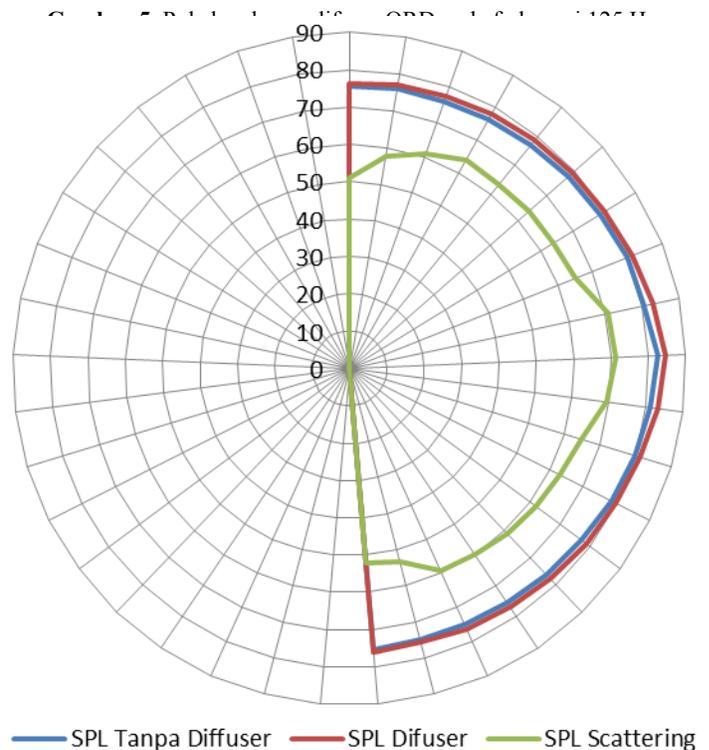
$$= 20 \log \frac{0,00704}{(2 \cdot 10^{-5})^2}$$

$$= 50,93 \text{ dB}$$

Jadi, didapatkan nilai yang sama $SPL_{SC} = 50,93$ dB.

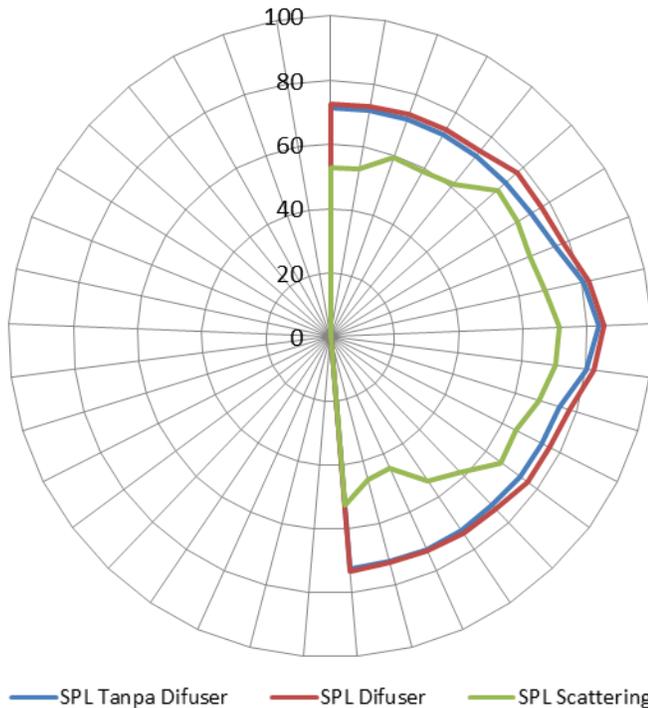
E. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya bunyi yang dihamburkan difuser untuk mempermudah dalam pembacaan maka ditampilkan perbedaan sinyal antara bunyi yang datang pada difuser dan tanpa difuser serta nilai hamburannya ditampilkan bentuk grafik polarnya. Grafik polar difuser QRD dengan frekuensi 125 Hz, 2000 Hz, dan 8000 Hz ditunjukkan Gambar 5-7.



— SPL Tanpa Diffuser — SPL Difuser — SPL Scattering

Gambar 6. Pola hamburan difuser QRD pada frekuensi 2000 Hz



Gambar 7. Pola hamburan difuser QRD pada frekuensi 8000 Hz

Berdasarkan pola hamburan diatas pada frekuensi 2000 Hz memiliki pola hamburan yang merata daripada frekuensi 125 Hz dan 8000 Hz. Sedangkan pada frekuensi 125 Hz pola hamburannya untuk setiap titiknya sangat acak dibandingkan frekuensi 8000 Hz. Pola hamburan pada frekuensi 125 Hz sangat acak karena berbagai faktor salah satu yang berpengaruh adalah bahwa difuser akan menghamburkan teratur pada frekuensi 2000 Hz. Selain itu dikarenakan juga ruangan hanya mengabsorbsi bunyi pada frekuensi 2000 Hz keatas, sehingga untuk frekuensi dibawah tersebut bunyi akan dihamburkan secara acak.. Sehingga ini bisa dikatakan bahwa difuser menghamburkan bunyi merata pada frekuensi 2000 Hz dibandingkan dengan frekuensi yang lainnya yaitu frekuensi 125 Hz.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan perhitungan pada tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pola hamburan diffuser paling merata berturut – turut adalah frekuensi 125 Hz, 8000 Hz, dan 2000 Hz.
2. Difuser dengan lebar sumur 8,5 cm menghamburkan bunyi lebih merata pada frekuensi desainnya yaitu 2000 Hz

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D'Antonio P, TJ Cox, 2004, **Acoustic absorbers and difuser : theory, design and application**, Spoon Press : London
- [2] Werner Hans, S., 1981, "More on the diffraction theory of Schroeder diffusors", J. Acoust. Soc. Am. 70, 633
- [3] Everest Alton F, Ken. C Pohlmann, 2009, **Master Handbook of Acoustic**, McGraw-Hill : 257-259
- [4]Hunecke-Knowledge, geometrical structure surface <URL:<http://www.hunecke.de/en/knowledge/diffusors/geometrical-structures.html>>