

TUGAS AKHIR

ANALISIS KARAKTERISTIK FREKUENSI REDAMAN
SUARA PADA *TUNNEL* DENGAN HELMHOLTZ
RESONATOR

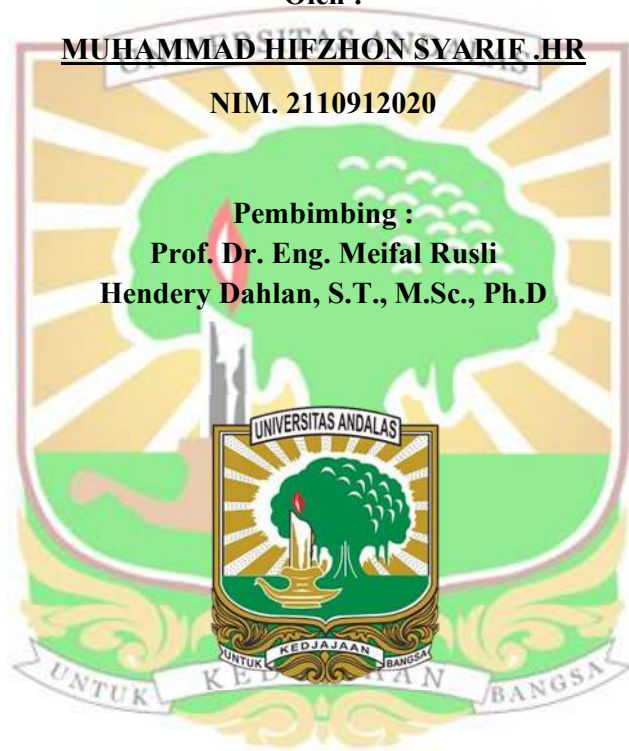
Oleh :

MUHAMMAD HIFZHON SYARIF .HR

NIM. 2110912020

Pembimbing :

Prof. Dr. Eng. Meifal Rusli
Hendery Dahlan, S.T., M.Sc., Ph.D



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2025

ABSTRACT

The use of tunnels in the modern era is increasingly common due to their ability to reduce travel time. With a general design resembling a pipe, tunnels can be considered as open organ pipes. This tunnel shape traps air, allowing acoustic energy both inside and outside the tunnel to persist. This energy creates significant noise that can disrupt comfort. Therefore, this study develops a sound absorption system using multidimensional Helmholtz resonators. The aim is to obtain a simple Helmholtz resonator design capable of absorbing multiple frequencies and increasing transmission loss through variations in the resonator's dimensions, size, position, and quantity. With these dimensional variations, the resonator is expected to broaden the frequency range that can be absorbed, which was previously limited to a single frequency.

The simulation was carried out using the Finite Element Method (FEM) with Harmonic Acoustic analysis. The simulation model represents a tunnel in the form of an open pipe. To understand the sound absorption characteristics, initial modeling was done using Helmholtz resonators in quantities of 1, 2, 3, 4, and 5 units, each with a length of 1000 mm. In this simulation, Helmholtz resonators are assumed to be rigid bodies, with no external wave interference, and the material properties of the resonators are neglected.

The results show that the absorption frequency of the simulation models has an error percentage below 10%. An increase in the number of uniform resonators leads to greater transmission loss but is only effective at a single frequency. When using non-uniform sizes, absorption occurs at multiple frequencies, although the resulting transmission loss is not as high. In addition, the cross-sectional size of the pipe also plays a role. Oversized or disproportionate pipe dimensions compared to the resonators result in higher incoming energy, thus reducing the effectiveness of sound absorption.

Keywords: Noise, Tunnel, Helmholtz Resonator, Sound Pressure Distribution, Transmission Loss

ABSTRAK

Penggunaan terowongan pada era modern semakin banyak dilakukan karena dapat mempercepat waktu tempuh perjalanan. Dengan desain umum menyerupai pipa, terowongan dapat dianggap sebagai pipa organa terbuka. Bentuk terowongan ini menyebabkan udara terperangkap, sehingga energi akustik di dalam maupun di luar terowongan tetap bertahan. Energi ini menciptakan kebisingan yang cukup kuat dan dapat mengganggu kenyamanan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dikembangkan sistem penyerap suara menggunakan resonator Helmholtz dengan desain multidimensi. Tujuannya adalah untuk memperoleh desain resonator Helmholtz yang sederhana, sehingga mampu menyerap banyak frekuensi dan meningkatkan transmisi yang hilang dengan variasi dimensi, ukuran, posisi, serta jumlah resonator. Dengan adanya variasi dimensi ini, diharapkan resonator dapat meningkatkan rentang frekuensi dari yang awalnya hanya satu frekuensi.

Simulasi dilakukan menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan analisis Harmonic Acoustic. Simulasi ini menggunakan model terowongan berbentuk pipa terbuka. Untuk mengetahui karakteristik penyerapan suara, dibuat pemodelan awal resonator Helmholtz dengan jumlah resonator sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 buah, masing-masing dengan panjang 1000 mm. Dalam simulasi ini, resonator Helmholtz diasumsikan sebagai benda kaku, tidak ada gelombang gangguan dari luar, dan material resonator diabaikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi penyerapan model simulasi memiliki persentase kesalahan di bawah 10%. Peningkatan jumlah resonator seragam menyebabkan nilai transmisi yang hilang menjadi semakin besar, tetapi hanya efektif pada satu frekuensi saja. Ketika menggunakan ukuran yang tidak seragam, penyerapan terjadi pada banyak frekuensi namun transmisi yang hilangnya tidak terlalu tinggi. Selain itu, ukuran penampang pipa juga berpengaruh. Ukuran pipa yang besar atau tidak sebanding dengan resonator mengakibatkan energi masuk menjadi besar, sehingga penyerapan yang terjadi kecil.

Kata kunci : Kebisingan, Terowongan, Resonator Helmholtz, Distribusi Tekanan Suara, Transmisi yang Hilang