

IDENTIFIKASI PENGARUH GELOMBANG DAN BUNYI PADA FENOMENA MENDENGAR

Hartati Kartika Br Sihotang¹, Judha Stepanus Karo Karo², Kartini Anggi Agata
Sihotang³, Vipta Nova Simbolon⁴, Rajo Hasim Lubis⁵

Universitas Negeri Medan, Indonesia^{1,2,3,4,5}
viptasimbolon@mhs.unimed.ac.id*

Abstract: *Identification of the influence of waves and sound on hearing phenomena. Hearing is a complex process involving transforming physical energy from sound waves into neural signals processed by the brain. This study aims to gain a deeper understanding of how sound waves affect the human hearing process, focusing on the mechanisms of physical energy transfer, energy conversion into neural signals, and its implications in daily life. Using a literature review approach, this research examines the physical characteristics of sound waves, the auditory system's energy transfer process, and the resonance's role in enhancing sound transmission efficiency. The findings reveal the critical importance of elasticity and resonance in optimizing the auditory organs' function, particularly in converting sound energy into signals the brain can recognize. These results open opportunities for the development of more effective hearing technologies, such as advanced hearing aids and mobile sound-based applications, which can assist individuals with hearing impairments. This study not only deepens our understanding of the physical mechanisms of hearing but also provides a foundation for innovations aimed at improving auditory experiences and communication for many people.*

Keywords: *energy transduction; hearing; resonance; sound waves.*

Abstrak: **Identifikasi pengaruh gelombang dan suara terhadap fenomena pendengaran.** Pendengaran adalah proses kompleks yang melibatkan transformasi energi fisik dari gelombang suara menjadi sinyal saraf yang diproses oleh otak. Penelitian ini bertujuan untuk memahami lebih dalam bagaimana gelombang suara mempengaruhi proses pendengaran manusia, dengan fokus pada mekanisme transfer energi fisik, konversi energi menjadi sinyal saraf, serta dampaknya dalam kehidupan sehari-hari. Menggunakan pendekatan studi literatur, penelitian ini mengkaji karakteristik fisik gelombang suara, proses transfer energi di organ pendengaran, serta peran resonansi dalam meningkatkan efisiensi transmisi suara. Hasilnya mengungkapkan betapa pentingnya elastisitas dan resonansi dalam memaksimalkan fungsi organ pendengaran, terutama dalam mengubah energi suara menjadi sinyal yang bisa dikenali oleh otak. Temuan ini membuka peluang bagi pengembangan teknologi pendengaran, seperti alat bantu dengar yang lebih efektif dan aplikasi mobile berbasis suara yang dapat membantu individu dengan gangguan pendengaran. Penelitian ini tidak hanya memperdalam pemahaman tentang mekanisme fisik pendengaran, tetapi juga memberikan dasar bagi inovasi dalam meningkatkan pengalaman pendengaran dan komunikasi bagi banyak orang.

Kata kunci: gelombang suara; pendengaran; resonansi; transduksi energi.

PENDAHULUAN

Suara memiliki peran penting dalam mendukung berbagai aktivitas manusia, terutama dalam komunikasi. Kemampuan manusia untuk mendengar suara bergantung pada proses yang melibatkan gelombang suara, organ pendengaran, dan otak sebagai pusat interpretasi. Pemahaman yang mendalam tentang proses ini tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam bidang kesehatan dan teknologi pendengaran. Gelombang suara sebagai komponen utama dari proses pendengaran menjadi salah satu fokus penelitian ini, karena memiliki karakteristik yang menentukan persepsi manusia terhadap bunyi.

Sebagai salah satu jenis gelombang mekanis longitudinal, suara memerlukan media seperti udara, cairan, atau padatan untuk merambat. Frekuensi gelombang suara menentukan tinggi-rendahnya nada, sementara amplitudo memengaruhi keras-lemahnya bunyi yang diterima oleh telinga. Gelombang suara yang dapat didengar manusia berada pada rentang frekuensi 20 Hz hingga 20.000 Hz, dengan sensitivitas maksimum pada frekuensi 1.000–4.000 Hz. Karakteristik fisik dari gelombang ini memberikan dasar untuk memahami bagaimana organ pendengaran manusia bekerja dalam menangkap, memperkuat, dan memproses suara. Oleh karena itu, organ pendengaran manusia menjadi variabel kunci kedua dalam penelitian ini, mengingat perannya yang vital dalam proses transformasi energi gelombang menjadi sinyal yang dapat diinterpretasikan oleh otak.

Organ pendengaran manusia terdiri dari telinga luar, tengah, dan dalam, yang bekerja secara sinergis untuk mendukung proses pendengaran. Telinga luar bertugas menangkap gelombang suara dan mengarahkan energi ke membran timpani, yang kemudian menggetarkan tulang-tulang kecil di telinga tengah untuk memperkuat sinyal. Telinga dalam, khususnya koklea, berperan dalam mengubah energi mekanis menjadi impuls listrik yang diteruskan ke otak melalui saraf pendengaran. Proses ini menunjukkan bahwa organ pendengaran tidak hanya berfungsi secara mekanis, tetapi juga melibatkan interaksi bioelektrik yang kompleks.

Namun, proses pendengaran tidak berhenti pada organ pendengaran saja, melainkan berlanjut ke otak, yang menjadi variabel ketiga dalam penelitian ini.

Di dalam otak, impuls listrik yang diterima dari koklea diolah oleh korteks pendengaran untuk menghasilkan persepsi bunyi yang bermakna. Proses neurofisiologis ini menunjukkan tingkat kerumitan yang tinggi, di mana setiap tahapan berkontribusi pada kemampuan manusia untuk membedakan nada, intensitas, dan sumber bunyi. Hubungan yang erat antara gelombang suara, organ pendengaran, dan proses di otak menciptakan sistem yang saling terkait, yang sayangnya belum sepenuhnya dipahami. Permasalahan ini menjadi dasar penelitian, mengingat masih terbatasnya kajian yang secara komprehensif mengintegrasikan aspek fisika gelombang dengan fisiologi pendengaran.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi penting, tetapi belum menyentuh aspek integrasi fisika dan biologi secara mendalam. Sebagai contoh, penelitian oleh Munzel et al. (2019) menunjukkan dampak kebisingan pada sistem saraf pusat, sementara studi Yuniartika et al. (2021) menjelaskan manfaat terapi berbasis suara pada kesehatan mental. Meski demikian, studi-studi ini lebih terfokus pada aspek parsial tanpa mengaitkan secara rinci bagaimana karakteristik gelombang memengaruhi fungsi fisiologis organ pendengaran. Oleh karena itu, penelitian ini berusaha mengisi kesenjangan dengan mengkaji mekanisme pendengaran secara holistik.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya pemahaman multidisiplin tentang interaksi antara gelombang suara dan sistem pendengaran manusia. Pengetahuan ini tidak hanya memberikan kontribusi teoritis, tetapi juga berpotensi mendukung inovasi teknologi di bidang kesehatan pendengaran. Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh gelombang dan suara terhadap proses pendengaran manusia, dengan fokus pada mekanisme transfer energi fisik, transduksi energi menjadi sinyal saraf, serta implikasi teoritis dan praktis yang dapat dihasilkan dari temuan ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi literatur untuk mengkaji pengaruh gelombang suara terhadap proses pendengaran dari sudut pandang fisika. Data diperoleh dari jurnal dan buku ilmiah terkini yang membahas sifat fisik gelombang suara, seperti frekuensi, amplitudo, kecepatan, dan pola perambatan. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu karakteristik gelombang suara, transfer energi fisik, serta resonansi dan penguatan energi. Karakteristik gelombang suara dikaji melalui parameter fisika seperti amplitudo dan frekuensi yang memengaruhi perambatan energi. Transfer energi fisik dianalisis pada proses perambatan gelombang dari medium udara menuju membran timpani, sedangkan resonansi dan penguatan energi difokuskan pada peran osikel dan koklea dalam mengoptimalkan getaran mekanis. Hasil sintesis temuan digunakan untuk menjelaskan hubungan antara parameter fisik gelombang suara dan efektivitas transfer energi dalam sistem pendengaran manusia. Seluruh proses dilakukan secara sistematis dengan menggunakan prinsip-prinsip fisika akustik dan perangkat pengelola referensi seperti Mendeley untuk memastikan keakuratan dan validitas data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telinga manusia merupakan organ vital yang berperan tidak hanya sebagai alat pendengaran, tetapi juga sebagai organ keseimbangan. Organ ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam proses pendengaran. Telinga luar bertugas untuk menangkap gelombang suara, yang kemudian disalurkan ke gendang telinga. Gelombang suara ini akan menyebabkan gendang telinga bergetar, yang selanjutnya mengaktifkan rangkaian proses transmisi suara menuju telinga bagian dalam (Rahmat, Kholifah, & Mannan, 2023).

Telinga tengah, yang terdiri dari gendang telinga dan tiga tulang pendengaran (palu, landasan, dan sanggurdi), memainkan peran penting dalam memperkuat dan meneruskan getaran suara yang diterima oleh gendang telinga.

Proses ini disebut amplifikasi suara. Telinga tengah juga mengandung tuba Eustachius, sebuah saluran yang menghubungkan telinga tengah dengan rongga hidung dan bertugas mengatur tekanan udara dalam telinga tengah agar tetap seimbang dengan tekanan udara luar. Fungsi tuba Eustachius sangat penting untuk memastikan transmisi suara yang efektif, mencegah kerusakan pada gendang telinga akibat perbedaan tekanan, dan mengoptimalkan pendengaran (Mualimah, 2023).

Setelah gelombang suara diteruskan ke telinga tengah, getaran tersebut mencapai telinga dalam, tepatnya koklea, yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi impuls listrik. Proses ini terjadi melalui interaksi antara sel-sel rambut di koklea yang merespons getaran suara dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik ini kemudian dikirimkan melalui saraf pendengaran menuju otak untuk diproses. Otak akan menginterpretasikan sinyal tersebut sebagai suara yang dapat dikenali, memungkinkan manusia untuk mendengar suara dan memahami maknanya (Sriyansyah & Anwar, 2021).

Proses pendengaran ini dapat dipahami melalui prinsip-prinsip fisika, khususnya gelombang suara dan elastisitas. Gelombang suara adalah gelombang longitudinal yang dihasilkan dari kompresi dan ekspansi molekul dalam medium gas, cair, atau padat. Gelombang ini kemudian merambat melalui udara sebagai gelombang tekanan yang akan diterima oleh telinga luar. Rentang frekuensi suara yang dapat dideteksi oleh telinga manusia berkisar antara 20 Hz hingga 20.000 Hz, yang disebut sebagai rentang pendengaran. Namun, seiring bertambahnya usia, kemampuan untuk mendengar suara dengan frekuensi tinggi dapat menurun, biasanya di bawah 10.000 Hz (Zizlavsky, 2021).

Dalam proses pendengaran, dua aspek yang penting adalah volume dan pitch suara. Volume suara berhubungan dengan energi gelombang suara, sementara pitch berhubungan dengan frekuensi gelombang suara. Sebagai contoh, suara dengan frekuensi tinggi akan terdengar sebagai suara yang memiliki pitch tinggi, sementara suara dengan amplitudo lebih besar akan terasa lebih keras. Untuk memahami ini, penting untuk mengkaji bagaimana telinga

merespons gelombang suara berdasarkan frekuensi dan amplitudo tersebut, serta bagaimana proses ini berhubungan dengan elastisitas dan resonansi dalam struktur telinga (Finahari, 2021).

Koklea memiliki frekuensi resonansi dasar sekitar 4 kHz, yang memungkinkan telinga manusia untuk merespons suara dengan frekuensi dalam rentang tersebut. Resonansi ini berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi penangkapan suara pada frekuensi tertentu. Setelah gelombang suara mencapai koklea, perbedaan impedansi antara udara dan cairan di dalam koklea harus diatasi agar gelombang suara dapat diteruskan dengan efektif. Proses ini memungkinkan suara diteruskan dalam bentuk energi mekanik yang lebih besar, yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh otak (Apriansyah, Hayuningrum, Candra, & Kurniawati, 2024).

Elastisitas juga berperan dalam proses pendengaran, khususnya pada bagian telinga luar yang terbuat dari tulang rawan elastis. Elastisitas ini memberikan kemampuan bagi telinga luar untuk mempertahankan bentuknya meskipun mengalami tekanan atau tarikan. Tulang rawan elastis ini juga ditemukan pada bagian tubuh lain yang membutuhkan kelenturan dan kekuatan, seperti pada laring, hidung, dan trakea. Fungsi utama dari tulang rawan elastis adalah untuk memastikan bahwa organ-organ tersebut dapat kembali ke bentuk semula setelah mengalami perubahan bentuk (Ariyadi et al., 2024).

Sistem pendengaran manusia dapat dibagi menjadi dua bagian utama: sistem pendengaran perifer dan sistem pendengaran pusat. Sistem pendengaran perifer terdiri dari telinga luar, telinga tengah, dan telinga dalam, yang berfungsi untuk menangkap, menguatkan, dan mengirimkan gelombang suara ke otak. Setelah suara diproses di telinga dalam, sinyal listrik yang dihasilkan dikirimkan melalui saraf pendengaran ke batang otak. Di batang otak, energi listrik ini akan diteruskan ke korteks serebral yang terletak di wilayah gyrus temporal superior, di mana proses pengolahan suara lebih lanjut terjadi (Rahmat et al., 2023).

Pada tahap selanjutnya, informasi suara yang telah diproses oleh otak akan diterjemahkan menjadi pengalaman pendengaran yang dapat dikenali. Di korteks serebral, otak tidak hanya

mengidentifikasi suara, tetapi juga memberi makna pada suara tersebut. Ini memungkinkan manusia untuk merasakan dan memahami berbagai jenis suara, seperti suara musik, percakapan, atau suara alam. Pendengaran memungkinkan manusia untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, berkomunikasi dengan orang lain, dan memperoleh informasi yang sangat penting untuk bertahan hidup (Mardiyah et al., 2024).

Dalam penelitian ini, fokus utama adalah pada bagaimana proses pendengaran dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk teknologi yang dapat meningkatkan kemampuan pendengaran dan pemahaman suara. Salah satu aspek yang menarik adalah bagaimana teknologi dapat digunakan untuk memperbaiki atau mendukung fungsi pendengaran manusia, terutama pada individu yang mengalami gangguan pendengaran atau kesulitan mendengar pada frekuensi tertentu (Sarah Aisya Erdiana, 2021).

Teknologi yang digunakan untuk membantu proses pendengaran termasuk alat bantu dengar dan teknologi pengolahan suara yang dapat meningkatkan kualitas dan kejelasan suara yang diterima oleh pengguna. Alat bantu dengar, misalnya, dapat memperkuat suara pada frekuensi tertentu, sehingga individu dengan gangguan pendengaran dapat mendengar lebih jelas. Penelitian tentang pengaruh alat bantu dengar terhadap kemampuan pendengaran dan pemahaman suara menjadi penting dalam konteks ini, karena alat tersebut berperan dalam meningkatkan kualitas hidup individu dengan gangguan pendengaran (Finahari, 2021).

Selain itu, pengaruh teknologi mobile juga patut diperhatikan dalam konteks penelitian ini. Mobile learning, yang semakin berkembang pesat, dapat berperan dalam mendukung pembelajaran melalui pengolahan dan transmisi suara secara digital. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk belajar dengan menggunakan perangkat mobile, yang mengintegrasikan suara dalam berbagai konteks pendidikan. Penelitian yang berfokus pada bagaimana teknologi mobile dapat mendukung proses pendengaran, baik dalam pendidikan maupun dalam kehidupan sehari-hari, menjadi sangat relevan untuk meningkatkan kualitas

pengalaman pendengaran bagi berbagai kalangan (Sriyansyah & Anwar, 2021).

Proses pendengaran yang optimal dapat ditingkatkan dengan penggunaan teknologi yang sesuai, yang memungkinkan individu untuk lebih memahami dan merespons suara dengan lebih baik. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana teknologi dapat mengatasi masalah pendengaran pada individu dengan gangguan pendengaran, serta bagaimana teknologi tersebut dapat meningkatkan kualitas pendengaran bagi semua orang, termasuk mereka yang memiliki kemampuan pendengaran normal (Mualimah, 2023).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang lebih efektif dalam mengatasi gangguan pendengaran, serta meningkatkan pemahaman suara melalui penggunaan teknologi yang lebih canggih. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi teknologi dalam mendukung peningkatan kualitas hidup melalui pendengaran yang lebih baik (Apriansyah et al., 2024). Sebagai contoh, penggunaan aplikasi berbasis mobile yang menggabungkan teknologi pengolahan suara dapat membantu individu untuk lebih mudah berinteraksi dan berkomunikasi dengan orang lain dalam berbagai situasi (Zizlavsky, 2021).

Dengan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana telinga manusia bekerja dan bagaimana teknologi dapat digunakan untuk memperbaiki atau meningkatkan pendengaran, diharapkan dapat tercipta inovasi yang lebih bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan pendengaran manusia. Inovasi ini dapat mencakup perangkat bantu dengar yang lebih canggih, aplikasi mobile yang mendukung pembelajaran berbasis suara, serta teknologi lain yang dapat mendukung pengalaman pendengaran yang lebih baik di berbagai konteks kehidupan (Sarah Aisya Erdiana, 2021).

KESIMPULAN

Proses pendengaran melibatkan mekanisme transfer energi fisik, di mana gelombang suara diterima oleh telinga luar, diperkuat oleh tulang pendengaran di telinga tengah, dan menggerakkan cairan di koklea untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Sinyal listrik ini diteruskan melalui saraf pendengaran ke batang otak dan diproses di korteks serebral, memungkinkan manusia untuk memahami suara. Temuan ini menunjukkan pentingnya elastisitas dan resonansi dalam struktur telinga untuk efisiensi transmisi suara. Secara teoritis, penelitian ini memperkuat pemahaman tentang transduksi energi dalam sistem pendengaran. Implikasi praktisnya mencakup pengembangan teknologi bantuan pendengaran, seperti alat bantu dengar dan aplikasi mobile, yang dapat meningkatkan pemahaman suara, terutama bagi individu dengan gangguan pendengaran. Penelitian ini memberikan dasar untuk inovasi dalam teknologi pendengaran dan pembelajaran berbasis suara, yang dapat meningkatkan kualitas komunikasi dan pengalaman pendengaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Alqudah, S. (2019). The effect of noise exposure on the vestibular systems of dental technicians. *Noise & Health*, 21, 223–231.
- Ananda, C. R., Nidhiawati, N., Puspita, N. A., Pinasti, P. R. E., & Ariani, L. D. D. (2024). Analisis anatomi dan fisiologi sistem indera pendengaran. *Student Research Journal*, 2(3), 41–49.
- Apriansyah, W., Hayuningrum, E. A., Candra, S. R., & Kurniawati, W. (2024). Peran bunyi dalam bidang kedokteran. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(12).
- Azzahri, L., & Indriani, R. (2019). Faktor-faktor yang berhubungan dengan keluhan pendengaran pada pekerja di bagian produksi di PT. Hervenia Kampar Lestari. *PREPOTIF Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(2), 9–22.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Depkes RI. (2013). *Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2013*. Jakarta: Balitbangkes.
- Babisch, W. (2013). Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise & Health*, 5(18), 1–11.
- Dewi, N. A. K., Siti, N., & Sukarmin. (2015). Pengembangan modul fisika berbasis REACT pada materi alat optik. *Jurnal Inkuiri*, 4(2), 47–56.
- Darmawan, D., & Djaelani, M. (2021). Correlation of work stress and performance of construction project managers. *ARRUS Journal of Engineering and Technology*, 1(2), 55–59.

- Eryani, Y., Wibowo, C., & Saftarina, F. (n.d.). Faktor risiko terjadinya gangguan pendengaran akibat bisung. *Medula*, 7(4), 112–117.
- Finahari, N. (2021). Developing the firm mosque model as a public health institution through the implementation of psychoacoustic on loudspeaker systems. *GANDRUNG: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 115–129.
- Kirchner, D. B., Evenson, E., Dobie, R. A., Rabinowitz, P., Crawford, J., Kopke, R., & Hudson, T. W. (2012). Occupational noise-induced hearing loss: ACOEM Task Force on Occupational Hearing Loss. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 54(1), 106–108.
- Kustaman, R. (2018). Bunyi dan manusia. *Protvf*, 1(2), 117–124.
<https://doi.org/10.24198/ptvf.v1i2.19871>
- Lili, I. (2012). Fisika medik: Proses pendengaran. *Journal of Medical Physics*, 36(2), 155–162.
- Mardikaningsih, R., Gunawan, A., Darmawan, D., & Karina, A. (2015). *Manajemen, teknologi, dan bisnis*. Jakarta: Addar Press.
- Mualimah, M. (2023). Keterampilan proses sains siswa melalui penerapan metode praktikum guided inquiry berbasis mind mapping pada materi sistem indera. (Doctoral dissertation, IAIN Kudus).
- Rahmat, M., Kholifah, N., & Mannan, M. (n.d.). *Konsep dasar IPA*.
- Rossalia, D. (2019). Perubahan respons pendengaran karena pemakaian earphone. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 21(1), 20–31.
- Sriyansyah, S. P., & Anwar, K. (2021). Pembelajaran gelombang bunyi menggunakan alat musik suling dan gawai pada pelajaran IPA SMP di masa pandemi COVID-19. *Journal of Natural Science and Integration*, 4(2), 175.
- Yasid, A., Yushardi, & Handayani, D. (2016). Pengaruh frekuensi gelombang bunyi terhadap perilaku lalat rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Pendidikan Fiskian*, 5(2), 190–196.