



PEMODELAN DINDING BAGIAN LUAR ANTI-BISING SECARA KONTINU, BERBASIS GELOMBANG BERDIRI

Bambang Murdaka Eka Jati* (Departemen Fisika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia)

Siti Nurhidayati (Departemen Fisika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia)

Johanes Bosco Gading Windyatmo (Departemen Fisika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia)

*e-mail: b_murdaka@ugm.ac.id (corresponding author).

Abstrak-Penelitian ini dilatarbelakangi oleh upaya untuk dapat membuat sistem anti-bising yang bersifat kontinu, permanen, dan bermanfaat sebagai peredam bising baik pada siang atau malam hari. Metode penelitian dilakukan dengan meletakkan sumber bunyi (*loudspeaker*) di depan samping penerima bunyi (dB-meter) pada jarak tetap. Di antara sumber bunyi dan penerima bunyi diletakkan dinding berongga, yang jarak antardinding tersebut divariasi. Sumber bunyi pada nilai taraf intensitas (TI) yang bernilai tetap tetapi frekuensinya divariasi, dan TI bunyi di lokasi penerima (sebagai model pendengar) diukur dengan dB-meter. Itu dilakukan dengan menggunakan rongga antar-dinding sebagai jebakan bising baik dalam kondisi terbuka maupun tertutup. Hasilnya, pada frekuensi 2.000 hingga 4.000 Hz terdapat pemerosotan TI yang signifikan pada lebar jebakan antara 11,0 hingga 21,0 cm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jebakan bunyi berbasis gelombang berdiri dapat dimanfaatkan sebagai alternatif anti-bising pada sistem bangunan hunian pada frekuensi bunyi yang paling peka oleh indera pendengar manusia.

Kata-kata kunci: bising, jebakan, gelombang berdiri, siang dan malam hari

Abstract-This research is motivated by efforts to create an anti-noise system that is continuous, permanent, and useful as a noise reducer both during the day and night. The research method is carried out by placing the sound source (*loudspeakece*) in front of the sound receiver (dB-meter) at a fixed distance. Between the sound source and the sound receiver, a hallow wall is placed, where the distance between the walls is varied. The sound source has a fixed intensity level (TI) but the frequency is varied, and the TI of the sound at the receiving location (as a made listener) is measured with a dB-meter. This was done by using an inter-wall cavity as a noise trap in both open and closed conditions. As a result, at a frequency of 2,000 to 4,000 Hz there was a significant TI slump at a trap width of between 11.0 to 21.0 cm. These results show that standing wave-based sound traps can be used as an anti-noise alternative in residential building systems at sound frequencies that are most sensitive to the human hearing sense.

Keywords: noise, trap, standing wave, day and night

PENDAHULUAN

Adanya kemajuan teknologi dan bertambahnya jenis dan lama aktivitas manusia selain memberikan kebaikan dan kesejahteraan pada kehidupan masyarakat juga memberikan dampak yang merugikan bagi masyarakat (Nichols, 2019). Salah satu contoh dampak yang merugikan adalah bising yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Bising merupakan bunyi atau suara yang terlalu keras dan bersifat mengganggu pendengaran khalayak di sebuah lokasi. Sumber bising tersebut dapat berupa deru: kendaraan bermotor (di jalan raya), pesawat (di bandara), atau mesin industri (di kawasan industri). Besarnya efek bising terhadap ketaknyamanan penghuni di sebuah kawasan berkaitan dengan kelayakan huni sebuah kawasan (Maqbool, 2018). Hal tersebut berlandaskan Kepmenkes No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 (Jati, 2019).

Adanya landasan aturan tersebut maka berkembanglah sejumlah teknik untuk mengatasi bising dengan biaya semurah mungkin dengan cara sesederhana mungkin. Pada dua puluh tahun lalu, bising umumnya terjadi pada siang hari sehingga perambatan bising bersifat lurus tidak terbias. Cara mengatasinya, dibangun tanggul penghalang berbahan tanah yang terletak antara sumber bising dengan khalayak pendengarnya (Jati, 2007). Pada kondisi itu, energi bising diserap habis oleh tanggul penghalang.

Sejak tahun 2020, oleh adanya pandemi covid-19, aktivitas manusia WFH (*work from home*) yang terjadi di tempat kerja, tidak hanya pada siang hari melainkan juga pada sore atau malam hari. Selain itu, penghuni berada di rumah terjadi pada siang dan malam hari. Sejumlah aktivitas mulai banyak dikerjakan di rumah, sehingga rumah hunian wajib dijaga dari pengaruh bising, baik pada siang ataupun malam hari. Adapun cara untuk mengatasinya dengan memberikan jebakan sehingga bunyi bising menjadi gelombang berdiri di dalam jebakan pada dinding bangunan.

Terkait permasalahan di atas, penelitian ini ditujukan untuk tiga hal. **Pertama**, dibuat model peredam bunyi berdasar interferensi antara gelombang (bunyi) datang dengan gelombang (bunyi) pantulnya di sebuah rongga pada ukuran mini. **Kedua**, redaman bunyi oleh gelombang berdiri tersebut dikarakterisasi oleh pola pemerosotan intensitas (dinyatakan dalam TI) bunyi pada sejumlah nilai frekuensi bunyi (bising) terhadap lebar rongga. **Ketiga**, diperoleh prototipe perangkat alat edukasi (praktikum Fisika Dasar) tentang peredam bunyi oleh gelombang berdiri.

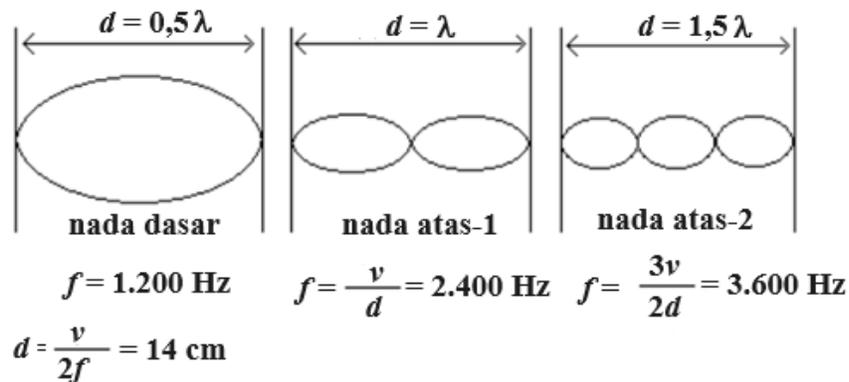
Telah dilakukan sejumlah topik penelitian oleh peneliti lain tentang teknik peredam bising, tetapi penelitian yang berdasar gelombang berdiri yang terjebak pada dinding bangunan dalam bentuk model belum penulis jumpai. Itu berarti topik riset ini masih ada unsur orisinalitasnya walau berdasar imbas dari karya peneliti lain sebelumnya. Bermula Jati et al. (2007) berhasil menentukan nilai koefisien serapan bunyi (α) pada bahan tanggul peredam bunyi. Diperoleh simpulan bahwa nilai α terbesar adalah bahan pasir yang disusul bahan tanah. Dalam penerapannya dengan bahan tanah lebih ekonomis dan praktis sebagai bahan tanggul peredam bunyi. Fathurrohman dan Supriyadi (2012) berhasil mengukur α dinding bangunan non-permanen. Penelitian dilanjutkan oleh Ghazaly dan Moaaz (2014) yang telah berhasil membuat peredam bunyi di sekitar kabin sehingga bunyi mesin mobil dan bunyi dari luar menjadi tidak terdengar. Jati et al. (2014) meneliti kelayakan lokasi untuk studi di FMIPA UGM dari faktor bising. Adapun Fan dan Guo (2015) berhasil membuat sistem peredam 3D pada knalpot dan senjata api (senpi) laras panjang. Akhirnya, Rajagukguk dan Sari (2018) berhasil mendeteksi bising pada kawasan 50 – 100 dB dengan dBmeter yang pemantauannya dikaitkan dengan teknologi informasi (TI).

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menempatkan rongga di antara sumber bunyi dengan pendengar sehingga terjadi resonansi dalam bentuk gelombang berdiri. Direncanakan pola resonansi tersebut dapat terjadi pada nada dasar, nada atas-1, dan nada atas-2. Hal tersebut melalui perhitungan bahwa pada kelajuan rambat bunyi di udara (ketika udara bersuhu kamar) v (340 m/s), dan hubungannya dengan panjang gelombang (λ), serta frekuensi (f) dinyatakan:

$$v = \lambda f \quad (1)$$

Keberadaan pola gelombang berdiri (sebagai gelombang transversal) bentuk kesetaraan dari bunyi yang sebenarnya berupa gelombang longitudinal, diperlihatkan pada Gambar-1.

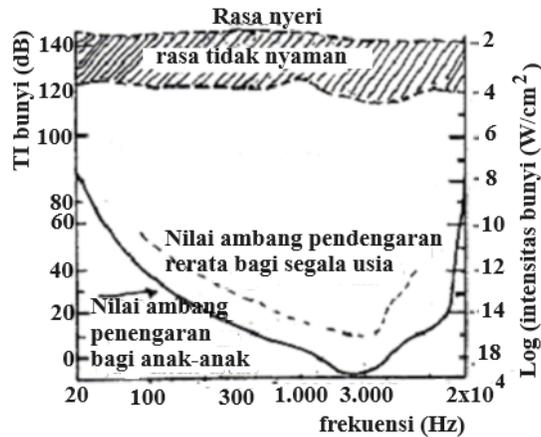


Gambar 1. Bagan peredaman bunyi “dianggap” sebagai gelombang transversal pada: nada dasar, nada atas-1, dan nada atas-2.

Adapun lebar rongga (d) dipilih untuk peruntukan sebagai peredam bunyi pada frekuensi antara 1.000 – 4.000 Hz. Kawasan itu dipilih sebab pendengaran pada telinga manusia berpendengaran normal paling peka berada pada kawasan frekuensi tersebut (Gambar-2). Berdasar alasan tersebut maka dengan memilih $d = 14 \text{ cm}$ dan mengacu persamaan (1) yang dikaitkan berturut-turut frekuensi: nada dasar (f_0), nada atas-1 (f_1), dan nada atas-2 (f_2) adalah:

$$f_0 = \frac{v}{2d}; f_1 = \frac{v}{d}; f_2 = \frac{3v}{2d} \quad (2)$$

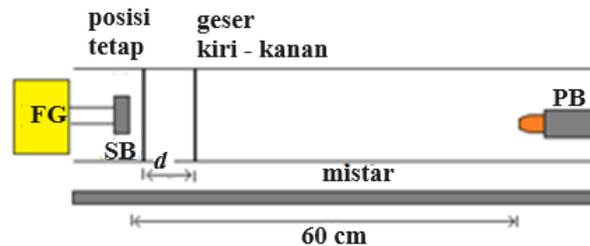
Dari persamaan (2), diperoleh pola resonansi gelombang berdiri yang nilainya berturut-turut: $f_0 = 1.200 \text{ Hz}$; $f_1 = 2.400 \text{ Hz}$; dan $f_2 = 3.600 \text{ Hz}$. Dari pernyataan itu, berarti pada sebuah lebar celah maka setidaknya dapat meredam bising pada 3 nilai frekuensi yaitu pada f_0 , f_1 , dan f_2 .



Gambar 2. Bagan kepekaan pendengaran orang normal pada umumnya terhadap nilai frekuensi bunyi (Jati, 2019).

Eksperimen ini melibatkan sejumlah alat dan bahan penelitian. Alat yang digunakan adalah *function generator* (FG) sebagai penghasil gelombang listrik, *loudspeaker* sebagai sumber bunyi (SB), dan dB-meter sebagai penerima bunyi (PB). Selain itu digunakan pula mistar gulung untuk mengatur jarak antarpapan pada rongga penjebak bunyi. Adapun bahan yang digunakan adalah bahan papan rongga yang berperan sebagai penerus bunyi (papan-1) dan pemantul bunyi (papan-2). Adanya papan-2 menyebabkan interferensi sebagai gelombang berdiri dapat terjadi, dan adanya papan-1 menyebabkan terbentuknya gelombang berdiri yang stabil. FG sebagai penghasil gelombang listrik maka nilai frekuensi gelombang itu dapat diatur dan dihasilkan bunyi yang terjadi pada SB. Adapun PB berperan sebagai pengukur taraf intensitas (TI) bunyi yang berasal dari SB.

Eksperimen ini (Gambar-3) dilakukan dengan menempatkan SB (terhubung dengan FG) dan berada pada jarak 60 cm dari PB. Di antara SB dengan PB ditempatkan dua papan (berjarak d) sebagai rongga resonator oleh gelombang berdiri. Ketika frekuensi bunyi oleh SB adalah f pada keras bunyi (TI) yang tetap, kemudian d divariasikan dan diukur TI pada PB maka hasil yang diperoleh berupa grafik antara TI fungsi d pada beragam nilai f . Hal tersebut dilakukan baik ketika sistem ruang tertutup maupun pada sistem berupa ruang terbuka, dan selanjutnya pola grafik dari kedua sistem tersebut dibandingkan.



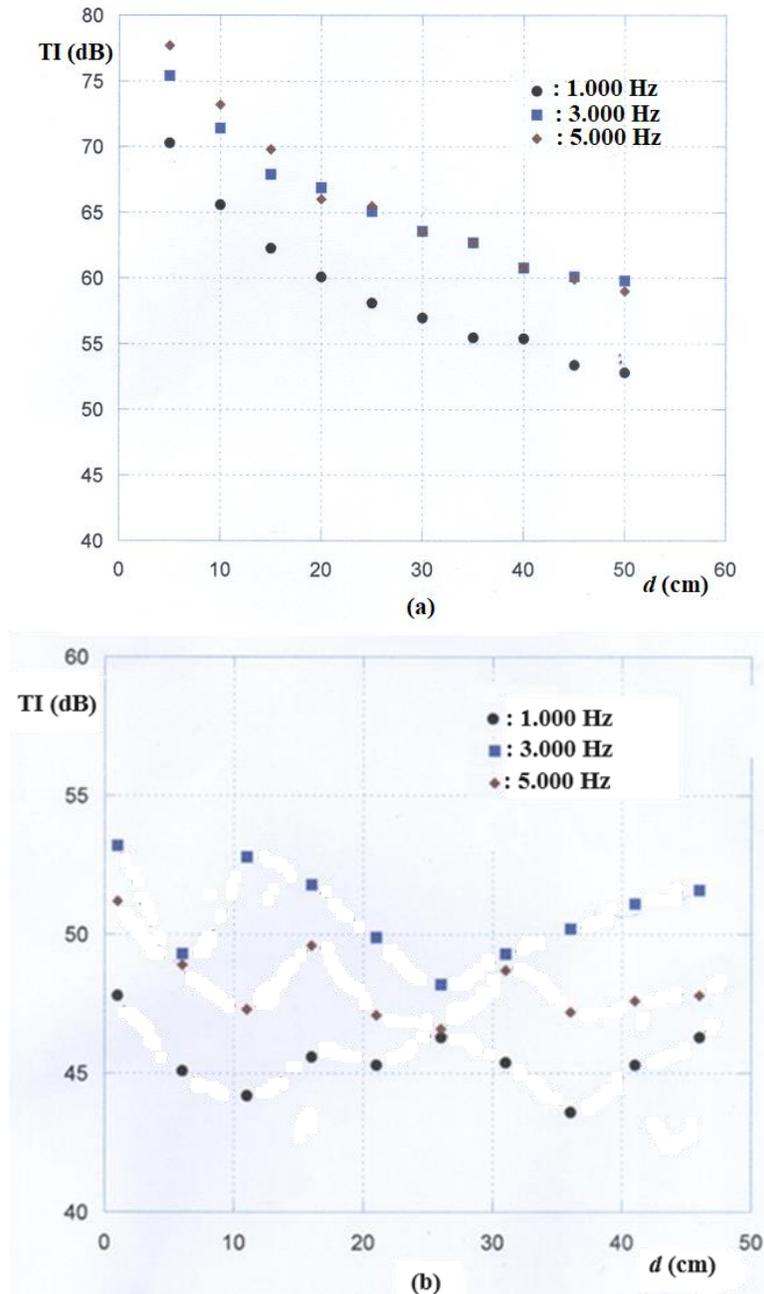
Gambar 3. Bagan eksperimen TI vs d pada beragam frekuensi bunyi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Setelah dilakukan eksperimen, nilai TI diterima PB pada beragam nilai d yang terjadi pada beragam frekuensi bunyi di SB pada ruang terbuka maka hasilnya berupa grafik TI vs d yang

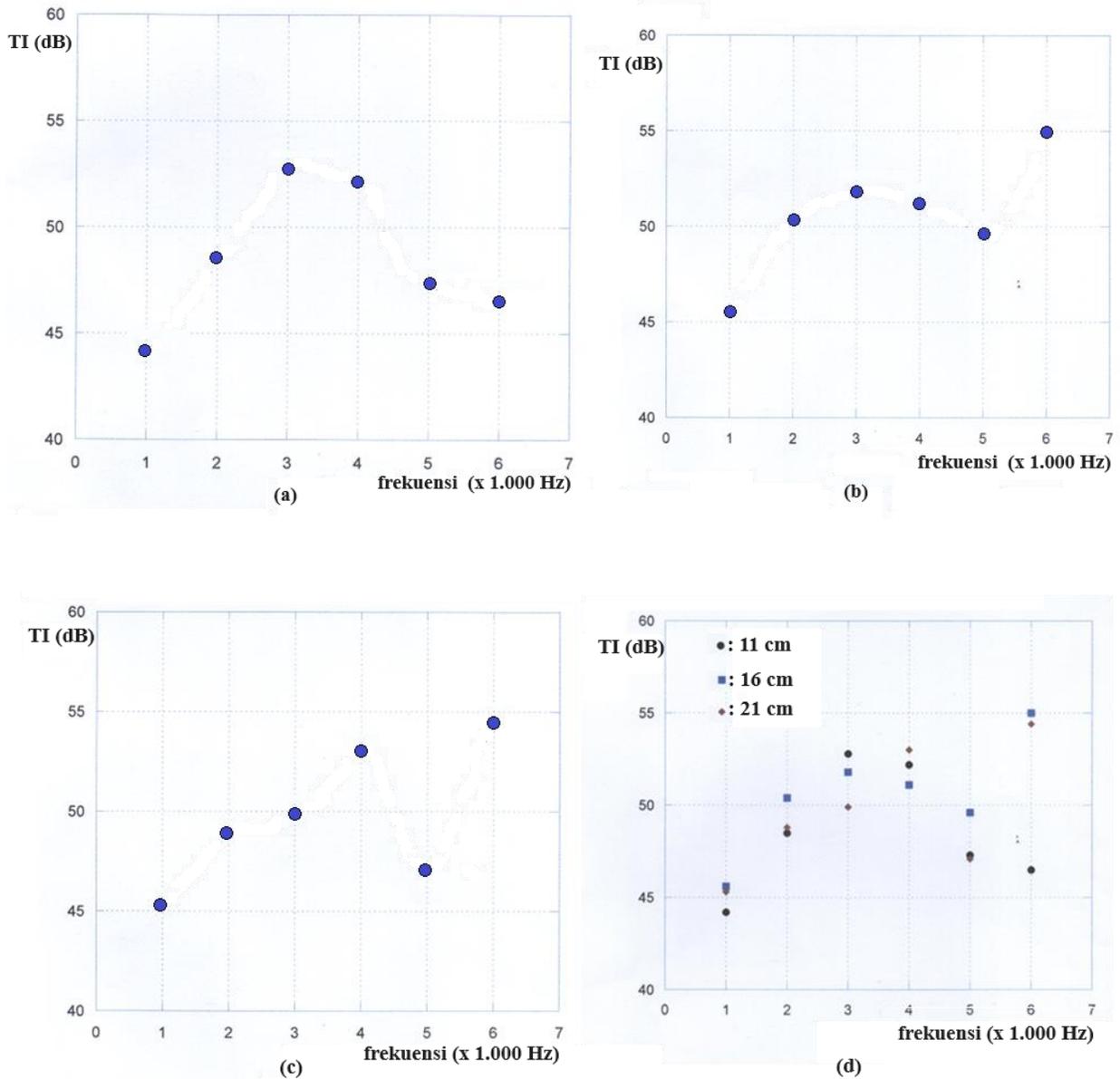
ditampilkan pada Gambar-4a. Adapun hasil eksperimen yang sama pada kondisi tertutup ditampilkan pada Gambar-4b. Adapun frekuensi yang dipilih adalah 1.000, 3.000, dan 5.000 Hz. Berikutnya, diambil sebuah nilai d secara khusus, dan diplot grafik TI vs f (Gambar-5). Nilai d secara khusus tersebut adalah $d = 11$ cm; 16 cm; dan 21 cm. Pemilihan itu dilakukan untuk mengetahui pemerosotan nilai TI oleh adanya gelombang berdiri.



Gambar 4. Plot grafik TI vs d pada sejumlah frekuensi bunyi, ketika ruang: (a) terbuka, dan (b) tertutup.

Berdasar Gambar 4.b, dilakukan pemilihan nilai d pada sejumlah frekuensi bunyi. Dipilih tiga nilai d , yaitu: 11 cm, 16 cm, dan 21 cm. Pemilihan nilai d tersebut bersesuaian dengan kawasan

frekuensi bising yang direncanakan (2.000 hingga 4.000 Hz) pada redaman berbasis gelombang berdiri. Diperoleh hasil bahwa setiap nilai d dapat memberikan setidaknya satu nilai frekuensi berpemerosotan ekstrim yang ditampilkan pada Gambar-5.



Gambar 5. Grafik TI vs frekuensi bising pada nilai d : (a) 11 cm, (b) 16 cm, (c) 21 cm, dan (d) gabungan antara ketiganya.

PEMBAHASAN

Hasil eksperimen di atas memperlihatkan bahwa pada kondisi ruang jebakan tertutup dari lingkungan (Gambar-4b) maka energi bunyi pada sejumlah frekuensi benar-benar terjebak dan nilai TI pun merosot. Untuk $d = 11$ cm memberikan frekuensi serapan resonansi gelombang berdiri sekitar 4.500 Hz, pada $d = 16$ cm sekitar 1.000 dan 5.000 Hz, serta pada $d = 21$ cm pada frekuensi kurang dari 1.000 Hz dan 5.000 Hz. Itu berarti bahwa pemerosotan tersebut berkaitan dengan

formulasi pada gelombang bunyi (persamaan (1) dan (2)) terkait keberadaan serapan resonansi bunyi oleh gelombang berdiri. Hal tersebut, secara detail diperlihatkan pada Gambar-5a,b,c,d.

SIMPULAN

Keberadaan rongga antardinding dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif upaya peredam bising yang bersifat kontinu dan permanen, serta fungsional untuk siang ataupun malam hari. Diharapkan teknik ini dapat diterapkan pada dinding bangunan yang berada di lokasi yang berdekatan dengan sumber bising.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Dekanat FMIPA UGM, Bapak Departemen Fisika dan Ketua Laboratorium Fisika Dasar yang telah memberi ijin terkait pemanfaatan sarana dan prasarana penelitian. Diucapkan terimakasih pula kepada rekan dosen di laboratorium Fisika Dasar yang telah memberi sejumlah masukan riset ini. Juga diucapkan terimakasih kepada rekan-rekan tendik (Pak Junadi, Pak Jamhari, dan Pak Supriyanto) yang telah memberikan layanan set-up alat ketika penelitian berlangsung. Topik penelitian ini, melibatkan 2 mahasiswa dan terkait dengan penelitian skripsi mahasiswa, serta pada paper ini berperan sebagai penulis-2 dan penulis-3.

DAFTAR PUSTAKA

- Fan, W.& Guo, LX., 2015, *An Investigation of Acoustic Attenuation Performance of Silencer with Mean Flow Based on Three-Dimensional Numerical Simulation*, Hindawi Publishing Corporation Journal, Vol. 2019, 12 pages, Shenyang
- Fatkhurrohman, M.A.& Supriyadi, 2012, *Tingkat Redaman Bunyi Suatu Bahan (Triplek, Gypsum dan Styrofoam)*, Vol.3 No.2, p. 138 – 143, Jurnal Fisika UNNES Semarang
- Ghazaly, NM., Moaaz, AO., 2014, *Current Research Trends in Sound Transmission Loss of Silencer*, Vol.11, p. 22 – 26, Journal of Mechanical and Civil Engineering, Qena ISSN: 2320-334X
- Jati, BME., 2019, *Pengantar Fisika Kedokteran (Mekanika, Fluida, Gelombang, Kalor)*, edisi-1, GMU Press, Yogyakarta
- Jati, BME., Irwanto & Hakim, L., 2007, *The Characterization of some Liquid and Solid State Medium to the Attenuation Intensity Level of Sound*, Proceeding 2nd JIPC, 6 – 8 September 2007, UGM, Yogyakarta
- Jati, BME., Mahmudah, A., & Putri, EMG., 2014, *The Detection of an Object Testing in Powder and Liquid Material Using Audio Sonic*, Prosiding Pertemuan Ilmiah HFI XXVIII, 26 April 2016, UAD Yogyakarta, ISSN: 0853-0823
- Jati, Putri, 2014, *Tingkat Kebisingan di MIPA Selatan dan Utara UGM*, skripsi S-1, Yogyakarta
- Maqbool, M., 2018, *An Introduction to Medical Physics*, 1st edition, Springer, Birmingham

Nichols, DH., 2019, *Physics for Technology*, 2nd edition, CRC Press, New York

Rajagukguk, J. & Sari, NE., 2018, *Detection System of Sound Noise Level Based on Condenser Microphone Sensor*, *Journal of Physics: Conf. Series* 970 (2018) 012025, IOP Publishing