

## ARTIKEL RISET

# Pengaruh Stack Berbahan Alami (Serat Nanas) Dan Non-Alami (Benang Wool) Pada Sistem Pendingin Termoakustik

Qonitatul Hidayah, Putih Asmara, Ikhsan Setiawan and Agung Bambang Setio Utomo\*

Received: 19 Feb., 2020 | Accepted: 21 Apr., 2020 | Published: 17 Aug., 2020 | DOI: 10.22146/jfi.v24i2.54333

## Ringkasan

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh *stack* bahan alami (serat nanas), dan *bahan non-alami* (*benang wool*) serta diberi penukar kalor tambahan yang dialiri air. Adapun Resonator yang digunakan berbentuk silinder dengan satu ujung tertutup, sedangkan ujung terbukanya dihubungkan dengan *loudspeaker* yang menyediakan gelombang bunyi (sistem *standing wave*).

Hasil yang diperoleh adalah bahwa telah terjadi perubahan suhu pada tandon di kiri-kanan *stack* serat nanas (bahan alami), atau benang wool (bahan non-alami) yang kemudian disebut tandon panas dan dingin. Penurunan suhu tandon dingin terbesar menggunakan jenis *stack* serat nanas (6 cm) dengan penurunan suhu sebesar  $(11,2 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$ , dan *stack* benang wool sebesar  $(13,6 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$ .

Dengan demikian telah terwujud sebuah pendingin termoakustik menggunakan *stack* serat nanas dan benang wool serta penukar kalor tambahan yang dialiri air dalam rangka meningkatkan kinerja sistem.

**Kata Kunci** : termoakustik; gelombang berdiri; bahan organik; sintesis; logam

## Abstract

Research has been conducted on variations in natural material stacks (fiber pineapple), and non-natural ingredients (wool yarn) and given an additional heat exchanger that is flowed through the air. While the resonators used are cylindrical with one closed end, while the open end is opened with a loudspeaker that provides sound waves (standing wave system).

The results obtained are changes that occur in the reservoir on the left - right pile of pineapple fiber (natural material), or wool yarn (non-natural material) which is then called a hot and cold reservoir. The biggest decrease in temperature of the cold reservoir uses a pineapple fiber stack type (6 cm) with a temperature reduction of  $(11.2 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$ , and a pile of wool yarn by  $(13.6 \pm 0.1) ^\circ\text{C}$ .

Thus a thermoacoustic cooler has been created using a pile of pineapple fiber and wool yarn as well as an additional heat exchanger flowing through the air in order to improve the benefit system.

**Keywords**: thermoacoustic; standing wave; organic matter; synthesis; metal

## Pendahuluan

Telah disebutkan di depan bahwa penelitian termoakustik ini bersifat bertahap dan berkelanjutan. Oleh karena itu penelitian yang diusulkan ini merupakan kesinambungan dari penelitian sebelum sebelumnya. Untuk itu perlu adanya inovasi dan

pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh pengusul dan kawan kawan [1, 2, 3, 4]. Pada penelitian terdahulu, pengusul dan kawan kawan telah membangun sebuah sistem pendingin termoakustik menggunakan resonator silindris (sistem Gelombang Tegak). Dalam hal ini telah diselidiki pengaruh variasi beberapa parameter terhadap perubahan suhu. Parameter parameter tersebut, a. n. variasi frekuensi [5], variasi posisi *stack* dalam silinder resonator [6], variasi diameter

\*Correspondence: [agungbambang@ugm.ac.id](mailto:agungbambang@ugm.ac.id)

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

†Equal contributor

resonator [7], dan variasi amplitudo bunyi [8] terhadap kinerja sistem termoakustik terutama pendinginan. Di samping itu juga telah diteliti pengaruh kinerja sistem menggunakan *stack* berpori sejajar berbahan logam maupun non-logam (plastik, kertas) [9] maupun bahan organik/alami [10, 11, 12]. Penelitian termoakustik selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *stack* berpori acak berbahan logam [13] maupun berbahan alami [14] dan penelitian difokuskan pada pendinginan yang dapat dicapai.

Dengan banyaknya parameter yang menentukan kinerja pendingin termoakustik, maka pada penelitian ini dibatasi yaitu pengaruh perubahan suhu dengan penggunaan *stack* berbahan alami (serat nanas) dan non-alami (benang wool) pada system Pendingin Termoakustik serta adanya penukar kalor tambahan yang dialiri cairan.

Dari uraian di atas, maka tujuan khusus dari penelitian ini adalah: meneliti pengaruh kinerja termoakustik dengan adanya *stack* berbahan alami (serat nanas) dan non-alami (benang wool) pada system Pendingin Termoakustik serta adanya penukar kalor tambahan yang dialiri cairan.

Meskipun pada dasarnya masih banyak parameter yang menentukan kinerja dan efisiensi pendingin termoakustik, antara lain: jenis dan tekanan gas, bahan *stack*, kinerja *loud-speaker*, konfigurasi resonator, dan lain-lain [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Dengan adanya penelitian yang bertahap dan berkesinambungan, diharapkan pada akhir tujuan jangka panjang yang ingin diperoleh adalah terwujudnya piranti pendingin termoakustik yang memiliki efisiensi tinggi sehingga layak diproduksi secara komersial dan masal.

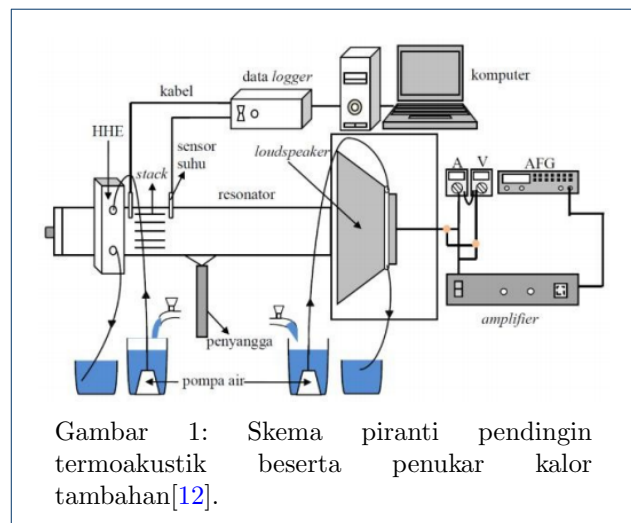
## Metodologi

Seperti telah disebutkan di Latar Belakang bahwa penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya secara bertahap dan berkesinambungan.

Setelah pengadaan bahan pembuat *stack* berbahan alami (serat nanas) dan non-alami (benang wool) untuk system Pendingin Termoakustik serta adanya penukar kalor tambahan yang dialiri cairan dapat dilanjutkan pada mempersiapkan penyusunan piranti pendingin termoakustik dan sistem pengukurannya. Menggunakan *stack* berbahan alami (serat nanas) atau non-alami (benang wool) pada system Pendingin Termoakustik (Gambar 1).

Susunan sistem terdiri dari: resonator silindris pipa PVC yang di dalamnya terdapat sebuah *stack* berbahan alami (serat nanas) atau non-alami (benang wool), yang berfungsi sebagai penukar kalor utama dan yang membentuk ruang di sebelah kanan *stack*

merupakan reservoir kanan (dingin) dan di sebelah kiri *stack* merupakan reservoir kiri (panas). Suhu kedua reservoir ini diukur masing-masing dengan menggunakan termometer digital yang terhubung dengan data *logger*. Dalam hal ini dapat teramati seberapa besar perubahan suhu reservoir dan seberapa besar beda suhu antara reservoir kanan (dingin) - reservoir kiri (panas) yang tertampil pada layar monitor komputer. Eksperimen selanjutnya dilakukan dengan memasang selang air pada penukar kalor tambahan (*hot heat exchanger* atau HHT) pada reservoir kiri (panas) dekat *stack* sebelah kiri. Dalam hal ini akan diamati seberapa besar perubahan suhu di kedua reservoir, sehingga dapat dibandingkan perubahan suhu dengan ada tidaknya penukar kalor tambahan tersebut.

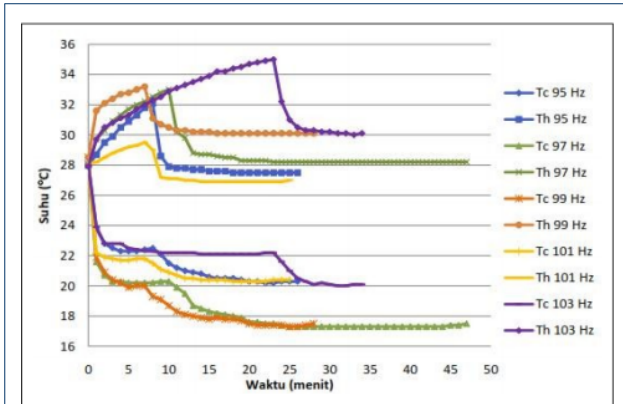


Dalam hal ini dapat teramati seberapa besar perubahan suhu tandon dan seberapa besar beda suhu antara tandon dingin-tandon panas. Analisis hasil, menunjukkan tahap kinerja piranti termoakustik ini dapat dilihat dari daya pendinginan yang dimilikinya dan tercermin dari seberapa besar penurunan suhu reservoir dingin yang dapat dicapainya. Oleh karena itu, data hasil eksperimen yang telah diperoleh akan dianalisis dengan metode grafik dalam bentuk grafik suhu yang memperlihatkan suhu pada reservoir dingin dan reservoir panas sebagai fungsi waktu. Dalam hal ini melukiskan proses penurunan suhu udara reservoir dingin (juga kenaikan suhu reservoir panas) dengan berjalannya waktu pengoperasian piranti, meliputi laju penurunan suhu dan seberapa besar penurunan suhu tersebut dicapai.

## Hasil dan Pembahasan

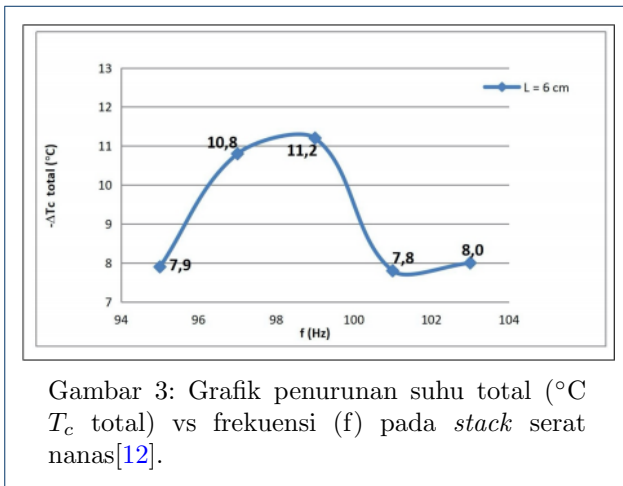
Penelitian sebelumnya untuk *stack* serat nanas sebagai *stack* bahan alami telah diteliti [12]. Hasil

penelitian dilakukan dengan memvariasi frekuensi pada serat nanas dengan panjang  $L = 6$  cm. Adapun frekuensi resonansi ( $97 \pm 1$ ) Hz dengan penurunan suhu maksimum ( $12 \pm 0,1$ ) °C (Gambar 2)



Gambar 2: Grafik penurunan suhu total (°C  $T_c$  total) vs waktu (t) pada *stack* serat nanas[12].

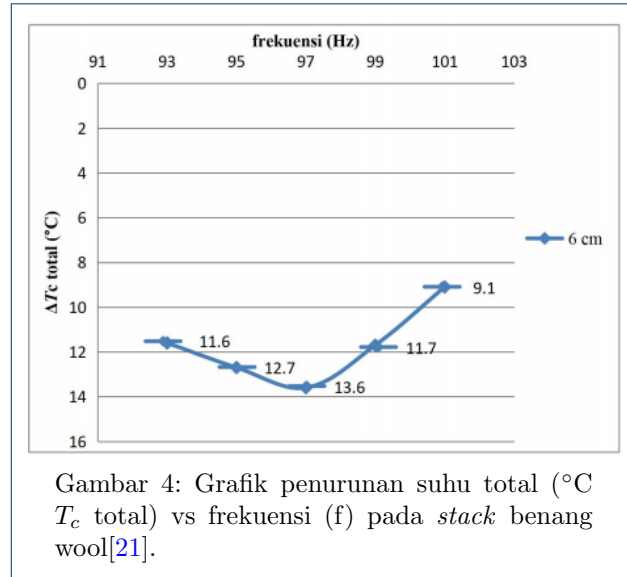
Terlihat adanya sedikit pergeseran frekuensi dengan adanya serat nanas, sedemikian sehingga dapatlah diperoleh frekuensi resonansi pada penurunan suhu maksimum. (Gambar 3) Sedangkan penelitian



Gambar 3: Grafik penurunan suhu total (°C  $T_c$  total) vs frekuensi (f) pada *stack* serat nanas[12].

Asmara[21] menunjukkan penurunan suhu maksimum *stack* benang wool (Gambar 4) untuk panjang  $L = 6$  cm sebesar ( $13,6 \pm 0,1$ ) °C dengan menggunakan CHE yang dipasang 35 cm dari *loudspeaker*. Penelitian ini menunjukkan bahwa *stack* benang wool menghasilkan penurunan suhu maksimum pada daya 60 W. Hasil tersebut menunjukkan penurunan suhu yang jauh lebih besar dibanding dengan penelitian sebelumnya.

Terlihat suhu tandon dingin turun drastis akibat tandon panas dialiri air melalui penukar kalor.



Gambar 4: Grafik penurunan suhu total (°C  $T_c$  total) vs frekuensi (f) pada *stack* benang wool[21].

Namun kebanyakan suhu tandon dingin setelah mengalami penurunan tersebut tampak kurang stabil (naik turun). Hal ini disebabkan karena setelah pengoperasian piranti termoakustik dalam jangka waktu tertentu, *stack* mengalami pengembangan sehingga basah. Akibatnya gelombang bunyi yang melewati *stack* mengalami gangguan sehingga juga mengganggu proses pemompaan kalor dari tandon dingin ketandon panas karena keberadaan air.

Pada detik pertama hingga detik tertentu, *hot heat exchanger* belum diberikan aliran air. Perubahan suhu pada saat piranti termoakustik dengan *hot heat exchanger* yang dialirkan air menurun namun akan naik kembali karena adanya aliran kalor balik. Pada penurunan tersebut *hot heat exchanger* mampu menunjukkan sifatnya, yaitu menurunkan suhu pada tandon dingin hingga tidak naik lagi, yang semula naik akibat adanya arus kalor balik dari tandon panas. Hal tersebut merupakan bukti bahwa *hot heat exchanger* mampu memberikan penurunan suhu secara optimal baik dari bagian panas maupun bagian dingin.

### Kesimpulan dan Saran

Hasil yang diperoleh adalah bahwa telah terjadi perubahan suhu pada tandon di kiri-kanan ***stack* serat nanas (bahan alami)**, atau ***benang wool (bahan non-alami)*** yang kemudian disebut tandon panas dan dingin.

Adapun penurunan suhu tandon dingin terbesar menggunakan jenis ***stack* serat nanas** (6 cm) dengan penurunan suhu sebesar ( $11,2 \pm 0,1$ ) °C. Sedangkan menggunakan ***stack* benang wool** (6 cm) sebesar ( $13,6 \pm 0,1$ ) °C.

Dengan demikian telah terwujud sebuah pendingin termoakustik menggunakan *stack* alami (serat nanas) dan non-alami (benang wool) serta penukar kalor tambahan yang dialiri air dapat meningkatkan kinerja sistem.

#### Saran

Sebagai saran perlu dilakukan optimalisasi penurunan suhu yang optimum dengan berbagai variasi (misal panjang *stack*, densitas *stack* dll)

#### PENULIS

1 Qonitatul Hidayah

Dari :

(1) Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

2 Putih Asmara

Dari :

(1) Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

3 Ikhsan Setiawan

Dari :

(1) Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

4 Agung Bambang Setio Utomo

Dari :

(1) Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

#### Pustaka

- Setiawan I, Utomo ABS, Andi RW, Guntur M. Laporan Penelitian Antar Bidang Ilmu: Rancang Bangun Piranti Termoakustik sebagai Pendingin dan Pemanas Udara secara Simultan. Yogyakarta: FMIPA, UGM; 2005.
- Ikhsan S, Susilowati, Santi, M E ABSU. Laporan Penelitian Dosen Muda. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada; 2006.
- Ikhsan S, Agung BSU, Andi RW, Guntur M. Rancang bangun piranti termoakustik sebagai pemompa kalor. *Sigma*. 2007;10(1):25–33.
- Setiawan I, Utomo ABS, Maruto G, Wijaya AR. Rancang Bangun Piranti Termoakustik sebagai Pemompa Kalor. *Sigma*. 2007;10(1).
- Elyanita M, Setiawan I, Utomo ABS. Pengaruh Peubah frekuensi dan posisi *stack* bahan kardus terhadap peubah suhu pada sistem termoakustik. *Jurnal Fisika Indonesia*. 2007;9(33).
- Romdhiah, Setiawan I, Setio UAB. Pengaruh Variasi Posisi *Stack* dan Frekuensi Gelombang Bunyi Terhadap Perbedaan Suhu pada Sistem Termoakustik dengan Bahan *Stack* Film. *Jurnal Fisika Indonesia*. 2006;10(31).
- Sampurna D, Setiawan I, Utomo A B S. tudi eksperimen untuk mengetahui pengaruh diameter tabung resonator silindris terhadap kinerja piranti termoakustik. *Jurnal Fisika Indonesia*. 2007;11(33).
- Zulheldi, Setiawan I, B SUA. Pengaruh Intensitas Bunyi, Jarak Letak *Stack* dan Diameter Tabung Resonator pada Piranti Termoakustik. *Jurnal Fisika Indonesia*. 2006;10(31).
- Kristiawan B. Pengaruh Bahan *Stack* berpori Lingkaran terhadap Perbedaan suhu pada Sistem Pendingin Termoakustik dengan Resonator Ujung Tertutup Satu [Skripsi S1]. Universitas Gadjah Mada; 2009.
- Farikah I, Ristanto S, Idrus H, Kaltsum U, Faisal A, Setiawan I, et al. No Title. *AIP Conf Proc*. 2012;.
- Putri EKN. Studi Pengaruh Penukar Panas Untuk Tandon Dinginan Panas Terhadap Kinerja Sistem Pendingin Termoakustik Menggunakan *Stack* Berbahan Gambas (Luffa Acutangula) [Skripsi S1]. Universitas Gadjah Mada; 2013.
- Hidayah Q. Pengaruh *Stack* berbahan Organik terhadap Perubahan Suhu pada Sistem Pendingin Termoakustik Gelombang Berdiri dan Gelombang Berjalan [Tesis Prodi S2]. Universitas Gadjah Mada; 2014.
- Achmadin WN. Studi Eksperimen untuk Mengetahui Pengaruh Ukuran Porositas dan Panjang Bahan *Stack* serta Keberadaan Hot Heat Exchanger terhadap kinerja Pendingin Termoakustik [Skripsi S1]. Universitas Gadjah Mada; 2013.
- Candraresita AF. Pengaruh Frekuensi Resonansi dan Panjang *Stack* pada Kinerja Pendingin Termoakustik Menggunakan *Stack* Berpori Acak Bahan Organik (Gambas) [Skripsi S1]. Universitas Gadjah Mada; 2013.
- Swift GW. Thermoacoustic Engines. *J Acoust Soc Am*. 1988;84:1145–1180.
- Swift GW. Thermoacoustics: A Unifying Perspective for Some Engines and Refrigerators. Los Alamos National Laboratory, Acoustical Society of America Published; 2002.
- Russell DA, Weibull P. Tabletop Thermoacoustic Refrigerator for Demonstration. *Am J Phys*. 2002;70:1231–1233.
- Zoontjens L, Howard CQ, Zander AC, Cazzolato BS. Development of a Low-Cost Loudspeaker-Driven Thermoacoustic Refrigerator. In: *Proceeding of Acoustics*. Busselton, Western Australia; 2005. .
- Tu Q, Gusev V, Bruneau M, Zhang C, Zhao L, Guo F. Experimental and Theoretical Investigation on Frequency Characteristic of Loudspeaker-driven Thermoacoustic Refrigerator. *Cryogenics*. 2006;45:739–746.
- Setiawan I, Mitrayana, Utomo ABS. Pengembangan Pendingin termoakustik Ramah Lingkungan Menggunakan Dua Buah *Stack*. In: 7th Basic Science National Seminar. Malang: Universitas Brawijaya; 2010. .
- Asmara P. Kinerja Piranti Pendingin Termoakustik Gelombang berdiri dan Gelombang berjalan menggunakan *Stack* Pori Acak [Tesis S2]. Universitas Gadjah Mada; 2014.