

PENGARUH FREKUENSI RESONANSI DAN PANJANG STACK PADA KINERJA PENDINGIN TERMOAKUSTIK MENGGUNAKAN STACK BERPORI ACAK BAHAN ORGANIK (GAMBAS)

Anastasia F. Candraresita*, Wahyu N. Achmadin*, I. Setiawan, Agung B.S. Utomo

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

* flowri.ch4n@gmail.com, wahyu.achmadin@gmail.com

ABSTRAK

PENGARUH FREKUENSI RESONANSI DAN PANJANG STACK PADA KINERJA PENDINGIN TERMOAKUSTIK MENGGUNAKAN STACK BERPORI ACAK BAHAN ORGANIK (GAMBAS)

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh frekuensi resonansi dan panjang *stack* berbahan organik gambas kering untuk mengetahui perbedaan suhu antara tandon panas dan tandon dingin serta penurunan suhu pada tandon dingin. Tabung resonator yang digunakan adalah tabung PVC dengan panjang 83 cm dan diameter 5,25 cm serta menggunakan tegangan input *loudspeaker* sebesar 10 volt. Untuk memperoleh nilai frekuensi optimal yaitu frekuensi pada penurunan suhu optimum, dilakukan variasi frekuensi dari 103 Hz sampai 113 Hz. Sedangkan untuk memperoleh panjang *stack* optimum, yaitu panjang *stack* pada penurunan suhu optimum, dilakukan variasi panjang *stack* dari 5 cm sampai 7 cm. Diperoleh hasil bahwa frekuensi optimum pada 103 Hz dengan penurunan suhu 4,7 °C dan panjang *stack* optimum 6 cm dengan suhu 5,3 °C.

Kata kunci: gambas, organik, *stack*, termoakustik

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF RESONANCE FREQUENCY AND STACK LENGTH ON THE PERFORMANCE OF A THERMOACOUSTICS DEVICE USING A NON- PARALLEL PORE STACK OF AN ORGANIC SUBSTANCE (GAMBAS)

The experiment of the influence of resonance frequency and stack length using an organic substance dried gambas stack to determine temperature difference between the hot and cold reservoirs and also the temperature decrease in cold reservoir has been done. The resonator tube is a PVC pipe with the tube length is around 83 cm and diameter is around 5.25 cm and also input voltage of the loudspeaker is around 10 Volt. To determine the optimum frequency, which is the frequency on the optimum temperature decreasing, it has been varied the frequency from 103 Hz to 113 Hz. While to determine the optimum length of stack, which is the length of stack on the optimum temperature decreasing, it has been varied the length of stack from 5 cm to 7 cm. As a result, the optimum frequency is 103 Hz with 4.7 °C drop in temperature and the optimum stack length is 6 cm with temperature decreasing of 5.3 °C.

Key words: squash, organic, stack, thermoacoustics

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan zaman, bunyi tidak hanya sesuatu yang terbentuk akibat suatu aktivitas tetapi juga sebagai gelombang

yang dapat mempermudah atau membantu kinerja manusia. Para ahli telah mempergunakan gelombang bunyi untuk menghasilkan energi, salah satunya adalah efek termoakustik, yaitu terjadinya pemanasan dan pendinginan.

Dilain pihak adanya perbedaan suhu dapat menghasilkan gelombang bunyi.

Fenomena termoakustik ditemukan oleh Higgins pada tahun 1777 dengan fenomena perbedaan suhu yang mampu menghasilkan bunyi dengan menggunakan pipa organa terbuka yang dipanasi oleh api hidrogen. Kemudian secara teori dikembangkan oleh Lord Reyleigh pada tahun 1887 yang menjelaskan terciptanya osilasi termoakustik akibat pengaruh dari fluks panas dan variasi densitas. Apabila sejumlah kalor dilepaskan ke udara saat terjadi kompresi (pemampatan) atau diserap saat terjadi ekspansi (pengembangan), akan terjadi vibrasi pada artikel-partikel udara. Russell dan Weibull (2002) telah mampu mewujudkan dan mengoperasikan mesin pendingin termoakustik dengan hasil beda suhu antara tandon panas dan tandon dingin sebesar 15 °C dalam waktu empat menit dari awal pengoperasian.

Adapun penggunaan teknologi pendingin (*cooling system*), seperti lemari pendingin dan alat pendingin ruangan semakin meningkat. Kita dapat menjumpai penggunaan alat ini pada perkantoran, area publik, pada transportasi sampai pada perumahan. Tidak dapat kita pungkiri bahwa peralatan ini mempunyai dampak yang negatif bagi kehidupan kita selain tentu saja terdapat dampak positif yang kita terima.

Termoakustik sendiri merupakan gabungan antara dua bidang ilmu, yaitu akustik dan termodinamika. Piranti termoakustik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu mesin kalor akustik (*thermoacoustic heat engine*) yang dapat membangkitkan gelombang akustik dengan adanya perbedaan suhu, dan pendingin termoakustik (*thermoacoustic refrigerator*) atau pompa kalor termoakustik (*thermo-acoustic heat pump*) yang dapat menghasilkan perbedaan suhu dengan menggunakan gelombang akustik (Setiawan, dkk., 2005). Piranti inilah yang diharapkan menjadi piranti alternatif yang lebih ramah lingkungan karena hanya menggunakan medium udara dan tentu saja lebih ekonomis daripada peralatan pendingin yang menggunakan medium gas tertentu. Oleh karena itu diperlukan penelitian berkelanjutan mengenai parameter yang berpengaruh pada peningkatan kinerja dari piranti ini sehingga diharapkan agar dapat digunakan untuk masyarakat umum.

Setiawan, dkk (2005) telah berhasil merancang dan membuat suatu piranti termokustik sebagai pendingin dan pemanas secara simultan. Elyanita (2006), melanjutkan penelitian mengenai posisi *stack* dalam pipa resonator agar diperoleh hasil yang maksimal. Hal ini diikuti oleh beberapa peneliti lain yang menggunakan beberapa variasi parameter agar diperoleh hasil yang optimal. Parameter tersebut dapat berupa panjang *stack* dan panjang aluminium foil sebagai penukar panas (Wagiyanti, 2007), penukar panas (*heat exchanger*) berupa pipa tembaga yang dialiri cairan yang bermacam jenis misalnya, air, air garam dan alkohol dengan densitas yang bervariasi (Peibriarti, 2011), penggunaan berbagai macam *stack* berpori melingkar (Kristiawan, 2009), penggunaan *stack* berpori tidak sejajar (Dyatmika, 2013; Murti, 2013; Achmadin, 2013).

Pada penelitian ini digunakan *stack* berbahan organik yang berasal dari bagian makhluk hidup, yaitu gambas kering dan pengaruh frekuensi resonansi tertentu dan panjang *stack* tertentu pada perubahan atau perbedaan suhu pada tandon panas dan tandon dingin piranti termoakustik. Untuk itu perlu diteliti frekuensi resonansi optimal dan panjang *stack* optimum, yaitu nilai frekuensi dan panjang *stack* pada penurunan suhu yang optimum, terhadap kinerja piranti termoakustik.

LANDASAN TEORI

Pada dasarnya gelombang terdiri dari rapatan dan renggangan sehingga gelombang tersebut pada medium udara akan menggetarkan molekul-molekul yang ada disekitarinya. Dalam suatu pipa panjang yang salah satu ujungnya disumbat (semi tertutup), udara di dalam pipa akan berjarak sama satu dengan yang lain. Jika sumbat tadi tiba-tiba ditekan masuk, maka lapisan-lapisan udara yang ada di depannya akan memampat. Lapisan-lapisan tersebut kemudian akan memampatkan lagi lapisan-lapisan yang ada di depannya sehingga timbul pulsa pemampatan yang bergerak maju ke dalam tabung. Akan tetapi jika tiba-tiba sumbat dilepas dengan cepat, maka pemampatan akan diikuti oleh pulsa perenggangan. Dengan demikian, jika sumbat tadi terus-menerus digerakkan secara terus-menerus maju

mundur, di dalam pipa akan terjadi proses pemampatan dan perenggangan.

Saat pemampatan gas akan timbul kenaikan suhu pada gas, begitu juga sebaliknya, terkecuali jika panas yang timbul akibat pemampatan ini disingkirkan dengan suatu cara. Ketika gelombang merambat di dalam medium gas, maka tempat-tempat yang mengalami pemampatan akan menjadi sedikit lebih panas, sedangkan yang mengalami perenggangan menjadi sedikit lebih dingin.

Gelombang longitudinal yang merambat di dalam pipa akan memantul pada ujung-ujungnya seperti halnya dengan gelombang transversal pada ujung-ujung dawai. Interferensi diantara gelombang-gelombang yang merambat dengan arah yang berlawanan menimbulkan gelombang tegak.

Pipa organa semi tertutup merupakan pipa yang salah satu ujungnya tertutup. Pada ujung tabung yang tertutup, gelombang yang direfleksikan mempunyai perbedaan fase dengan gelombang yang masuk sebesar 180° . Dengan kata lain simpangan partikel-partikel pada ujung pipa harus selalu nol, sehingga ujung ini merupakan simpul simpangan. Oleh karena pada titik-titik yang simpangannya nol maka tekanannya menjadi maksimum. Hal sebaliknya terjadi pada ujung yang terbuka. Oleh karena ujung terbuka maka simpangan gelombang menjadi maksimum dan tekanan menjadi minimum.

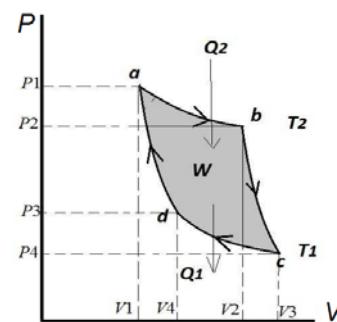
Hukum pertama termodinamika berlaku pada setiap proses di alam yang berlangsung diantara keadaan-keadaan kesetimbangan. Energi dapat berubah wujud dari wujud yang satu ke wujud yang lainnya serta dapat dipindahkan dari tempat yang satu ke tempat yang lainnya. Akan tetapi energi tidak dapat dimusnahkan atau dihilangkan. Dari pernyataan tersebut didapatkan bahwa hukum pertama termodinamika menjelaskan tentang konservasi energi. Persamaan yang berhubungan dengan hukum pertama termodinamika adalah

$$dU = Q - W \quad (1)$$

Dalam hal ini kalor $Q > 0$ bila kalor memasuki sistem dan $W > 0$ bila kerja dilakukan oleh sistem. Jika sistem mengalami suatu perubahan keadaan sebesar dU , maka ada sejumlah kalor Q yang diserap dan sejumlah W yang dilakukan oleh sistem.

Adapun hukum kedua termodinamika melengkapi hukum pertama termodinamika yang dirasa belum lengkap karena hanya menjelaskan tentang konservasi energi dalam sistem termodinamika. Dalam hal ini belum menentukan berapa bagian dari energi panas dapat diubah menjadi energi mekanik oleh mesin.

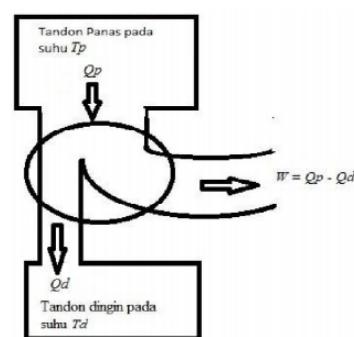
Sebuah mesin ideal yang mempunyai daya maksimum ditemukan oleh Carnot dan disebut mesin Carnot (Siklus Carnot). Gambar 1, menunjukkan dua garis isotermik dan dua garis adiabatik. Semua panas yang masuk ke sistem mempunyai suhu yang tinggi (T_2) dan semua panas yang dibuang ke luar dari sistem mempunyai suhu yang lebih rendah (T_1).



Gambar 1. Siklus Carnot (Sears dan Salinger, 1975)

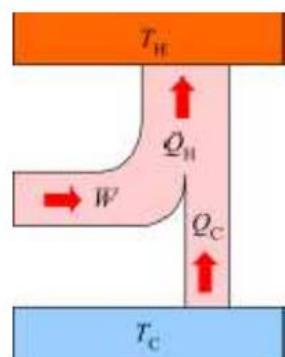
Oleh karena terdapat kelemahan pada mesin Carnot, maka ditemukan mesin kalor setelahnya dengan perubahan energi di dalam mesin kalor tersebut. (Gambar 2)

Pada Gambar 2, panas Q_p yang masuk ke mesin, panas Q_d yang terbuang dalam bentuk panas pembuangan (*exhaust*) dan panas yang diberikan ke mesin menjadi usaha mekanik W . Dalam hal ini berarti bahwa usaha mekanik yang dilakukan oleh sistem sama dengan selisih kalor masuk dan kalor terbuang.



Gambar 2. Diagram alir pada mesin kalor (Sears dan Zemansky, 1994)

Dilain pihak mesin pendingin dapat dipandang sebagai mesin kalor yang sistem kerjanya dibalik. Mesin pendingin mengambil panas dari sumber bersuhu rendah dan mengeluarkan panas pada suhu yang lebih tinggi dengan bantuan usaha dari luar sistem. Gambar 3 melukiskan diagram sebuah mesin pendingin dengan suatu usaha W dari luar memindahkan kalor Q_C dari tandon dingin bersuhu T_C ke tandon panas T_H bersuhu T_H (Sears dan Salinger, 1975). Dalam piranti termoakustik, prinsip kerjanya didasarkan pada proses mesin pendingin dengan usaha dari luar berwujud gelombang bunyi.



Gambar 3. Diagram skematis prinsip dasar mesin pendingin. (Setiawan dkk, 2005)

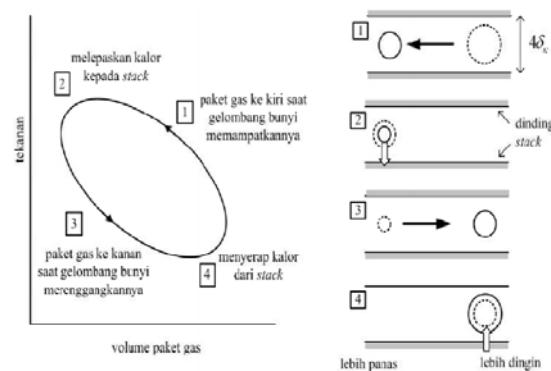
PRINSIP TERMOAKUSTIK

Siklus termoakustik sebagai pendingin atau pengatur suhu dilukiskan oleh Gambar 4. Saat gelombang akustik menyebabkan paket gas di dalam *stack* bergerak ke kiri (ke tandon kiri) yang mempunyai tekanan tinggi, maka gas termampat-kan. Paket gas yang termampatkan ini sekarang lebih panas dari pada dinding *stack* didekatnya sehingga ia melepaskan kalor ke *stack* dan *volume* paket gas tersebut menyusut.

Saat gelombang tegak melanjutkan siklusnya, paket gas bergerak kembali ke kanan (tandon kanan) di mana tekanannya lebih rendah, paket gas menjadi lebih dingin daripada dinding *stack* didekatnya, sehingga ia menyerap kalor dari dinding *stack* dan mengembang.

Proses di atas terjadi didasarkan pada persamaan gas ideal, dimana besar tekanan sebanding dengan besar suhu tetapi berbanding terbalik dengan besar *volume*. Jika proses ini berulang (siklus) maka berakibat adanya

transfer kalor dari tandon kanan ke tandon kiri *stack*. Dalam hal ini tandon kanan yang terserap kalornya akan menjadi semakin dingin, sehingga disebut tandon dingin. Sebaliknya tandon kiri yang bertambah kalornya akan menjadi semakin panas sehingga disebut tandon panas.



Gambar 4. Diagram P-V siklus empat tahap sistem pendingin termoakustik. (Russell dan Weibull, 2002)

METODOLOGI PENELITIAN

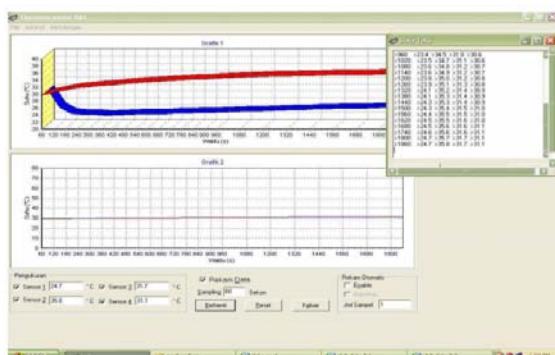
Sistem sumber bunyi pada penelitian ini, menggunakan AFG (*Audio Function Generator*) dengan model GFG-8016G, *amplifier* model Bell M-900, dan *loudspeaker* Hertz ES 250 Subwoofer 500 Watt yang berada dalam sebuah kotak kayu dilapisi *acrylic* yang berfungsi untuk menjaga agar gelombang bunyi yang dihasilkan oleh *loudspeaker* tidak keluar lingkungan atau ke luar sistem termoakustik. Rangkaian tersebut dilengkapi dengan dua buah multimeter jenis Metex M-4630 dan GW GDM 393A untuk menunjukkan nilai arus listrik dan nilai tegangan yang keluar dari *amplifier*.

Sistem sensor suhu yang digunakan sebanyak empat buah termometer digital tipe LM-35 yang dihubungkan dengan sebuah komponen logger dan komputer. Disamping itu sepasang termometer diletakkan pada kedua ujung *stack* dan sepasang lagi ditempatkan pada masukan dan keluaran *hot heat exchanger*. Dalam menjalankan dan menampilkan suhu yang terukur pada daerah keempat termometer ini digunakan perangkat lunak TCDAS yang sudah tersedia di dalam komputer (Gambar 5).

Pada sistem termoakustik digunakan resonator berbentuk tabung berbahan PVC (*polivinyl chloride*) dengan panjang $(83,00 \pm$

0,05) cm dan berdiameter 5,25 cm (Pebriarti, 2011). Panjang pipa yang langsung terhubung dengan *loudspeaker* sebesar 64 cm dan sisanya adalah panjang pipa untuk tempat *stack*, *hot heat exchanger*, dan bagian penutup tabung.

Oleh karena ada beberapa sambungan pada sistem yang digunakan maka ada kemungkinan terjadi kebocoran. Untuk mengatasi kebocoran pada sambungan antar pipa atau komponen, digunakan malam atau lilin mainan sebagai penambal. Hal ini dikarenakan bila kebocoran ini diabaikan, akan memungkinkan adanya kalor dari sistem keluar ke lingkungan dan begitu juga sebaliknya sehingga dapat mengganggu hasil.



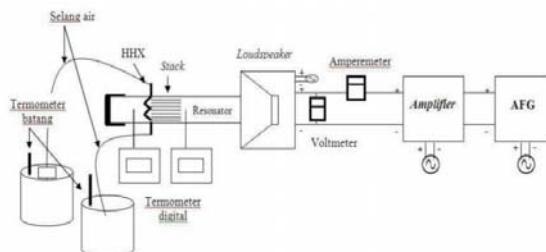
Gambar 5. Perangkat lunak TCDAS

Stack berfungsi sebagai media untuk memindahkan kalor dari tandon yang satu ke tandon yang lain terbuat dari gambas kering yang telah dibentuk sesuai dengan bentuk dan ukuran tabung resonator (sebesar 5,25 cm). Pada Gambar 6 diperlihatkan bahwa gambas yang sudah dibentuk kemudian disusun dengan panjang tertentu (adalah 5; 5,5; 6; 6,5 dan 7 cm). (Gambar 6)



Gambar 6. *Stack* gambas kering yang telah disusun dalam pipa resonator PVC

Gambas termasuk bahan isolator organik yang sangat baik digunakan untuk bahan *stack* karena mempunyai konduktivitas termal yang rendah. Gambas yang merupakan bahan *stack* dapat diperoleh di pasar tradisional karena merupakan jenis sayuran. Dalam hal ini yang dibutuhkan adalah gambas kering yaitu tidak ada kandungan air di dalamnya. Untuk itu diperlukan gambas yang tua dan sudah melewati proses pengeringan. Adapun sistem lengkap termoakustik tertera pada Gambar 7.



Gambar 7. Sistem pendingin termoakustik

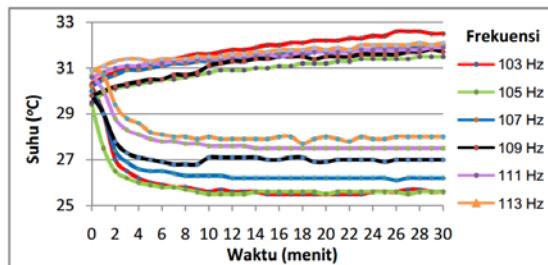
Nilai frekuensi divariasikan ($f = 103$ Hz, 105 Hz, 107 Hz, 109 Hz, 111 Hz, dan 113 Hz) menggunakan panjang *stack* 5 cm dan tegangan 10 volt. Hasil penelitian akan berupa perubahan suhu pada tandon panas dan tandon dingin dan dapat diperoleh frekuensi optimal yang terkait dengan penurunan suhu maksimum pada tandon dingin. Pada frekuensi optimal, panjang *stack* divariasikan $L = 5$ cm, 5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm, dan 7 cm, sehingga didapat panjang *stack* optimum sebagai panjang *stack* yang terkait dengan penurunan suhu maksimum pada tandon dingin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara perhitungan, frekuensi resonansi dapat diperoleh menggunakan rumus (Kinsler, 1999), dan didapatkan hasil untuk frekuensi resonansi sebesar 103,7 Hz untuk $n = 1$ (frekuensi dasar), $v = 349$ m/s (laju rambat bunyi), $L = 83$ cm (panjang tabung resonator), dan $D = 5,25$ cm (diameter tabung resonator). Hasil ini didapatkan karena untuk mendapatkan frekuensi resonansi tidak hanya panjang tabung resonansi saja yang berpengaruh tetapi juga diameter dari tabung tersebut.

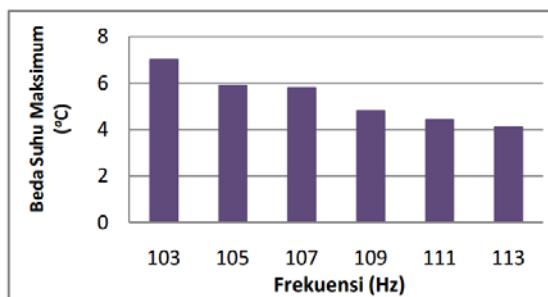
Hasil pengujian pengaruh frekuensi resonansi menunjukkan laju perubahan suhu untuk masing-masing frekuensi (Gambar 8). Terdapat perbedaan gejala antara tandon panas dan tandon dingin. Suhu pada tandon panas

cenderung terus naik terhadap perubahan waktu dengan laju yang lebih lambat daripada laju perubahan suhu pada tandon dingin. Pada tandon dingin, penurunan suhu terjadi dengan cepat dan terjadi kejemuhan atau hampir jemuhan yang mengakibatkan suhu pada tandon dingin tidak mengalami penurunan lagi atau cenderung stabil. Kedua frekuensi ini terjadi karena *volume* atau ruang untuk tandon panas lebih kecil daripada *volume* atau ruang tandon dingin



Gambar 8. Perubahan suhu vs waktu dengan variasi frekuensi (panjang stack 5 cm, dan tegangan input 10 Volt)

Gas atau udara yang berada dalam tandon panas lebih mudah merapat sehingga suhu lebih mudah naik. Sedangkan pada tandon dingin yang memiliki *volume* yang lebih besar, gas lebih mudah merenggang sehingga suhu di dalamnya lebih mudah turun. Suhu pada tandon dingin meskipun turun suhunya akan tetapi mengalami kejemuhan saat alat telah beroperasi rata-rata sekitar 11 menit.

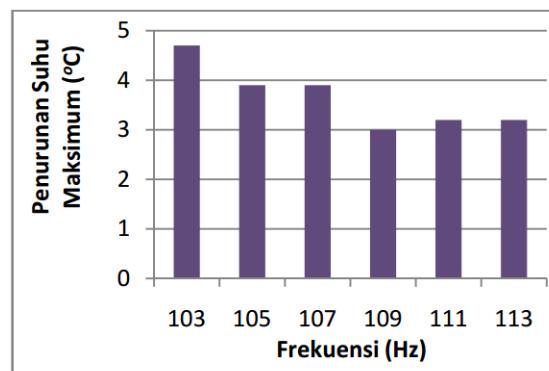


Gambar 9. Perbandingan perbedaan suhu maksimum antara tandon panas dan tandon dingin pada berbagai frekuensi

Perubahan suhu pada kedua tandon lebih cepat terjadi pada frekuensi 103 Hz dibanding perubahan suhu pada frekuensi lain, sehingga perbedaan suhu antara tandon panas dan tandon dingin pada frekuensi 103 Hz merupakan hasil yang optimal. Gambar 9 memperlihatkan hasil perbedaan suhu maksimum antara kedua tandon pada frekuensi 103

Hz sebesar 7 °C pada menit ke-26. Sedangkan hasil perbedaan suhu yang terendah, terjadi pada frekuensi 113 Hz sebesar 4,1 °C.

Informasi yang ditampilkan pada diagram batang (Gambar 9) menunjukkan bahwa, semakin besar frekuensi yang digunakan, perbedaan suhu antara kedua tandon tersebut semakin kecil. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi dibanding frekuensi resonansi laju perubahan suhu semakin lambat (tidak optimal).



Gambar 10. Penurunan suhu maksimum vs frekuensi

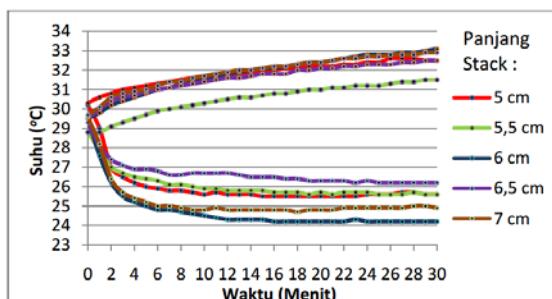
Pada frekuensi 103 Hz, besar penurunan suhu sebesar 4,7 °C yang terjadi pada menit ke-15. Adapun penurunan suhu yang terkecil pada 109 Hz sebesar 3 °C. Gambar 10 memberikan informasi, bahwa semakin besar frekuensi, penurunan suhu pada tandon dingin cenderung semakin mengecil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya, bahwa semakin besar frekuensi dibanding frekuensi resonansi, perbedaan suhu antara tandon panas dan dingin semakin mengecil.

Dengan demikian hasil dari beda suhu antara kedua tandon dan penurunan suhu yang terjadi pada tandon dingin, memperlihatkan hasil yang optimum pada frekuensi 103 Hz. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa frekuensi resonansi yang terbaik berada pada frekuensi 103 Hz. Hasil secara penelitian ini mendekati hasil secara perhitungan, yaitu 103,7 Hz.

Panjang stack pada piranti termoakustik mempunyai peranan yang juga penting dalam menghasilkan perbedaan suhu pada kedua tandon. Dalam hal ini panjang stack yang digunakan adalah 5 cm, 5,5 cm, 6 cm, 6,5 cm, dan 7 cm. Dari variasi panjang stack

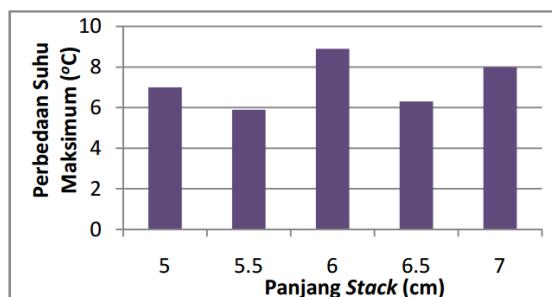
diperoleh hasil perbedaan suhu maksimum antara tandon panas dan tandon dingin.

Gambar 11 memperlihatkan bahwa saat menggunakan frekuensi optimal sebesar 103 Hz, setiap panjang *stack* memiliki laju perubahan suhu yang berbeda-beda. Panjang *stack* terbaik yang mempunyai laju perubahan suhu maksimum adalah 6 cm dan panjang *stack* dengan laju perubahan suhunya terendah adalah 5,5 cm.



Gambar 11. Perubahan suhu vs waktu dengan panjang *stack* frekuensi 103 Hz, dan tegangan input 10 Volt

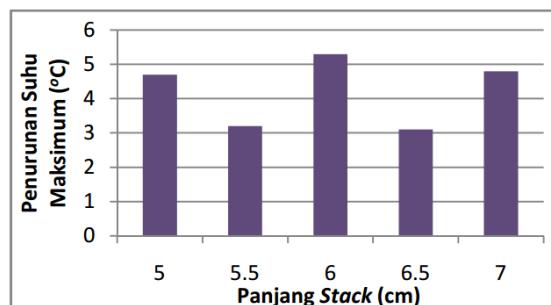
Gambar 12 memperlihatkan bahwa panjang *stack* terbaik yang menghasilkan perbedaan suhu maksimum antara kedua tandon adalah pada panjang *stack* 6 cm dengan perbedaan sebesar 8,9 °C. Hasil maksimum ini diperoleh saat menit ke-30. Sedangkan perbedaan suhu terendah terjadi pada panjang *stack* 5,5 cm, sebesar 5,9 °C. Hal ini menunjukkan, bahwa semakin panjang atau pendek *stack* yang digunakan akan semakin kecil perbedaan suhu antara tandon panas dan tandon dingin dibanding pada panjang *stack* 6 cm. Dengan kata lain, panjang *stack* 6 cm merupakan panjang *stack* optimum (perbedaan suhu yang paling besar).



Gambar 12. Perbandingan perbedaan suhu antara tandon panas dan tandon dingin untuk berbagai panjang *stack*

Adapun Gambar 13 menunjukkan bahwa panjang *stack* optimal adalah 6 cm dengan penurunan suhu maksimumnya sebesar 5,3 °C yang terjadi pada menit ke-16.

Hal ini memberi informasi bahwa panjang *stack* 6 cm adalah panjang optimum yaitu panjang *stack* yang menghasilkan penurunan suhu yang paling besar pada tandon dingin. Dengan kata lain bahwa beda suhu antara kedua tandon dan penurunan suhu yang terjadi pada tandon dingin memiliki hasil yang optimal atau terbaik pada panjang *stack* 6 cm sehingga panjang *stack* 6 cm disebut panjang *stack* optimum.



Gambar 13. Penurunan suhu maksimum untuk berbagai panjang *stack*

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan didapatkan kesimpulan bahwa frekuensi resonansi optimal terhadap kinerja piranti termoakustik adalah frekuensi 103 Hz dengan perbedaan suhu maksimum antara tandon panas dan tandon dingin sebesar 7 °C dan penurunan suhu maksimum pada tandon dingin sebesar 4,7 °C. Sedangkan panjang *stack* yang optimal terhadap kinerja piranti termoakustik pada penggunaan frekuensi resonansi optimal ($f = 103$ Hz) adalah pada panjang *stack* sebesar 6 cm dengan perbedaan suhu maksimum antara tandon panas dan tandon dingin sebesar 8,9 °C dan penurunan suhu maksimum pada tandon dingin sebesar 5,3 °C.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Fisika dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan finansial untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiawan, I., Utomo, A.B.S., Maruto, G., dan Andi, R.W., Rancang Bangun Piranti Termoakustik sebagai Pompa Kalor, *Laporan Penelitian antar Bidang Ilmu*, Laboratorium Atom-inti Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2005
- [2] Elyanita, M. S., Pengaruh Variasi Frekuensi dan Posisi *Stack* Bahan Kardus terhadap Perubahan Suhu pada Sistem Termoakustik, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2006
- [3] Wagiyanti., Kajian Pengaruh Panjang *Stack* dan Panjang Aluminium Foil pada *Stack* Terhadap Perbedaan Suhu Pada Kinerja Pompa Kalor Termoakustik, *Skripsi*, FMIPA UGM, Yogyakarta, 2007
- [4] Pebriarti A., Pengaruh berbagai Densitas Cairan pada *Heat Exchanger* terhadap Perubahan Suhu dalam Piranti Termoakustik, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2011
- [5] Kristiawan, B., Pengaruh Bahan *Stack* Berpori Lingkaran terhadap Perbedaan Suhu, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2009
- [6] Dyatmika, H. C., Sitem Termoakustik Menggunakan *Stack* Pori Tak Sejajar pada Berbagai Variasi Tegangan Speaker, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013
- [7] Murti, P., Perubahan Suhu yang Terjadi Akibat Pengaruh Panjang *Stack* dengan Fariasi Frekuensi, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013
- [8] Achmadin, W. N., Studi Eksperimen untuk Mengetahui pengaruh Ukuran Porositas dan Panjang Bahan *Stack* serta Keberadaan *Hot Heat Exchanger* terhadap Kinerja Pendingin Termoakustik, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013
- [9] Sears, F. W., dan Zemansky, M. W., *Fisika untuk Universitas I, Edisi Mekanika, Panas, Bunyi*, Binacipta, Jakarta, 1994.
- [10] Sears, F. W., dan Salinger, G. L., *Thermodynamics, Kinetic Theory, and Statistical Thermodynamic, Third Edition*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Canada, USA, 1975
- [11] Russell, D.A., dan Weibull, P., "Tabletop Thermoacoustics Refrigerator for Demonstration", *Am. J. Phys*, 70, 1231-1233, 2002
- [12] Kinsler L E, *Fundamental of Acoustics*, John Wiley and Sons. New York, 1999

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Mengapa hasilnya tidak sebaik dengan AC? (Pranjono)
2. Berapa dimensi untuk alat tersebut? (Agus Hadi Ismoyo)
3. Mengapa nilai frekuensi resonansinya dimulai dari 103 Hz? (Slamet Pribadi)
4. Apa saja yang mempengaruhi alat tersebut? (Dwi Priyantoro)
5. Apa kelemahan alat tersebut? (Rian Surya Darmawan)

Jawaban

1. Dikarenakan ini masih tahap pengembangan dan masih perlu dioptimalkan lagi.
2. Panjang pipa PVC sepanjang 83 cm dengan diameter 5,25 cm.
3. Dikarenakan nilai frekuensi tersebut sudah dilakukan perhitungan terlebih dahulu sehingga terlihat sesuai antara teori dengan eksperimen.
4. Panjang pipa resonator, frekuensi bunyi, dan bahan stack.
5. Dalam penelitian ini, kerapatan stack juga mempengaruhi sehingga untuk menjaga kerapatan yang sama dalam penelitian ini sangat susah terkait dengan bahan stack yang organik.