

Penyerapan Bising Helmholtz Resonator Dari Kertas Dan Sekam Padi Dengan Skin Polyester Berpenguat Sabut Kelapa

R. Hari Setyanto^{1,*}, Sunarto², Taufiq Rochman³, I Made Miasa⁴

1 Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

2 Fakultas Mipa, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

3 Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

4 Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

* Email : hstyan97@gmail.com

Abstrak. Dalam makalah ini, metode daur ulang merupakan alternatif baru yang harus dilakukan untuk menentukan potensi komposit yang menggabungkan limbah koran dan sekam padi sebagai bahan sel akustik penyerap suara. Lem pati kanji digunakan sebagai pengikat untuk komposit limbah koran dan sekam padi. Kedua bahan tersebut dihancurkan dengan menggunakan mesin *crusher* yang dilengkapi dengan saringan yang berukuran mesh 20 mesh dan mesh 40. Limbah Koran CD (K), sekam padi (SP) dan lem kanji (LK) telah menunjukkan bahwa memiliki karakteristik sebagai materi penyerap kebisingan (ketebalan 10 mm). Komposit disusun dengan berbagai proporsi campuran dengan metode press molding panas. Variasi persentase komposisi K: SP 70%: 30%, 60%: 40%, dan 50%: 50%, sedangkan variasi lem kanji sebagai pengikat yang terbuat dari tepung kanji adalah 5%, 7,5%, dan 10% dari berat K+SP. Spesimen telah ditekan pada 3: 4, 4: 4, dan 5: 4. Kemampuan uji penyerapan suara dilakukan berdasarkan standar ASTM E1050 yang menggunakan tabung impedansi dua mikrofon-. Dari hasil pengujian menunjukkan nilai koefisien penyerapan suara (α) yang paling optimal pada spesimen yang komposisi K: SP (50: 50%), LK (5%), dan penekanan (3: 4). Koefisien penyerapan (α) kebisingan adalah 0,44-0,58. Selain itu, komposisi sel akustik memiliki nilai bending sebesar 3,23 MPa dan berdasarkan ANSI A208.1-1999, nilai bending tersebut termasuk ke dalam klasifikasi-LD 1, yaitu sebagai bahan *door core*. Panel akustik *Helmholtz Resonator* memiliki kemampuan penyerapan suara terendah pada frekuensi 100 Hz dengan koefisien absorpsi (α) 0,35, sedangkan penyerapan suara tertinggi pada frekuensi 800-1000 Hz dengan koefisien absorpsi (α) 0,84.

Kata Kunci: koran; sekam padi; sel akustik; lem kanji; Helmholtz resonator

1. Pendahuluan

Pada Januari 2007, kelompok kerja Deepak Prasher Swis melakukan survei akibat kebisingan terhadap kesehatan manusia. Hasilnya menunjukkan bahwa sekitar 2% orang Eropa menderita gangguan tidur, dan 15% menderita gangguan yang parah akibat kebisingan lingkungan. Dalam jangka panjang, kebisingan dapat menimbulkan sekitar 3% kematian akibat penyakit jantung kronis (sekitar 210.000 kematian) di Eropa pada setiap tahunnya. Selain itu, kebisingan juga dapat mengakibatkan timbulnya gangguan pendengaran, gangguan tidur, cacat sosial, penurunan produktivitas, dan kecelakaan [4].

Menurut Fangueiro [2] material berserat (porous) dapat digunakan sebagai peredam suara yang sangat baik bila digunakan bersama dengan bahan lain yang berfungsi untuk mereduksi kebisingan pada frekuensi tinggi, sementara itu penyerapan kebisingan pada frekuensi rendah dapat dilakukan dengan menambahkan rongga resonator pada material porous tersebut, sehingga hal ini dapat meningkatkan efek isolasi suara dan udara.

Uraian di atas dapat dikatakan bahwa untuk mengatasi kebisingan pada frekuensi tinggi dan rendah dapat di atasi dengan melakukan penggabungan porous dan rongga resonator dengan menggunakan bahan berserat alami yang lebih ramah lingkungan. Untuk itu bahan alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk menggantikan porous absorber sintetis, antara lain seperti limbah sabut

kelapa, kertas bekas, dan sekam padi mempunyai struktur yang serupa yaitu bahan yang banyak mengandung serat, dan dapat dijadikan sebagai bahan serapan bising.

Indonesia merupakan Negara tropis yang memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah. Menurut Suryana dkk [9] potensi produksi buah kelapa di Indonesia dapat mencapai 15,5 miliar butir per tahun. Total bahan ikutan yang diperoleh dapat mencapai 0,75 juta ton arang tempurung; 1,8 juta ton serat sabut; dan 3,3 juta ton debu sabut. Sementara itu, sebagai negara agraris, produksi padi di Indonesia pada tahun 2010 meningkat menjadi 64,9 juta ton gabah kering giling [8]. Dari proses penggilingan padi diperoleh limbah sekam antara 20%-30%, dan dedak antara 8%-12% dari gabah kering giling [1]. Sebagai Negara yang berpenduduk kurang-lebih 240 juta jiwa, komposisi sampah di Indonesia rata-rata terdapat 10,9% merupakan kertas bekas, plastik 8,7%, sampah organik sebesar 70,2%, dan sisanya berupa sampah lainnya [6]. Berdasarkan perkiraan volume sampah perkotaan, setiap manusia rata-rata menghasilkan sekitar 0,5 kg/hari/kapita [3].

Bahan pati kanji merupakan jenis lem yang sangat tepat sebagai perekat pembuatan core limbah kertas CD dengan sekam padi sebab komponen sel akustik / core dalam struktur sandwich, menderita pembebanan yang rendah. Pada pembuatan komposit skin, jenis resin yang cocok untuk digunakan adalah unsaturated polyester (UPRs), karena resin ini memiliki kekuatan tinggi, fluiditas tinggi.

2. Metode Penelitian

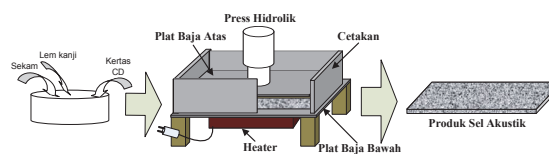
2.1. Persiapan kertas CD (K), sekam padi (SP), lem kanji (LK), dan sabut kelapa

Pertama-tama akan menghancurkan potongan K dan SP dengan menggunakan mesin crusher, penghancuran ini dimaksudkan agar seluruh permukaan partikel (kertas CD dan sekam padi) terselimuti oleh binder dari lem kanji. Pada sekam padi penghancuran menggunakan ukuran mesh 40. Lem kanji (LK) yang dibuat dengan variasi fraksi berat 5, 7,5 dan 10% dari berat total K-SP dan diencerkan dengan air sebanyak 50% dari berat K-SP, selanjutnya bahan tersebut dipanaskan hingga mengental.

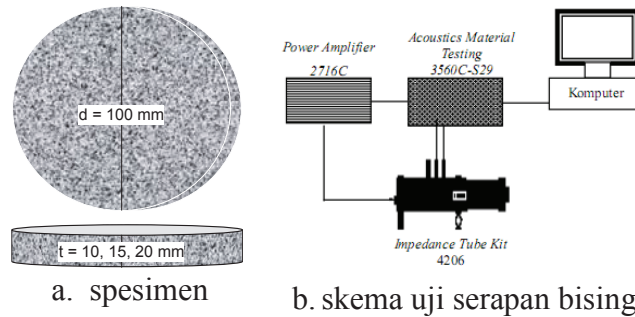
Serat sabut kelapa yang telah bersih, kemudian dilakukan perendaman alkali (NaOH 5%) selama 0, 1, 2, 3, dan 4 jam. Selanjutnya, serat dinetralkan dari efek NaOH dengan direndam air bersih yang diganti secara periodik hingga pH 7.

2.2. Manufaktur spesimen uji serapan bising sel akustik berdasarkan ASTM E-1050

Ketiga bahan di atas (K-SP-LK) dicampur dengan menggunakan mixer dengan variasi K:SP (70:30; 60:40; 50:50%) dan variasi LK (5; 7,5, 10%) hingga merata dan homogen. Variasi ketebalan *core* yang dilakukan pada penelitian ini adalah 10, 15, 20 mm dengan variasi penekanan 1:1, 3:2 dan 2:1 berdasarkan fraksi volume. Campuran tersebut kemudian dimasukkan dalam cetakan, dan kemudian ditekan dengan press hidrolik hingga ketebalan dan penekanan yang telah ditentukan. Mekanisme manufaktur *core* ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil cetakan *core* tersebut kemudian membuat spesimen uji serapan bising sel akustik berdasarkan ASTM E-1050. Bentuk spesimen seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2a. Serapan bising spesimen diuji dengan menggunakan metode yang sesuai dengan ASTM E-1050, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2b.



Gambar 1. Mekanisme manufaktur *core* K-SP-LK



Gambar 2. Spesimen dan skema uji serapan bising

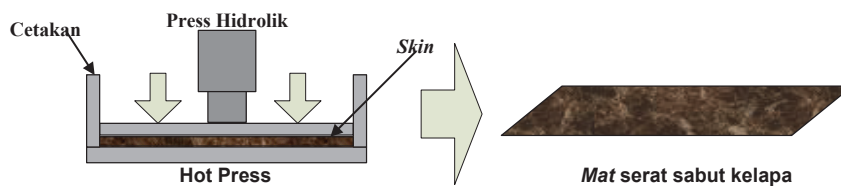
2.3. Sifat massa jenis sel akustik

Pengujian fisis massa jenis sel akustik dilakukan berdasarkan standar ASTM D-3800. Besarnya massa jenis serat (ρ_f) dapat dihitung dengan persamaan (ASTM D-3800):

$$\rho_f = \frac{M_u \times \rho_m}{M_u - M_m} \quad (1)$$

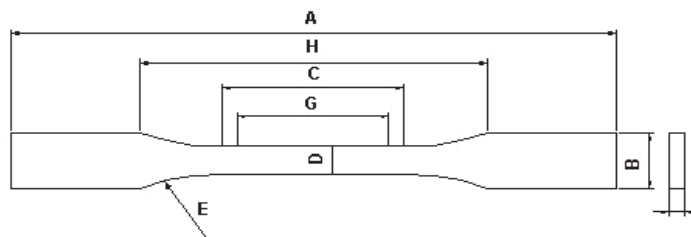
2.4. Manufaktur dan mekanisme pengujian mekanis skin

Pembuatan mat serat acak menggunakan serat dengan ukuran panjang serat 10 mm. Variasi yang digunakan pembuatan mat serat adalah fraksi volume (V_f : 35, 40, 45%), selanjutnya serat ditata dan dipres dengan metode tekan panas (*hot press*), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Manufaktur *mat* diperkuat serat sabut kelapa

Serat yang telah dimat berdasarkan V_f yang telah ditentukan, maka kemudian dimasukkan ke dalam cetakan dan dituang UPRs untuk dibuat skin dengan ketebalan 3,0 mm. Selanjutnya lembaran skin tersebut dibuat spesimen uji tarik (ASTM D-638-99), dan kemudian spesimen diuji, seperti yang terlihat pada Gambar 4.

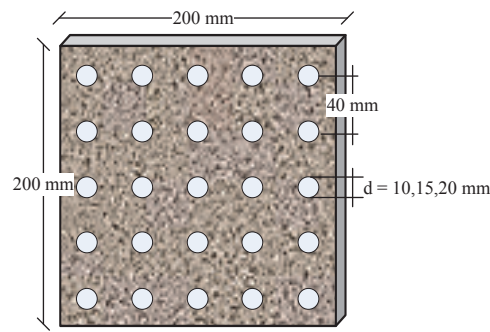


Gambar 4. Spesimen uji tarik berdasar standar ASTM D 638-99

2.5. Manufaktur komposit sel akustik, skin dan panel akustik

a. Manufaktur sel akustik

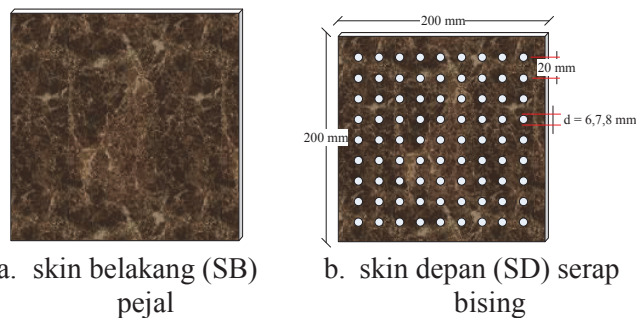
Setelah dilakukan pengujian, maka selanjutnya dilakukan proses pembuatan sel akustik dengan dimensi 200 x 200 mm dengan ketebalan 20 mm yang digunakan sebagai modular. Pada proses ini sel akustik dilubangi (sebagai stud) dengan variasi diameter stud 10, 15, dan 20 mm dengan jarak antar stud 40 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sel akustik modular

b. Manufaktur *skin*

Proses pembuatan *skin* dengan dimensi 200 x 200 mm dengan variasi ketebalan 3, dan 5 mm yang digunakan sebagai modular. Pada proses ini ada dua jenis *skin* yang dibuat, yaitu *skin* belakang (SB) yang bersifat pejal (Gambar 6.a) dan *skin* depan (SD) yang bersifat serap bising. *Skin* depan (SD) selanjutnya dilubangi (sebagai leher resonator dan serapan bising) dengan variasi diameter lobang *skin* 6, 7, dan 8 mm dengan jarak antar lubang 20 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.b.

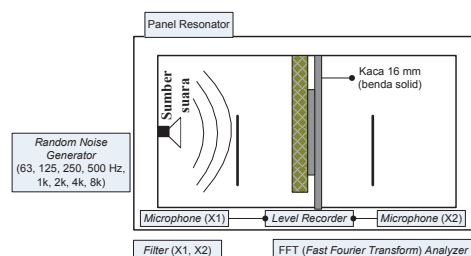


a. *skin* belakang (SB)
pejal

b. *skin* depan (SD) serap
bising

Gambar 6. *Skin* belakang dan *skin* depan serapan bising

2.6. *Pengujian transmission loss komposit panel akustik dengan menggunakan anechoic chamber*
Pengujian *transmission loss* panel akustik dilakukan dalam anechoic chamber (Gambar 7). *Anechoic chamber* ini dapat digunakan untuk pengujian transmisi dan serapan bising, panel yang diuji diberi tambahan kaca setebal 16 mm di bagian belakang panel. Hal ini dilakukan agar suara bising yang diterima panel akustik tidak tembus keruangan bagian belakang. Pembuatan ruang uji anechoic chamber mengacu pada standar pengujian ISO R140-150/III. Pengujian panel akustik dilakukan pada jangkauan frekuensi dengan range 1 octave band, yaitu 63 Hz sampai dengan 8 KHz.



Gambar 7. Desain model *anechoic chamber*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji penyerapan kebisingan spesimen

Berbagai spesimen variasi komposisi material, perlu dilakukan uji penyerapan bising agar diperoleh komposisi yang paling optimum, Pengujian berdasarkan ASTM E-1050. Proses pembuatan spesimen benda uji, proses pengeringan, dan contoh spesimen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9.

Spesimen berdiameter 100 mm diuji dalam tabung impedansi 2 mikrofon di laboratorium Jurusan Fisika Fakultas Mipa UNS. Variasi spesimen yang diuji serapan bising adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Proses pembuatan spesimen

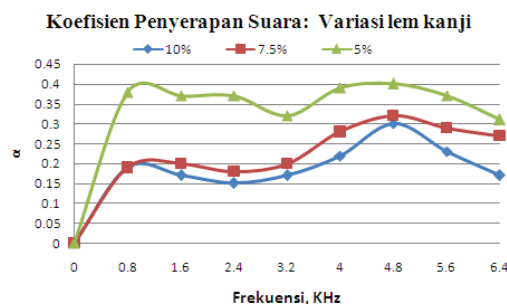


Gambar 9. Proses pengeringan dan spesimen serapan bising

a. Variasi lem kanji (5%, 7,5%, 10%)

Pada variasi ini, variabel tetapnya adalah perbandingan kertas CD dan sekam padi (70:30%), ketebalan spesimen 1 cm, dan pemadatan 4:4, sedangkan variable peubahnya adalah banyaknya tepung kanji (5%, 7,5%, 10%) yang dibuat sebagai perekat.

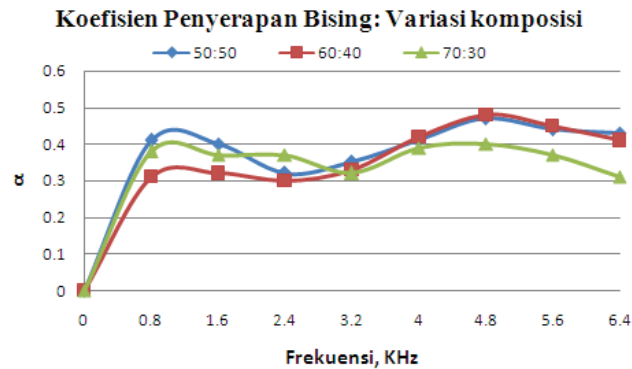
Penyerapan kebisingan optimum diperoleh pada pemberian perekat lem kanji sebanyak 5%, seperti yang terlihat pada Gambar 10. Hal ini terjadi karena pada pemberian perekat, ikatan antara partikel menjadi lebih renggang sehingga rongga antar partikel membentuk pori-pori yang cukup banyak. Pori-pori inilah yang menyebabkan terserapnya kebisingan ke dalam pori-pori sehingga memberikan koefisien penyerapan suara yang cukup tinggi. Gambar 10, memperlihatkan bahwa kurva lebih lebar dan merata dibandingkan dengan pemberian lem kanji sebesar 7,5% dan 10%. Berdasarkan pada standar ISO 11654:1997 (E), penyerapan kebisingan sel akustik ini masuk ke dalam klas D yaitu mulai dari frekuensi 800 Hz sampai dengan frekuensi 6400 Hz. Serapan tertinggi terletak pada frekuensi 4800 Hz sebesar $\alpha=0,40$.



Gambar 10. Kurva penyerapan bising pada variasi lem kanji

b. Variasi komposisi kertas CD dan sekam padi

Setelah diperoleh nilai optimum pada variasi prosentasi pemberian lem kanji, seperti yang ditunjukkan pada point a di atas, maka selanjutnya adalah menguji nilai serapan kebisingan pada komposisi kertas CD dan sekam padi. Variabel tetap pada variasi ini adalah ketebalan spesimen 1 cm, lem kanji 5%, pemadatan 4:4, sedangkan variabel peubahnya adalah perbandingan komposisi kertas CD dan sekam padi (70:30%, 60:40%, 50:50%).

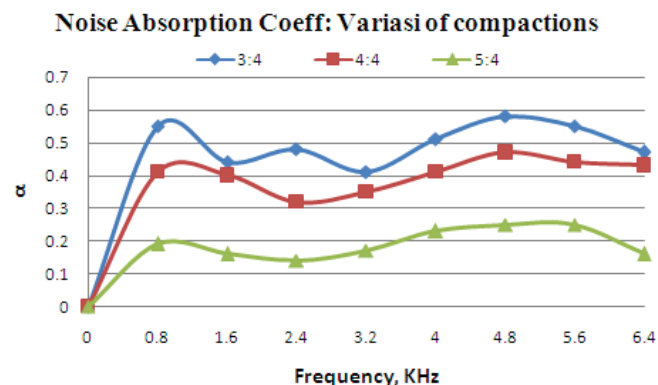


Gambar 11. Kurva penyerapan bising pada variasi komposisi

Berdasarkan karakteristik kurva, koefisien penyerapan kebisingan optimal terjadi pada komposisi 50:50, artinya bahwa campuran tersebut adalah 50% merupakan serat kertas dan 50% adalah partikel sekam padi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11. Dari komposisi tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan partikel sekam padi akan meningkatkan nilai koefisien penyerapan kebisingan (α). Peningkatan ini terjadi karena sekam padi akan meningkatkan jumlah rongga atau pori-pori sehingga memiliki volume ruang yang semakin besar. Volume ruang inilah yang merupakan penyebab utama meningkatnya serapan bising pada sel akustik.

c. Variasi pemadatan (3:4, 4:4, 5:4)

Nilai optimum pada variasi komposisi telah ditunjukkan pada point 5.1.2 yaitu pada perbandingan kertas CD (K) : sekam padi (SP) adalah 50:50, maka selanjutnya adalah membandingkan penekanan 3:4, 4:4, dan 5:4. Variabel tetap pada variasi ini adalah K:SP (50:50), lem kanji 5%, dan ketebalan spesimen 1 cm.



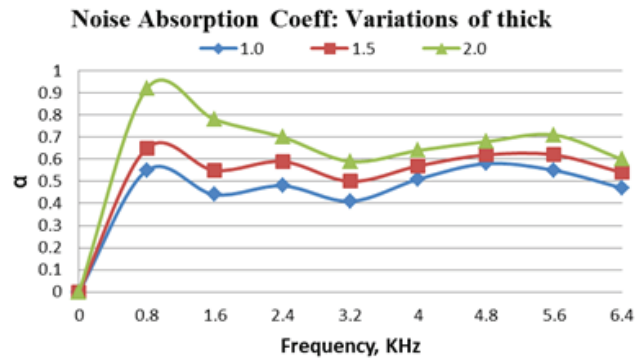
Gambar 12. Kurva penyerapan bising pada variasi pemadatan

Penyerapan suara optimum diperoleh pada pemadatan 3:4, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Hal ini terjadi karena pada pemadatan 3:4, pori-pori yang terbentuk jauh lebih banyak dan memiliki rongga yang lebih besar. Pori-pori ini menyebabkan frekuensi suara yang masuk rongga lebih besar dibandingkan dari pemadatan lainnya, sehingga koefisien penyerapan suara sangat signifikan. Gambar 12 menunjukkan bahwa paparan penyerapan kebisingan, meluas dan merata. Berdasarkan standar ISO 11654:1997 (E), akustik sel memiliki koefisien penyerapan suara dikategorikan masuk dalam kelas D. Penyerapan tertinggi pada frekuensi 4800 Hz adalah sama dengan $\alpha = 0,58$.

d. Variasi ketebalan (1 cm; 1,5 cm; 2 cm)

Variasi ketebalan sel akustik (spesimen peubah) yang digunakan pada riset ini adalah 1; 1,5; dan 2 cm. Variabel tetapnya adalah komposisi K:SP (50:50), lem kanji 5%, dan pemadatan 3:4.

Kurva serapan bising pada variasi ketebalan spesimen menunjukkan bahwa ketebalan spesimen 2 cm memiliki nilai serapan bising lebih baik dibandingkan dengan ketebalan yang lainnya (Gambar 13), dengan demikian pada variasi ini yang dipilih adalah pembuatan spesimen dengan ketebalan 2 cm.



Gambar 13. Kurva penyerapan bising pada variasi ketebalan

Sejumlah penelitian yang berkenaan dengan penyerapan suara dengan menggunakan bahan berpori telah menyimpulkan bahwa penyerapan suara frekuensi rendah memiliki hubungan langsung dengan ketebalan [7]. Kurva koefisien serapan bising pada sel akustik ketebalan 2 cm memperlihatkan bahwa penyerapan suara pada frekuensi rendah (800 Hz) dapat menyerap dengan koefisien penyerapan (α) sebesar 0,92, sementara pada frekuensi tinggi dapat menyerap dengan koefisien penyerapan (α) sebesar 0,6.

e. Uji bending spesimen

Uji *three point bending* menunjukkan salah bahwa nilai modulus of rupture (MOR) / bending adalah sebesar $3,23 \pm 0,07$ MPa. Berdasarkan ANSI A208.1-1999, nilai bending masuk dalam klasifikasi-LD 1, sehingga sel akustik dapat digunakan sebagai papan partikel yang digunakan sebagai door core.

3.2. Uji kuat tarik skin komposit serat sabut kelapa

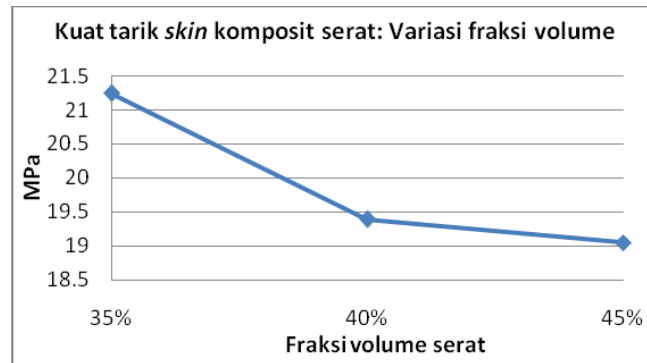
Berbagai variasi komposisi material yang digunakan dalam pembuatan skin komposit serat sabut kelapa, perlu dilakukan uji kuat tarik agar diperoleh komposisi yang paling optimum, Pengujian kuat tarik berdasarkan standar ASTM D 638-99. Variasi spesimen yang diuji kuat tarik adalah sebagai berikut:

a. Variasi fraksi volume serat

Pada variasi ini, variabel tetapnya adalah perendaman serat sabut kelapa selama 2 jam, dan panjang serat 10 mm. Variabel peubahnya adalah fraksi volume serat 35%, 40%, dan 45%. Gambar 14 diketahui rata-rata kekuatan tarik komposit dengan faktor fraksi volume serat 35% sebesar 21,24 MPa, untuk fraksi volume serat 40% rata-rata kekuatannya sebesar 19,39 MPa, pada fraksi volume serat 45% rata-rata kekuatan tarik sebesar 19,05 MPa. Berdasarkan grafik rata-rata kekuatan tarik terhadap fraksi volume serat terlihat bahwa ada tren yang menggambarkan bahwa semakin besar fraksi volume serat (untuk level fraksi volume 35%, 40% dan 45%) maka semakin kecil rata-rata kekuatan tariknya, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak serat pada komposit maka komposisi serat akan lebih padat sehingga mempersulit resin/matrik untuk masuk kesela-sela serat secara sempurna, sehingga berakibat resin tidak dapat mengikat seluruh bagian serat secara sempurna.

Penelitian sebelumnya yang juga menggunakan fraksi volume sebagai salah satu faktornya adalah penelitian Ghosh [11] yang menyatakan bahwa fraksi volume serat mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Dalam penelitian tersebut diperoleh fraksi volume serat yang terbaik adalah sebesar 40%. Selain itu penelitian dari Njoku, dkk [10] dengan fraksi volume serat 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dengan hasil kekuatan uji tarik optimum pada fraksi volume 30%. Arif [12] dalam penelitiannya menggunakan sabut kelapa juga mendapatkan kekuatan tarik optimum berada pada fraksi volume serat 30%. Penelitian-penelitian sebelumnya tersebut menguatkan bahwa fraksi volume serat yang optimal untuk uji tarik komposit berpenguat serat adalah antara 30% dan 40%. Sesuai dengan penelitian ini yang diperoleh nilai kuat tarik optimum pada fraksi volume serat 35%. Fraksi volume serat yang

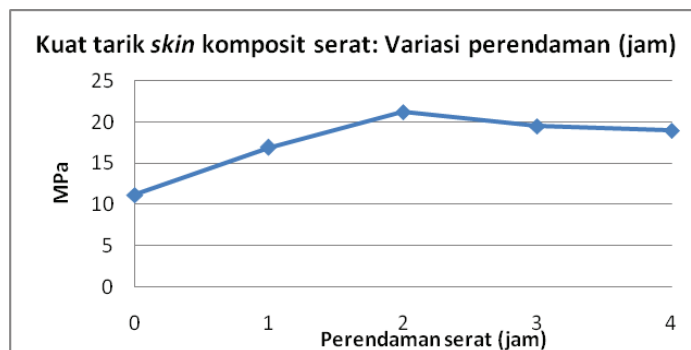
terlalu besar menurunkan kekuatan tarik karena perbandingan antara serat dengan matriks yang tidak sebanding yang mengakibatkan matriks kurang dapat mengikat serat dengan sempurna.



Gambar 14. Kurva kuat tarik skin komposit pada variasi fraksi volume serat

b. Variasi waktu perendaman serat sabut kelapa dalam cairan alkali

Pada variasi ini, variabel tetapnya adalah fraksi volume serat 35%, dan panjang serat 10 mm. Variabel peubahnya adalah waktu perendaman alkali (konsentrasi NaOH 5%) selama 0, 1, 2, 3, dan 4 jam.



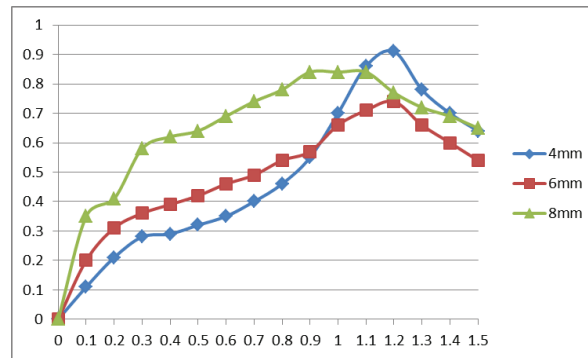
Gambar 15. Kurva kuat tarik skin komposit pada variasi perendaman serat

Perendaman 2 jam alkali dan panjang serat 1 cm merupakan faktor yang terbaik dalam penelitian ini, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Perendaman 2 jam lebih baik dibandingkan dengan perendaman 0 jam, 1 jam, 3 jam dan 4 jam, ini dikarenakan serat yang direndam alkali terlalu singkat maka lapisan lilin dipermukaan seratnya belum sepenuhnya hilang, sebaliknya serat yang direndam terlalu lama akan merusak unsur selulosa yang menjadi unsur penguat serat, oleh sebab itu perendaman selama 2 jam adalah waktu yang tepat untuk dapat menghilangkan lapisan lilin permukaan serat tetapi tidak sampai merusak unsur selulosa serat.

3.3. Uji penyerapan bising spesimen Helmholtz resonator

Variasi berubah yang digunakan pada pengujian serapan bising adalah lubang leher resonator, yaitu diameter 4 mm, 6 mm, dan 8 mm. Sementara variasi tetapnya adalah rongga resonator berdiameter 20 mm dan kedalaman 20 mm dan tekanan komposit 3:4.

Gambar 16 menunjukkan bahwa nilai optimal pada serapan bising adalah lubang leher resonator berdiameter 8 mm. Hal ini memperlihatkan bahwa pada diameter 8 mm penyerapan suara lebih merata. Pada frekuensi 100 Hz panel akustik mampu menyerap suara dengan koefisien (α) sebesar 0,35, sementara frekuensi 800 – 1000 Hz panel dapat menyerap suara dengan koefisien (α) sebesar 0,84, sedangkan pada frekuensi 1500 Hz mampu menyerap suara dengan koefisien (α) sebesar 0,64.



Gambar 16. Serapan bising panel *Helmholtz resonator*

4. Kesimpulan

Panel akustik *Helmholtz resonator* mempunyai kemampuan penyerapan bising terendah pada frekuensi 100 Hz dengan koefisien penyerapan (α) sebesar 0,35, sementara penyerapan bising yang tertinggi pada frekuensi 800 – 1000 Hz dengan koefisien penyerapan (α) sebesar 0,84.

5. Daftar Referensi

- [1] Departemen Pertanian, 2008. Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Rumah Tangga Petani. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- [2] Fanguero, R., 2011. *Fibrous and Composite Materials for Civil Engineering Applications*. First Edition, Woodhead Publishing Limited, Philadelphia, USA.
- [3] Khoir, Iqbal, 2009. Pengolahan Sampah Kertas Menjadi Asbes, Direktorat Program Diploma, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- [4] Mead, M. Nathaniel, 2007. *Noise Pollution: The Sound Behind Heart Effects*, *Environ Health Perspect.* Journal. 2007 November; 115(11): A536–A537.
- [5] Oldham, D.J., Egan, C.A. and Cookson, R.D., 2011. *Sustainable acoustic absorbers from the biomass*. *Applied Acoustics journal*. 72: 350-363.
- [6] Pramono, Sigit Setiyo, 2006. Studi Mengenai Komposisi Sampah Perkotaan di Negara-negara Berkembang. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma, Jakarta.
- [7] Seddeq, Hoda S., 2009. *Factors Influencing Acoustic Performance of Sound Absorptive Materials*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 4610-4617.
- [8] Sinar Indonesia Baru, 2010. Produksi Padi 2010 Menjadi 64,9 Juta Ton. *Harian Umum Sinar Indonesia Baru*, Edisi 3 Maret 2010, Jakarta.
- [9] Suryana, A.; Prastowo, B.; Mahmud, Z.; Wahyudi, S.; Hardono, G.S.; Novariant, H.; Luntungan, H.T. dan Efendi, D.S., 2007. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa. Edisi Kedua, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- [10] Njoku, R.E., I. Ofilib, D.O. Agbiogwuc, 2012. *Effect of Alkali Treatment and Fiber Content Variation on the Tensile Properties of Coir Fiber Reinforced Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) Composite*. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)* Vol. 31, No. 2, July, 2012, pp. 107-110
- [11] Ghosh, Rajesh, 2011. *Effect of Fibre Volume Fraction on the Tensile Strength of Banana Fibre Reinforced Vinyl Ester Resin Composites*. *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies* Vol No. 4, Issue No.1, 089-081
- [12] Arif, 2007. *Analysis Of The Volume Fraction Effect Of Cocofiber In Polyester Composites Towards Tensile, Impact And Bending Strength*. Undergraduate Theses, Materials and Metallurgical Engineering, RSMt 620.118