

PEMANFAATAN SERAT RAMI (*Boehmeria nivea*) SEBAGAI MATERIAL PEREDAM SUARA UNTUK BANGUNAN RUMAH

UTILIZATION OF RAMIE (*Boehmeria nivea*) FIBER AS SOUND ABSORBER MATERIAL FOR HOME BUILDING

Naufal Arafah¹, Noerati¹, Doni Sugiyana²

¹Politeknik STTT Bandung, Jalan Jakarta No.31 Bandung

²Balai Besar Tekstil, Jalan Jenderal A. Yani No.390 Bandung

E-mail: naufal.arafah@gmail.com

Tanggal diterima: 1 Oktober 2020, direvisi: 26 April 2021, disetujui terbit: 14 Juni 2021

ABSTRAK

Kebisingan diketahui sebagai salah satu masalah serius terhadap kesehatan manusia dan kenyamanan khususnya di lingkungan perumahan dan perkantoran. Serat rami dan limbah serat rami merupakan alternatif material ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan sebagai peredam suara pada aplikasi bangunan rumah untuk mengurangi tingkat kebisingan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan komposit berbahan dasar penguat serat rami dan limbah serat rami serta matriks poliuretan untuk aplikasi material peredam suara. Metode pembuatan komposit menggunakan teknik *hand lay-up* dengan cara menuangkan matriks poliuretan pada bahan penguat serat dan limbah serat rami dalam cetakan dengan variasi perbandingan bahan penguat dan matriks sebesar: 85:15, 90:10, dan 95:5. Evaluasi terhadap komposit serat rami dan komposit limbah serat rami meliputi: uji kekuatan tarik, densitas dan koefisien absorpsi bunyi. Hasil kekuatan tarik tertinggi dicapai pada spesimen komposit berbasis serat rami sebesar 235,2 N pada perbandingan 95:5, sedangkan pada spesimen komposit berbasis limbah serat rami adalah sebesar 166,6 N pada perbandingan 95:5. Nilai densitas tertinggi dicapai oleh komposit serat rami pada perbandingan 95:5 sebesar 1,7 gr/cm³. Koefisien absorpsi bunyi tertinggi pada berbagai rentang frekuensi dicapai oleh komposit serat rami pada perbandingan 95:5 sebesar 0.988.

Kata kunci: serat rami, poliuretan, koefisien absorpsi suara, komposit, peredam suara.

ABSTRACT

Noise is known as one of serious problems for human health and comfort, especially in residential and office environments. Ramie fiber and ramie fiber waste are alternatives for environmentally friendly materials that can be applied as sound absorbers in home building applications to reduce noise levels. This research is aimed to study the construction of a composite made of ramie fiber reinforcement and ramie fiber waste and polyurethane matrix for sound-absorbing materials. The method of making composites using the hand lay-up technique by pouring a polyurethane matrix on the fiber reinforcing material and ramie fiber waste in a mold with a variation of the ratio of the reinforcing material and the matrix of 85:15, 90:10, and 95: 5. The evaluation of rami fiber composites and ramie fiber waste composites includes tensile strength, density, and sound absorption coefficient tests. The highest tensile strength result was achieved in ramie fiber-based composite specimens of 235.2 N at a ratio of 95: 5, while in ramie fiber waste-based composite specimens, was 166.6 N at a ratio of 95: 5. The highest density value was achieved by the ramie fiber composite at a ratio of 95: 5 of 1.7 gr / cm³. The highest sound absorption coefficient in various frequency ranges was achieved by the ramie fiber composite at a ratio of 95: 5 of 0.988.

Keywords: ramie fiber, polyurethane, sound absorption coefficient, composite, sound absorption.

PENDAHULUAN

Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan, atau semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja pada tingkat tertentu dapat menimbulkan ketidaknyamanan.^{1,2} Peredam suara diperlukan untuk menciptakan

bangunan atau gedung dengan karakteristik akustik tertentu sehingga tercipta kenyamanan bagi penggunaanya. Suara identik dengan pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Suara merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh.³

Jenis bahan peredam suara yang saat ini digunakan yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Bahan berpori merupakan jenis peredam suara yang paling banyak digunakan khususnya untuk mengurangi kebisingan pada ruang-ruang yang sempit seperti perumahan dan perkantoran karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain.^{4,5} Bahan berpori seperti karpet, gorden, busa, *glasswool*, *rockwool*, *cellulose fiber*, dan material lunak lainnya, menyerap energi suara melalui energi gesekan yang terjadi antara komponen kecepatan gelombang suara dengan permukaan materialnya.³

Serat alam pada umumnya memiliki kemampuan menyerap suara khususnya dalam mengendalikan kebisingan, misalnya dalam kendaraan, perkantoran dan pabrik.^{2,6,7} Serat alam memiliki sifat fisik yang cukup bervariasi karena adanya perbedaan kandungan selulosa. Serat rami mengandung selulosa dan hemiselulosa masing-masing sekitar 75% dan 16%,^{8,9} dapat dilihat pada Tabel 1. Limbah serat rami masih memiliki kandungan selulosa dan holoselulosa masing-masing sekitar 3,67% dan 56,25%.¹⁰ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi serat rami⁸

Senyawa	Kandungan (%)
Selulosa	75
Hemiselulosa	16
Pektin	2
Lignin	0,7
Lilin dan lemak	0,3
Zat terlarut dalam air	6

Tabel 2. Komposisi limbah serat rami¹⁰

Komposisi	Limbah rami (%)
Selulosa	3,67
Holoselulosa	56,25
Zat organik lain	40,08

Limbah serat rami memiliki kadar selulosa lebih sedikit dibandingkan serat rami, dan kadar holoselulosa yang lebih banyak. Holoselulosa adalah bagian dari serat berupa sisa kayu dari batang yang tidak atau sedikit mengandung lignin dan terdiri atas campuran selulosa dan hemiselulosa.^{11,12} Namun demikian, limbah serat rami diharapkan masih dapat digunakan sebagai salah satu bahan dalam aplikasi peredam suara.

Pemanfaatan serat rami dan limbah serat rami sebagai peredam suara umumnya dapat dilakukan dengan cara mengkompositkan serat rami dengan matriks polimer. Proses komposit dapat mengoptimalkan jenis polimer, komposisi fraksi serat/polimer dan teknik pembuatan komposit.

^{13,14,15} Performa komposit dapat dipengaruhi oleh ikatan kimia antara polimer resin sebagai matriks dengan bahan penguat berbasis selulosa, dan juga oleh ikatan lain yang dapat terjadi yaitu ikatan fisika yang ditentukan oleh sifat-sifat matriks polimer dan bahan penguat.^{16,17}

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit peredam suara dengan bahan penguat serat rami dan limbah serat rami serta matriks poliuretan, dengan menggunakan metode *hand lay-up*, dilanjutkan dengan karakterisasi kekuatan tarik dan densitas komposit serta performa absorpsi suara.

METODE

Bahan dan peralatan

Bahan utama yang digunakan adalah serat rami dan limbah serat rami (Perkebunan Rami, Wonosobo). Limbah serat rami merupakan sisa pengolahan awal batang rami yang tidak atau sedikit mengandung lignin. Matriks poliuretan menggunakan tipe *adhesive* 845 (Milan Coating). Peralatan utama yang digunakan adalah mesin *opener* untuk pembuka sekaligus pembersih serat dari Balai Besar Tekstil, cetakan dan kuas untuk pembuatan komposit.

Pembuatan komposit peredam suara

Pembuatan komposit serat rami dan limbah serat rami dengan metode *hand lay-up* yaitu dengan cara menuangkan matriks poliuretan ke dalam cetakan berisi bahan penguat serat rami dan limbah serat rami. Komposisi percobaan adalah dengan variasi komposisi matriks terhadap bahan penguat dengan perbandingan berat/berat sebesar: 85:15, 90:10, dan 95:5. Proses pembuatan komposit diawali dengan melapisi cetakan dengan aluminium foil, memasukkan bahan penguat, menuangkan matriks poliuretan kemudian diratakan menggunakan kuas. Penggunaan aluminium foil bertujuan untuk menghindari reaksi kimia yang mungkin terjadi antara besi dengan komposit poliuretan. Cetakan berisi komposit ditempatkan pada temperatur kamar selama 2 jam dan setelah itu komposit dikeluarkan dari cetakan. Sampel percobaan dibuat dalam 2 bentuk dengan ukuran berbeda yaitu bentuk silinder berukuran diameter 100 mm dan tebal 30 mm (untuk keperluan uji absorpsi suara) dan bentuk lembaran berukuran 30 cm x 30 cm.

Karakterisasi dan pengujian

Karakterisasi terhadap serat rami dan limbah serat rami dilakukan melalui pengujian terhadap kehalusan (standar ASTM D1577-07), kekuatan tarik (standar ASTM D3039), tahanan mulur (standar ASTM D1445-05) dan kadar air (standar ASTM D 2495-07). Pengujian kekuatan tarik sampel komposit peredam suara menggunakan standar

ASTM D3039. Pengujian densitas komposit mengacu pada standar ASTM D792.

Pengujian absorpsi suara dengan alat Tabung Impedansi mengacu pada standar ISO 10534-2 mengenai pengujian material akustik. Sampel uji komposit dengan diameter 100 mm digunakan untuk pengukuran pada frekuensi 100-800 Hz dan sampel dengan diameter 30 mm digunakan untuk pengukuran pada frekuensi 1000-5000 Hz. Nilai koefisien absorpsi suara kemudian diolah dengan software pulse 4.6 dan disajikan dalam bentuk nilai alfa.

Dari pengujian menggunakan tabung impedansi ini dapat diketahui koefisien absorpsi suara dalam arah standar. Koefisien absorpsi suara standar berlaku untuk gelombang suara yang datang tegak lurus terhadap permukaan bahan. Koefisien absorpsi suara dihitung dengan cara mengukur tekanan suara yang datang pada permukaan bahan dan yang direfleksikan. Koefisien tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).¹⁸

$$\alpha_n = 1 - |R| \quad (1)$$

α_n : koefisien absorpsi suara

R : koefisien refleksi suara

Pengujian koefisien absorpsi suara dilakukan pada frekuensi rendah (100 Hz-800 Hz), frekuensi sedang (1000 Hz-4000 Hz) dan frekuensi tinggi (5000 Hz).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi serat rami dan limbah serat rami

Serat rami dan limbah serat rami yang telah dibersihkan dan dikeringkan ditampilkan pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Material penguat: a).serat rami; b).limbah serat rami



(a)



(b)

Gambar 2. Komposit peredam suara; a).serat rami dan resin poliuretan; b).limbah serat rami dan resin poliuretan.

Hasil uji sifat fisika serat rami dan limbah serat rami yang telah dibersihkan dan dikeringkan seperti disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil uji kehalusan diketahui bahwa serat rami lebih halus dibandingkan dengan limbah serat rami. Hal ini disebabkan serat rami mampu terbuka sempurna pada saat proses mekanik pembukaan serat dengan rol-rol pemukul, berbeda dengan limbah serat rami yang belum terbuka sempurna karena posisinya relatif berada pada ujung batang. Namun demikian, limbah serat rami memiliki kekuatan tarik sedikit lebih tinggi dan sifat tahan mulur yang lebih rendah dibandingkan serat rami. Pengujian kadar air menunjukkan bahwa kedua jenis sampel memiliki nilai kadar air yang tidak jauh berbeda.

Tabel 3. Hasil uji sifat fisik serat rami dan limbah serat rami

Jenis serat	Kehalusan (tex)	Kekuatan tarik (g/tex)	Mulur (%)	Kadar air (%)
Rami	2,79	39,17	2,2	2,07
Limbah serat rami	2,98	40,49	1,3	2,08

Kekuatan tarik komposit

Komposit dari serat rami dan limbah serat rami yang telah diproses *hand lay-up* dengan

matriks resin poliuretan ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil pengujian kekuatan tarik pada komposit ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data pengujian kekuatan tarik pada komposit serat rami dan limbah serat rami-poliuretan

Jenis Serat	Kekuatan tarik (N)		
	85:15	90:10	95:5
Serat rami	147	171,5	235,2
Limbah serat rami	78,4	117,6	166,6

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa komposit spesimen berbasis serat rami dengan metode *hand lay-up* mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 235,2 N pada perbandingan 95:5. Di sisi lain, spesimen komposit berbasis limbah serat mempunyai nilai kekuatan tarik paling tinggi hanya sebesar 166,6 N juga pada perbandingan 95:5. Pada komposisi fraksi yang sama, komposit berbasis serat rami memperlihatkan kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan komposit berbasis limbah serat rami, hal ini disebabkan karena serat rami relatif lebih halus sehingga menyebabkan ikatan yang lebih baik dengan matriks poliuretan. Hal ini selanjutnya akan dibuktikan oleh perbedaan densitas komposit yang dijelaskan kemudian. Sifat poliuretan yang hidrofobik dan serat yang hidrofilik menyebabkan pendistribusian serat yang cenderung tidak merata, namun demikian peningkatan fraksi massa serat berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tarik dari material komposit tersebut.¹⁹

Densitas komposit

Pengujian densitas komposit mengacu pada standar ASTM D792. Tabel 5 menunjukkan data hasil uji densitas pada komposit serat rami dan limbah serat rami dengan matriks poliuretan. Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai densitas komposit berbanding lurus dengan penambahan fraksi serat rami dan limbah serat rami dalam komposit.

Tabel 5. Data pengujian densitas komposit serat rami/limbah serat rami dan poliuretan

Komposit	Densitas (gr/cm ³)		
	85:15	90:10	95:5
Serat rami+ poliuretan	1,4	1,6	1,7
Limbah serat rami+ poliuretan	1,2	1,3	1,6

Sampel komposit serat rami dan limbah serat rami dengan poliuretan, didapatkan nilai densitas tertinggi yaitu 1,7 gr/cm³ dan 1,6 gr/cm³ dengan fraksi bahan pengisi sebanyak 95%. Hasil tersebut

dapat menggambarkan bahwa nilai densitas komposit semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah bahan pengisi serat rami/limbah serat rami. Seiring dengan penambahan fraksi massa serat, maka pori dari matriks poliuretan tersebut akan terisi oleh partikel itu sendiri.¹⁴ Hal ini berdampak pada ukuran pori dalam komposit yang menyusut dan mengecil, sehingga mengakibatkan nilai densitas yang semakin meningkat.

Koefisien absorpsi suara

Hasil dari pengujian nilai koefisien absorpsi suara (α) diperlihatkan pada Tabel 6 (komposit limbah serat rami dan poliuretan) dan Tabel 7 (komposit serat rami dan poliuretan). Nilai α memiliki range 0 sampai dengan 1, dengan interpretasi bahwa semakin besar nilai α maka semakin baik digunakan sebagai peredam suara.

Tabel 6. Hasil pengujian absorpsi suara komposit limbah serat rami dan poliuretan

Frekuensi (Hz)	Nilai koefisien absorpsi suara limbah serat rami + poliuretan		
	85:15	90:10	95:5
100	0,042	0,020	0,027
125	0,033	0,024	0,074
160	0,050	0,038	0,099
200	0,066	0,046	0,071
250	0,080	0,050	0,154
315	0,088	0,043	0,192
400	0,099	0,065	0,271
500	0,144	0,139	0,380
630	0,145	0,242	0,569
800	0,247	0,360	0,714
1000	0,347	0,642	0,848
1250	0,454	0,742	0,912
1600	0,642	0,792	0,721
2000	0,743	0,613	0,654
2500	0,741	0,520	0,537
3150	0,542	0,411	0,490
4000	0,427	0,320	0,351
5000	0,321	0,281	0,344

Data pada Tabel 6 dan 7 menggambarkan bahwa nilai koefisien absorpsi suara setiap sampel berbeda seiring dengan perbedaan frekuensi dan fraksi massa serat. Hal ini disebabkan oleh perbedaan komposisi dari masing-masing sampel yang menyebabkan perbedaan kerapatan, atau dapat pula disebabkan oleh ketidakhomogenan sampel yang timbul akibat tidak meratanya persebaran serat, yang pada akhirnya berdampak pada nilai koefisien absorpsi suara.^{20,21} Berdasarkan tabel tersebut, nilai koefisien absorpsi tertinggi terdapat pada rentang frekuensi 1000 Hz dengan nilai α 0,988. Hal ini sejalan dengan referensi yang

melaporkan bahwa setiap penambahan fraksi filler belum tentu menaikkan nilai α , karena fraksi filler yang tinggi akan cenderung tidak homogen distribusinya atau bisa dikatakan teraglomerasi pada satu titik, sehingga berpengaruh pada nilai α .^{5,22} Pada rentang 2000 Hz, nilai α cenderung menurun hal ini disebabkan karena karakteristik dari material dalam merefleksikan suara pada frekuensi tersebut.²

Tabel 7. Hasil pengujian absorpsi suara komposit serat rami dan poliuretan

Frekuensi (Hz)	Nilai koefisien absorpsi suara serat rami+ poliuretan		
	85:15	90:10	95:5
100	0,068	0,028	0,027
125	0,049	0,034	0,064
160	0,056	0,045	0,089
200	0,072	0,052	0,074
250	0,083	0,075	0,113
315	0,089	0,055	0,182
400	0,092	0,072	0,264
500	0,141	0,158	0,392
630	0,225	0,256	0,611
800	0,307	0,384	0,864
1000	0,457	0,658	0,988
1250	0,666	0,892	0,931
1600	0,762	0,812	0,764
2000	0,856	0,725	0,617
2500	0,851	0,594	0,555
3150	0,677	0,461	0,477
4000	0,527	0,375	0,429
5000	0,458	0,321	0,472

Selain itu, hasil ini disebabkan juga oleh kekasaran permukaan (*surface roughness*) dari kombinasi poliuretan dengan material itu sendiri turut mempengaruhi kemampuan absorpsi suara.²⁰ Kekasaran permukaan komposit yang telah dibuat tidak diuji secara langsung dalam studi ini, namun parameter ini sangat dipengaruhi oleh kehalusan serat yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Secara umum serat limbah rami memiliki tekstur yang lebih kasar dibanding serat rami, perbedaan ini turut berpengaruh pada kekasaran permukaan komposit peredam suara yang dibuat.

Berdasarkan hasil pada Tabel 6 dan 7 terlihat bahwa α tertinggi diperoleh pada frekuensi tinggi. Hal ini sesuai dengan penambahan fraksi massa di setiap frekuensinya, nilai α cenderung meningkat. Hal ini dikarenakan penambahan fraksi massa cenderung meningkatkan kekasaran permukaan dan juga meningkatkan luas permukaan dari *interface* antara poliuretan dengan serat rami dan limbah serat rami, di mana energi akustik dapat diubah menjadi energi panas. Pada jenis *porous absorber* terjadi perambatan suara pada jaringan yang terhubung antar pori yang dapat mengubah energi

akustik menjadi energi panas. Suara yang terserap bergerak menuju jaringan bagian dalam dengan bergesekan dengan udara. Gesekan inilah yang diubah menjadi energi panas. Bentuk morfologi yang halus dari filler akan seolah-olah memberi jalan untuk gelombang suara terserap. Sehingga nilai α lebih baik.^{19,23,24} Dari hasil uji diketahui bahwa pada frekuensi acuan (5000 Hz) komposit poliuretan dan limbah serat rami memberikan koefisien serap bunyi maksimum 0,472 berarti dapat memenuhi standar minimal koefisien serap bunyi sesuai ISO 11654:1997 ($\alpha = 0,25$).

Hasil penambahan 5% partikel poliuretan, setiap rentang frekuensi cenderung menurun dibanding fraksi lain. Hal ini dikarenakan komposit 5% poliuretan memiliki densitas yang lebih tinggi dari yang lainnya. Penambahan densitas ini dapat menjadi penyebab berkurangnya nilai α , karena dengan penambahan fraksi, akan menyebabkan ukuran pori mengecil akibat pori terisi dengan filler. Menyusutnya pori dapat menurunkan kemampuan material dalam mengabsorpsi suara, namun demikian setiap penambahan fraksi filler belum tentu meningkatkan nilai α , karena fraksi filler yang tinggi cenderung terdistribusi tidak homogen atau teraglomerasi pada satu titik.²⁵ Fenomena ini berpengaruh signifikan pada nilai α . Pada rentang 1000 Hz, nilai α cenderung menurun drastis, hal ini disebabkan karena karakteristik dari material dalam merefleksikan suara pada frekuensi tersebut. Selain itu, hasil ini disebabkan juga oleh *surface roughness* dari kombinasi poliuretan dengan serat rami dan limbah serat rami yang mempengaruhi kemampuan absorpsi suara pada rentang frekuensi 1000 Hz.²⁰

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah berhasil dibuat komposit peredam suara dengan material penguat serat rami dan limbah serat rami, dan matriks poliuretan. Peningkatan fraksi serat rami dan limbah serat rami dalam komposit peredam suara ditemukan berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan tarik, densitas, dan koefisien absorpsi suara. Kekuatan tarik komposit tertinggi dicapai pada spesimen komposit berbasis serat rami sebesar 235,2 N pada perbandingan 95:5, sedangkan pada spesimen komposit berbasis limbah serat rami adalah sebesar 166,6 N pada perbandingan 95:5. Nilai densitas tertinggi dicapai oleh komposit serat rami pada perbandingan 95:5 sebesar 1,7 gr/cm³. Koefisien absorpsi bunyi tertinggi pada berbagai rentang frekuensi dicapai oleh komposit serat rami pada perbandingan 95:5 sebesar 0,988. Hasil yang dicapai oleh komposit optimum memenuhi standar ISO 11654:1997 dengan nilai minimal koefisien absorpsi bunyi (α) sebesar 0,25.

PUSTAKA

1. Jayamani, E dan Hamdan, S., Natural Fiber Composites, Sound Absorption Coefficient, Two Microphone Method. *Advanced Materials Research*, **701** (2013).
2. Eriningsih, R., Widodo, M., dan Marlina, R.. Pembuatan Dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam. *Arena Tekstil* **29(1)** (2014).
3. Howard, Martin, D. dan Jamie, A., *Acoustic and Psychoacoustic 4th Edition*. Oxford United Kingdom (2009).
4. Lee, Y.E., dan Joo, C.W., Sound Absorption Properties of Thermally Bonded Nonwovens Based on Composing Fibers and Production Parameters, *Journal of Applied Polymer Science* **92(4)** pp.2295 - 2302 (2004).
5. Berardi, U., dan Iannace, G., Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications. *Building and Environment*. **22 (30)** (2015)
6. Ozturk, M.K., Neng, B.U., dan Candan, C.A *Study on the Influence of Fabric Structure on Sound Absorption Behavior of Spacer Knitted Structures*, International Conference - TEXSCI. Istanbul, Turkey: Department of Textile Engineering, pp. 6–8 (2010).
7. Moretti, E., Belloni, E., dan Agosti, F., Innovative mineral fiber insulation panels for buildings: Thermal and acoustic characterization. *Applied Energy*, **169**, pp. 421–432. (2016).
8. Noerati, S. *Teknologi Tekstil: Bahan Ajar Pendidikan dan Latihan Profesi Guru*. Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil (2013).
9. Novarini, E., dan Sukardan, M. D. Potensi Serat Rami (*Boehmeria Nivea S. Gaud*) Sebagai Bahan Baku Industri Tekstil Dan Produk Tekstil Dan Tekstil Teknik. *Arena Tekstil*, **30(2)**, pp. 113–122. (2018).
10. Franck, R.R, *Bast dan Other Plant Fiber*, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, England (2005).
11. Mulyawan, A. S., Wibi Sana, A., dan Kaelani, Z. Identifikasi Sifat Fisik Dan Sifat Termal Serat-Serat Selulosa Untuk Pembuatan Komposit, *Arena Tekstil*, **30(1)**, 75–82 (2015).
12. Xia, Z., Yao, C., Zhou, J., Ye, W., dan Xu, W., Comparative study of cotton, ramie and wool fiber bundles thermal and dynamic mechanical thermal properties. *Textile Research Journal*, **86(8)**, pp. 856–867, (2015).
13. Farid, M.T. dan Heriyanto, Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Incidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials, *Advance Material Research*, Vol.789, pp.269–273 (2013).
14. Farid, M.S.P., Ahaddin, E.E., Farid, M., dan Pratiwi, V. M., Analisa Pengaruh Fraksi Massa Terhadap Kekuatan Komposit Poliuretan / Serat Bambu Betung dengan Metode Hand Lay-up Untuk Aplikasi Door Panel Mobil. *Jurnal Teknik & Industri* **5(2)**. (2016).
15. Syafri, E., Kasim, A., Abral, H., Asben, A., dan Sudirman, S.. Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Bioplastik Berbasis Filler Cellulose Micro Fibers Rami. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **19(2)**, (2018).
16. Fatkhurrohman, M. A., dan Supriyadi. Tingkat Redam Suara Suatu Bahan (Triplek, Gypsum DAN Styrofoam). *Jurnal Fisika*, **3(2)**, pp. 138–143. (2013).
17. Ghozali, M., Saputra, A. H., dan Triwulandari, E.. Modifikasi Epoksi Dengan Poliuretan Tanpa Melalui Tahap Prepolimer Poliuretan. *Jurnal Sains Materi Indonesia Bahan dan Alat*. **15(4)**, pp. 208–213. (2014).
18. Gayatri. *Processing and Characterization of Pultruded Polyurethane Composites*. Huntsman International LLC. Michigan-USA (2014).
19. Rosamah, E., Properties Enhancement Using Oil Palm Shell Nanoparticles Polyester Composite. *Advance Composite Materials*, (2016).
20. Chan dan Shan, W., Study of Flexible Polyurethane Foams Reinforced with Coir Fibres and Tyre Particle. *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, **2(2)**, (2012).
21. Tang, X., dan Yan, X.. Acoustic Energy Absorption Properties of Fibrous Materials : A Review. *Composites Part A*, (2017).
22. Farid, M., Ardhyana, V.M., Pratiwi, S.P., dan Wulandari. Correlation between Frequency and Sound Absorption Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre. *Advanced Materials Research*. **1112**, pp. 329-332. (2015).
23. Jayamani, E., Hamdan, S., Rahman, M.R., dan Bakri, M.K., Study of Sound Absorption Coefficients and Characterization of Rice Straw Stem Fibers Reinforced Polypropylene

- Composite, *Bioresources* **10(2)** pp. 3378-3392 (2015).
24. Hidayat, A. D. S., Farid, M., dan Wibisono, A. T., Karakterisasi Morfologi Sifat Akustik Dan Sifat Fisik Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Dendrocalamus Asper Untuk Otomotif. *Jurnal Teknik ITS*, **6(2)**. (2017).
25. Irwan, Y., *Karakteristik Akustik Papan Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks keramik*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Nasional (2013)
-

