

Identifikasi Karakteristik Limbah Bulu Ayam sebagai Material Panel Akustik

Ansarullah¹, Ramli Rahim², Baharuddin³, Asniawaty⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

Email korespondensi: ansarullah.ansarullah@umi.ac.id

Abstrak

Perkembangan ekonomi dibidang peternakan cukup menjanjikan, bisa kita lihat dengan menjamurnya usaha rumah potong ayam, ini juga terbukti bahwa hampir disetiap rumah makan dan restoran, sampai kepada warung warung makan dipinggir jalan tidak pernah lepas dari menu daging ayam, Daging ayam yang setiap harinya kita konsumsi mempunyai bulu yang merupakan sampah atau limbah dari akibat pemotongan ayam yang akan dikonsumsi dagingnya dan banyak kita lihat di sekitar kita. Keberadaan Bulu Ayam yang setiap hari diproduksi dan masih belum banyak dimanfaatkan. Ada beberapa penelitian telah membuktikan bahwa bulu ayam bisa digunakan untuk bahan akustik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik bulu ayam untuk diciptakan sebagai material panel yang nantinya diaplikasikan pada bidang arsitektur. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan mengolah limbah bulu ayam menjadi sebuah produk panel, dengan melakukan beberapa tahapan, diantaranya dengan cara seleksi material bulu ayam, proses pembersihan, proses pengeringan, proses pengilingan, proses pembentukan dan permodelan panel serta proses pengeringan. Ada beberapa hasil yang didapat akibat proses identifikasi karakteristik limbah bulu ayam menjadi sebuah panel yang selanjutnya akan dijadikan sampel pada pengujian daya serap suara panel limbah bulu ayam di laboratorium.

Kata-kunci: Identifikasi, Karakteristik, Panel, Penyerap Suara, Limbah Bulu Ayam.

Pendahuluan

Daging Ayam yang sering kita konsumsi setiap harinya memiliki bulu dan bulu ini merupakan limbah yang dapat kita manfaatkan dalam sebuah penelitian karena mengandung keratin dan protein yang biasa kita temui pada rambut, kuku, tanduk dan wool, sehingga menjadikannya kuat, tangguh dan ringan. Limbah ini sangat mudah didapat mengingat konsumsi daging ayam terus meningkat, bisa kita lihat dari hamper semua rumah makan dan restaurant serta warung warung dipinggir jalan tidak lepas darimenu daging ayam sehingga penjualan daging ayam, dapat kita lihat mulai dari pasar moderen, pasar tradisional, pasar kagetan yang berada di pinggir jalan, sampai pada pedagang keliling. Meningkatnya permintaan akan daging ayam pedaging disebabkan harga daging ayam dapat dijangkau oleh konsumen mulai dari taraf ekonomi menengah sampai pada taraf ekonomi atas (Marlin,2013),. Dengan demikian permintaan daging ayam cenderung mengalami peningkatan.

Akibat dari meningkatnya permintaan akan daging ayam pedaging dari usaha pemotongan ayam, memunculkan masalah limbah dari sisa pengolahan daging ayam. Hasil pemotongan ternak unggas ini menghasilkan rata-rata bobot bulu 4-9 % dari bobot hidup (Arifin, 2008). Kandungan nutrisi bulu ayam mengandung sekitar 91% protein (keratin), 1% lipid, dan 8% air. Tumbuh pesatnya industri ini berarti makin banyak limbah yang dikeluarkan dan mengakibatkan permasalahan yang kompleks bagi lingkungan sekitar (Erlita, 2011). Sehingga teknologi dan metode pembuangan dan pemanfaatan limbah diperlukan untuk mengurangi ancaman terhadap lingkungan (Thyagarajan, 2013).

Bulu Ayam pada dasarnya sudah dimanfaatkan salah satunya adalah menjadi bahan pengisi bantal, pembuatan kemoceng dan bahan asesoris. Bulu ayam merupakan limbah yang banyak menarik perhatian peneliti dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pada tahap awal telah dilakukan penelitian akan kemungkinan pemanfaatan penggunaan limbah sebagai bahan baku panel. Adapun limbah yang dipilih adalah bulu ayam mengingat material ini memiliki karakteristik sebagaimana bahan-bahan untuk keperluan akustik, seperti elastisitas cukup tinggi dan mengandung rongga udara. Penelitian awal menunjukkan bahwa bulu ayam sangat potensial digunakan sebagai bahan baku panel (Haisa, 2015). Namun demikian, penelitian lanjutan mengenai identifikasi karakteristik limbah bulu ayam akan kemampuannya menjadi sebuah panel akustik sementara dilakukan dengan beberapa eksperimen dan perlakuan.

Kemampuan panel dimaksud sebagai bahan panel akustik, perlu dilakukan pengujian dengan cara mencampurkan bulu ayam dan semen putih jenis skim coat dengan campuran air sebagai bahan material pembuatan panel akustik. Material akustik berupa panel untuk keperluan meredam suara dan meningkatkan kualitas bunyi pada ruang. Kebutuhan yang mendasar pada sebuah bangunan atau ruang karena ruangan adalah tempat aktifitas manusia. Kualitas akustik dalam ruangan mempengaruhi kenyamanan, produktifitas, serta kesehatan penghuni atau penggunaanya. Pada kenyataannya pencapaian kualitas tersebut kerap kali terabaikan karena biaya penanganannya yang cukup tinggi terutama pada bangunan fasilitas umum dan bangunan pribadi.

Eksperimen ini merupakan bagian dari rangkaian penelitian mengenai Pemanfaatan Material Limbah Bulu Ayam Sebagai Material Pembuat Panel Akustik. Dan selanjutnya peneliti mencoba bereksperimen kembali dengan mengidentifikasi karakteristik limbah bulu ayam dengan membuatnya menjadi beberapa model panel akustik dengan beberapa perlakuan.

Karakteristik Bulu Ayam

- Bulu merupakan ciri khusus yang dimiliki oleh bangsa unggas dan berperan penting secara fisiologis dan fungsional.
- Bulu ayam merupakan bagian dari tubuh ayam yang berfungsi sebagai pelindung untuk menjaga dirinya dari dingin dan panas, dan sangat berguna dalam hal pengaturan suhu tubuh.
- Bulu tersusun sangat teratur, dengan struktur tangga bercabang, dan unggas merupakan golongan vertebrata yang memiliki struktur keratin yang paling kompleks (Yu, 2002).
- Bulu ayam memiliki kandungan sejenis protein, protein dengan ketahanan tinggi dapat ditemukan pada rambut, kuku, dan tanduk binatang, yang juga terdapat pada rambut manusia.
- Sekitar setengah dari bagian bulu ayam terdiri bulu halus dan setengah bagian yang lain merupakan bagian selubung bulu yang menjadi inti pusat bulu dengan struktur tabung hampa.
- Bulu memiliki sifat mekanik yang baik, kepadatan rendah dan juga tulang bulu (rachis) yang berupa tabung memiliki struktur internal yang mirip busa (Meyers dkk. dalam Martinez, 2012).
- Bagian bulu halus dan selubung bulu tersebut terbuat dari keratin, adanya ikatan keratin dengan kandungan 85-90% dari kandungan proteinnya dengan sifat sukar larut dalam air menjadikan bulu ayam cukup tahan lama.
- Struktur keratin yang merupakan komponen utama penyusun bulu ayam mempengaruhi ketahanan kimianya, karena adanya ikatan silang yang luas antara asam amino dan ikatan kovalent antara masing-masing struktur menunjukkan bahwa keratin menunjukkan daya tahan yang baik dan ketahanan terhadap degradasi.
- Folikel bulu tersusun secara teratur dalam suatu baris atau saluran.
- Bulu ayam terbuat dari keratin dan protein yang juga dapat kita temui pada rambut, kuku, tanduk dan wool, sehingga menjadikannya kuat, tangguh dan ringan. komponen khusus keratin yang sangat kuat terhadap kerusakan yang timbul dari bahan kimia (asam, basa) maupun fisika (panas, dingin, tekanan). Bila dibandingkan dengan serat sintesis, bulu lebih

kesat dan mengikat bahan. Dengan dasar tersebut bulu bisa digunakan untuk pembuatan material bangunan berupa panel.

- Berat bulu ayam menurut Card (1962) berkisar antara 4-9% dari bobot hidup.
- Limbah bulu ayam menjadi bahan yang realistis dipertimbangkan sebagai bahan utama karena ketersediaannya yang melimpah dan sifat-sifat fisik bulu dan batangnya yang secara teoritis mampu menjadi bahan akustik yang baik.

Metode Penelitian

Penelitian ini mengenai identifikasi karakteristik limbah bulu ayam menjadi material panel akustik merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya, mengidentifikasi pengabungan material limbah bulu ayam dengan semen putih dalam proses pembentukan panel yang nantinya bisa digunakan sebagai material panel dinding akustik.

1. Bahan

- limbah bulu ayam yang telah dibersihkan dan diiling halus.
- PVAc dan Semen putih jenis skim coat (semen sebagai bahan pelamur dinding).
- Air sebagai pencampur dari dua material.

2. Alat

- Cetakan sampel dari balok kayu ukuran 20cm × 20cm dan besi pipa diameter 10 cm.
- Mesin press hidrolot material.
- Oven Listrik
- Gelas Ukur.
- Wadah aluminium dan sendok pengaduk.
- Timbangan digital.
- Plastik tipis

Cara mengidentifikasi karakteristik panel bulu ayam yang telah dicuci bersih dan digiling dengan melakukan beberapa tahapan dengan dua variabel dan hasilnya dapat dilihat dari hasil tahapan eksperimen;

Hasil Penelitian

Dalam proses identifikasi dan pengolahan limbah bulu ayam menjadi sebuah produk panel dilakukan beberapa kali eksperimen, dan hasilnya beberapa eksperimen dianggap tidak berhasil dan gagal diantaranya:

No	Hasil Sampel	Keterangan
1.		Proses pembuatan panel awalnya menggunakan limbah bulu ayam secara utuh, karena sifat bulu ayam yang halus, licin dan memiliki tabung yang kaku serta elastis maka disaat dibentuk dalam wadah panelnya terbentuk, tapi setelah dikeluarkan dari wadah dan kering bulunya kembali pada bentuk semula dan eksperimen dianggap gagal.

Identifikasi Karakteristik Limbah Bulu Ayam sebagai Material Panel Akustik

2.



Proses pembuatan panel, tekanan press yang dipergunakan 25 kg/cm^2 sehingga pemadatan sangat keras mengakibatkan tidak ada unsur pengikat atau perekat pada panel bulu, disaat etakan dilepas panel tidak bisa terbentuk dikarenakan sifat dari bulu muda meresap air tapi tidak dapat menahan air karena memiliki karatin yang licin.

3.



Pada proses pembuatan panel, peneliti belum menemukan modul dan komposisi yang tepat, antara bulu dan lem sebagai perekat serta air, sehingga panel yang telah dicetak atau dibuat setelah kering berhamburan kembali dan lepas dari modul cetakan dan panel tidak terbentuk.

4.



Pembuatan panel dilakukan dengan menggunakan cetakan panel yang sangat tipis terbuat dari kaleng biskuit, sehingga disaat material ditekan kondisi cetakan tidak bisa mempertahankan bentuk semula karena bahannya sangat tipis sehingga hasil panel tidak sesuai dengan modul panel.

5.



Pembuatan panel dilakukan dengan menggunakan alas cetakan dari kertas, sementara bahan pembuat panel adalah lem disaat panel dipadatkan maka dengan sendirinya kertas itu melengket, pada saat cetakan dilepas bulupun ikut sehingga permukaan panel tidak rata.

6.



Pembuatan panel dilakukan dengan menggunakan cetakan persegi $22 \times 40 \text{ cm}$, sehingga bentangan panel lebar dan besar, ketebalan tipis, tekan rendah, kondisi belum terlalu padat dan kering langsung diangkat menyebabkan material panel mudah patah dan rusak.

7.



Pada proses pembuatan panel, penggunaan material bulu terlalu besar sementara perekat yang dipergunakan berupa perekat PVAc kurang cuma 20%, sehingga hasil panel kelihan sangat rapuh. Penggunaan air terlalu besar sehingga kualitas lem hilang

8.



Pada proses pembuatan panel, waktu yang dipergunakan dalam proses pemanasan atau pengeringan didalam oven listrik terlalu lama dan suhu 200°C, sehingga material panel kelihatan hangus

9.



Pada proses pembuatan panel, penggunaan material lem terlalu besar yakni 40%, sehingga material panel dalam kondisi sangat kaku dan kelihatan mengkilat

10.



Pada proses pembuatan panel, peneliti mencoba menggunakan semen putih dicampur air dan bulu, hasilnya cukup bagus cuma kondisi panel sangat padat dan berat sehingga diperkirakan daya serap suara nantinya kurang sehingga tidak memungkinkan untuk dijadikan sebagai panel penyerap suara.

Dari beberapa eksperimen yang dilakukan oleh peneliti dan menghasilkan kegagalan, tapi pada akhirnya dengan terus mencoba, berusaha serta berkonsultasi dengan beberapa pihak akhirnya meneliti menemukan komposisi yang tepat dari beberapa perlakuan dalam pembuatan panel dengan pemanfaatan limbah bulu ayam.



Gambar 1 . Contoh sampel dengan perlakuan bulu ayam dan perekat PVAc

Hasil penelitian ini berupa panel akustik berbentuk lingkaran ukuran Ø10 cm dengan tebal 1,6 cm, dan 3 cm, untuk perlakuan pencampuran bulu ayam dengan perekat PVAc untuk digunakan pada pengujian koefisien absorpsi menggunakan tabung impedansi type 4206.

Kesimpulan

Pada proses ini bahwa bulu ayam dapat dibentuk menjadi panel akustik dengan cara bulu ayam dicacah halus atau digiling , Sementara PVAc ditimbang untuk selanjutnya dilarutkan dalam air 15% dari 150% air yang telah dipersiapkan dan diaduk dengan sendok supaya menyatu dan merata dengan lem. Bulu ayam yang telah digiling ini kemudian dicampur dengan larutan PVAc. Setelah ketiga bahan ini telah tercampur dengan baik dan merata, selanjutnya dilakukan tahapan pencetakan sampel panel dengan model, ukuran serta ketebalan berbeda yang menjadi bagian dari penelitian. Campuran PVAc- bulu ayam dimasukkan dalam cetakan, kemudian ditekan dengan menggunakan press hidrolit pada tekanan 100 MPa kemudian dimasukkan kedalam oven listrik dengan temperature 100 C selam 60 menit, kemudian diangin anginkan atau disesuaikan dengan kondisi ruang yang ada.

Selanjutnya panel yang telah dibuat dilepaskan dari wadahnya lalu dimasukkan kembali kedalam oven listrik untuk kedua kalinya dengan waktu sama guna memberi kekakuan bentuk pada panel yang telah dicetak. Kemudian panel yang sudah jadi dikeringkan beberapa hari pada tempat yang langsung kena sinar matahari. Setelah kering barulah sampel panel yang telah dibuat siap untuk diuji daya serap suaranya pada *Unechoic Chamber Acoustic Workshop, Building Science Laboratory* Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Daftar Pustaka

Acda, M. N. (2010). Waste Chicken Feather as Reinforcement in Cement-Bonded Composites. *Philippine Journal of Science*. 139 (2), 161 – 166. Desember.

Arifin, T. (2008). *Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Potong Metode Pengukuran Untuk Bahan Ransum Ayam Potong*. Master Tesis-Pengelolaan Sumber Daya Alam & Lingkungan. USU Institutional Repository

Asdrubali, F. (2007). *Green and Sustainable Materials For Noise Control In Buildings*. 19th International Congress on Acoustics. *Madrid*, 2-7 September 2007.

ASTM. (1998). STD. ASTM E1050-98. C 384: *Standart Test Method for Impedance and Absorbtion of Acoustical Materials Using A Tube, Two Microphones and A Digital Frequency Analysis System*. Amerika.

Attenborough, K., (1996). *Porous Materials for Scale Model Experiments In Outdoor*

Bucur, V. (2006). *Acoustic of Wood*. 2nd Edition. Springer: CRC Press.

Budianto, R. (2013). *Desain Bioball Berbahan Komposit Bulu Ayam Resin Polyester: Sifat Material, Karakteristik Bentuk dan Karakteristik Hidraulik* (tesis). *ASEAN Journal of Systems Engineering*, 1 (2), 68-71.

- Callender (1974). *Time Server Standars for Arcitectural Design Data. Fifth Edition*. McGraw-Hill Book Company. Kingsports Press. USA
- Cox, T. J., & D'Antonio, P. (2009). *Acoustic Absorbers and Diffusers Theory, Design and Application*. New York: Taylor & Francis.
- Dewi, A. K. (2015). Material Akustik Serat Pelepah Pisang (*Musa acuminax balbasiana calla*) Sebagai Pengendali Polusi Bunyi. *Jurnal Fisika Unand*. 4 (1).
- Doelle, L. L. (1985). Akustik Lingkungan. Terjemahan Oleh: Lea Prasetia. Surabaya: Erlangga.
- Dowell, E. H. (1978). Reverberation Time, Absorption, and Impedance. *Journal of The Acoustical Society of America* 64 City, 181.
- Egan, M. D. (1972) *Concepts in Architectural Acoustic*. McGraw Hill, Inc., New York.
- Jati, B. M. E., & Prasetio, A. (2009). Karakterisasi Sejumlah Bulu Unggas Sebagai Bahan Sensor Kelembaban Udara. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan, dan Penerapan MIPA*, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kurniawan, O. dkk. (2015). Eksperimen Perancangan Kemampuan Daya Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Gelombang. *Jurnal Itenas Rekarupa*, 3 (1).
- Gabriel, J. F. 2001. *Fisika Lingkungan*. Jakarta: Hipokrates.
- Setyanto, R. H., Priyadithama, I., & Maharani, N. (2011). Pengaruh Faktor Jenis Kertas, Kerapatan, dan Presentase Perekat Terhadap Kekuatan Bending Komposit Panel Serap Bunyi Berbahan Dasar Limbah Kertas dan Serabut Kelapa. *Performa*, 10 (2), 89-94.
- Himawanto, D. A. (2007). Karakteristik Panel Akustik Sampah Kota Pada Frekuensi Rendah dan Frekuensi Tinggi Akibat Variasi Kadar Bahan Anorganik. *Jurnal Teknik Gelagar*, 18 (1), 19-24.
- Miasa, I. M. M., Sriwijaya, R. (2004). Penelitian Sifat-Sifat Akustik dari Bahan Kertas dan Plastik Sebagai Penghalang Kebisingan. *Media Teknik*, (1), hal.68-71.
- Iskandar, M. I., & Supriadi, A. (2015). Peningkatan Mutu Papan Partikel Melalui Peningkatan Kadar Perekat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33 (2), 145-151.
- Jailani, M., Nor, M., Jamaludin, N., Tamiri, F. M. (2004). A Preliminary Study of Sound Absorption Using Multi-Layer Coconut Coir Fibers. *Electronic Journal "Technical Acoustics"*, diakses 16 Maret 2016. <http://ta.org.ru>
- Janssen, J. J. A. (1981). *The Importance of Bambu as Building Material. Bamboo Current Research*. KFRI, India and IDRC. Chocin, India.
- Japanese Standard Association (JSA). 1963. JIS A 1405. *Methods of Test for Sound Absorption of Acoustical Material by the Tube Method*. Jepang: Japanese Standard Association.
- Japanese Standard Association (JSA). 2003. JIS A 5908: *Particleboards*. Jepang: Japanese Standard Association.
- Ketaren, N. B. R. (2008). *Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Sebagai Sumber Protein Ayam Pedaging Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Tesis Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan.
- Kinsler, L. E., Frey, A. R., (1982). *Fundamental of Acoustics*, John Wiley & Sons. Inc, New York.
- Kollman, etc. (1975). *Principles of Wood Science and Technology, 2. Wood Based Materials*. Springer-Verlag New York Heidelberg Berlin.
- Kurniawan, O. Dkk. (2015). Eksperimen Perancangan Kemampuan Dayap Serap Panel Akustik dari Sampah Kotak Karton Gelombang. *Jurnal Itenas Rekarupa*, 1 (3), 2015 ISSN 20088-5121.
- Prasetyo, L. (1993). *Akustik Lingkungan*, Erlangga, Jakarta.
- Jailani, M., Nor, M., Nordin, J., Fadzliita, M. T. (2004). Apreliminary Study of Sound Absorption Using Multi-Layer Coconut Coir Fibers, *Electronic Journal Technical Acoustics*. <http://webcenter.ru> akses 16 03 2016
- Swift, M. J., etc. (1999). Acoustic Absorption in Re-Cycled Rubber Granulate, *Applied Acoustics*, 57 (3), 203-212.
- Mangunwijaya, Y. B. (2000). *Pengantar Fisika Bangunan*. Djembatan. Jakarta.
- Marlin & Leni. (2013). *Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Daging Ayam Ras Pada Rumah Tangga Di Kelurahan Gunung Sari Kecamatan Rappocini Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Maloney, T. M. (1993). *Modern Particleboard and Dry Process Fibreboar Manufacturing*. Miller Freeman Inc. San Fransisco.
- Martiandi, B. (2010). *Karakteristik Panel Akustik Komposit Kayu Afrika (Maesopsis eminii, Engl) dengan Penambahan Styrofoam dan Polyfoam*. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Mediastika, C. E. (2008). "Jerami Sebagai Bahan Baku Panel Akustik Pelapis Dinding". *Dimensi Teknik Arsitektur*, 36 (1), 20-27.
- Mediastika, C. E., 2008. "Kualitas Akustik Panel Dinding Berbahan Baku Jerami". *Dimensi Teknik Aritektur*. 36 (2), 127-134.
- Mediastika, C. E. (2005). *Akustika Bangunan*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Mediastika, C. E. (2008). Kualitas akustik panel dinding berbahan baku jerami. *Journal of Architecture and Built Environment*, 127- 134 ISSN 0126-219X.
- Thyagarajan, D. dkk., (2013). Scope of Poultry Waste Utilization. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)* eISSN: 2319-2380, p-ISSN: 2319-2372. Volume 6.
- Templeton, D., Saunders, D. (1987). *Acoustic Design, the Architectural*. Press, London.

- Putra, A., Abdullah, Y., Efendy, H., Farid, M. W., Ayob, R. Md., & Sajidin, M. Py. (2012). *Utilizing Sugarcane Wasted Fibers As A Sustainable Acoustic Absorber*. MUCET Part 2 Mechanical And Manufacturing Engineering, Malaysian Technical Universities Conference on Engineering & Technology.
- Purkuncoro, E. A. Dkk, (2014). Pemanfaatan Komposit Hybrid Sebagai Produk Panel Pintu Rumah Serat Bulu Ayam (Chicken Feather) Dan Serat Ijuk (Arenga Pinata) Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Thermal Komposit Hybrid Matrik Polyester. *Simposium Nasional RAPI XIII – 2014 FT UMS*. ISSN 1412-9612
- Prakarsa (2013). "Manajemen Persampahan". *Jurnal Prakarsa Infrastruktur Indonesia*. Oktober, 15 (6).
- Ridhola, F., & Elvaswer (2015). Pengukuran Koefisien Absorpsi Material Akustik Dari Serat Alam Ampas Tebu Sebagai Pengendali Kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 7 (1), Maret 2015 ISSN 1979-4657.
- Russell, D. A. (2002). "Absorbtion Coefficient and Impedance". Science and Mathematics Department, Kettering University, Flint, MI, 48504.
- Sasongko, D. P., Hadiyanto, A., Subagyo, A., Hadi, S. P., & Asmorohadi, N., (2000). *Kebisingan Lingkungan*, Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Simatupang, V. (2007). *Uji akustik Bahan Absorber dengan Variasi Konfigurasi Core dari Bahan Komposit Berbasis Serat Alami* (Serbuk Kelapa), tesis. ITB. Bandung.
- Siscawati, Evy. 2011. *Plastik Ramah Lingkungan dari Sampah Bulu Ayam*, diakses 16 Maret 2016. <http://www.faktailmiah.com>
- Suharyani, Dkk. (2014). Pemanfaatan Limbah Pelepeh Pisang Raja Susu Untuk Bahan Material Dinding Kedap Suara. *Simposium Nasional RAPI XIII 2014* ISSN 1412-9612.
- Suptandar, J. P. (2004). *Faktor Akustik dalam Perancangan Disain Interior*. Jakarta: Ikrar Mandiri abadi.
- Sonikiawan, Dkk. (2010). *Pemanfaatan Limbah Rambut Salon Sebagai Serat Penguat Pada Roof Fiber Glass Cetak Tembus Sinar*, diakses 16 Maret 2016. <http://kemahasiswaan.um.ac.id>
- SNI No.03–1027–1995. *Lembaran Asbes Semen Rata*. Dewan Standarisasi Indonesia.
- Sudjana (2005). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sutigno, P. (2006). Mutu Papan Partikel. Akses 16 Maret 2016. <http://www.dephut.go.id>
- Tsomis, G. (1991). *Science and Technology of Wood (Structure, Properties, Utilization)*. New York: Van Nostrand.
- Quintero, R. A. (2007). *Measurement of the sound-absorption coefficient on egg cartons using the Tone Burst Method*, *Departamento de Ingeniería Electrónica*, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Av. Eduardo Madero 399, Argentina, Springer.
- Vick C. B. (1999). *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Chapter 9. Adhesive Bonding of Wood Materials*. Forest Products Society.USA.
- Widarmana, S. (1977). Panil–panil Berasal dari Kayu Sebagai Bahan Bangunan. *Proceeding Seminar Persaki* Pengurus Pusat Bogor.
- Wijaya, I., & Elvaswer. (2015). Pengujian Koefisien Absorpsi Dari Material Akustik Serat Alam Limbah Ampas Tempe Untuk Pengendali Kebisingan. *Jurnal Fisika Unand 4 (2)*, April 2015 ISSN 2302-8491.
- Wirajaya, A. (2007). *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami sebagai Absorber Suara*. Tesis. ITB. Bandung.
- Yahya, dkk (2004). *Achievement on Development a New Design of Low Frequency Noise Absorber with Coupled Pyramid-Shaped Element*, 1st Jogjakarta Regional Physics Conference.
- Young, H.D., etc. (2003). *Fisika Universitas. (Edisi kesepuluh, jilid 2)*, Jakarta Erlangga.
- Yuliantika, S. (2015). Penentuan Koefisien Absorpsi Dan Impedansi Material Akustik Resonator Panel Kayu Lapis (Plywood) Berlubang Dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, 7 (2) September 2015 ISSN 1979-4657.
- Zakaria (1996). *Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Produksi PT. Paparti Pratama Cibadak Sukabumi*. Skripsi. Fakultas Kehutanan, IPB,Bogor.
- Zulfian & Muhammad S. P. (2009). Kajian Tentang Kemungkinan Pemanfaatan Bahan Serat Ijuk Sebagai Bahan Penyerap Suara Ramah Lingkungan. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 7 (2)*, 93-97, 2009 ISSN 1412-5064.
- Zulkarnain (2011). Pengurangan Tingkat Kebisingan Dengan Menggunakan Serat Sabut Kelapa Digunakan Sebagai Bahan Penyerap Bunyi. *Prosiding Seminar Nasional AVOER ke-3*. Palembang, 26-27 Oktober 2011. ISBN: 979-587-395-4.