

## Efektivitas *Polyvinyl Acetate* (PVAc) Sebagai Matriks Pada Komposit Sampah

Masturi<sup>1</sup>, Mikrajuddin<sup>2</sup>, Khairurrijal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang

<sup>2</sup> Fisika Institut Teknologi Bandung

Email : [tourfis@yahoo.com](mailto:tourfis@yahoo.com), [masturi@students.itb.ac.id](mailto:masturi@students.itb.ac.id)

### Abstract

*It was fabricated a composite using solid waste as filler and polyvinyl acetate (PVAc) as matrice. This work is as a solution of more serious solid waste problems. The solid waste used is paper waste and leaf one with their composition are 60% and 40% respectively. The crushed-solid waste then hot-pressed at 100 MPa of pressure and 150°C of temperature. Then, the compressive strength of composite before and after PVAc presence was investigated to get a composition in which the compressive strength is optimum.*

**Keywords:** composite, solid waste, polyvinyl acetate, compressive strength.

### Abstrak

*Telah dilakukan penelitian tentang fabrikasi material komposit dengan menggunakan sampah sebagai pengisi (filler) dan polyvinyl acetate (PVAc) sebagai pengikatnya (binder). Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu jawaban atas permasalahan sampah yang semakin serius. Sampah yang digunakan adalah sampah kertas dan daun dengan komposisi masing-masing 60% dan 40%. Sampah yang telah dihancurkan kemudian dihot-press pada tekanan 100 MPa dan temperatur 150°C. Didapatkan bahwa kekuatan tekan komposit sebelum kehadiran PVAc adalah 19,89 MPa. Selanjutnya dilakukan penambahan PVAc yang bervariasi dan dilakukan proses hot-pressing yang sama. Didapatkan kenaikan kekuatan tekan komposit dengan rentang antara 31,39% sampai 129,26%. Didapatkan pula fraksi massa optimum PVAc yang menghasilkan kekuatan tekan komposit maksimum adalah 0,22 dengan kekuatan tekan komposit sebesar 45,60 MPa.*

**Kata-Kata Kunci :** komposit, sampah, polyvinyl acetate, kekuatan tekan.

### PENDAHULUAN

Teknologi telah merambah ke semua sektor, tak terkecuali sektor *furniture*. Rekayasa material kayu di tengah isu lingkungan menjadi kajian yang cukup penting tersendiri yang cukup penting dalam pengembangan bidang ini [2]. Di sisi lain, isu sampah menjadi salah satu isu krusial lingkungan memerlukan perhatian serius dari semua pihak. Produksi sampah yang tidak sebanding dengan usaha pemanfaatan dan *recycle*-nya akan menjadi bom waktu bagi masyarakat.

Salah satu jawaban dari persoalan tersebut adalah pengolahan sampah menjadi bahan pengganti kayu. Ini menjadi hal sangat menjanjikan dan mempunyai fungsi strategis yang cukup tinggi. Di satu sisi, ini menjadi salah satu solusi persoalan persampahan, di sisi lain, dapat menekan penggunaan kayu sehingga dalam jangka panjang sangat berkontribusi dalam pelestarian lingkungan, utamanya hutan. Rekayasa teknologi yang memungkinkan untuk mewujudkan usaha itu adalah rekayasa komposit. Beberapa riset terkait yang pernah dilakukan adalah pengolahan sampah dedaunan menjadi material komposit dengan

menggunakan polimer resin-epoxy [7] dan pengolahan sampah pertanian menjadi komposit [11]. Melalui rekayasa komposit ini, sampah sebagai *filler* diisikan pada polimer pengikat (matriks) tertentu untuk diolah menjadi sebuah bahan yang kuat dan ringan. Salah satu polimer yang dapat digunakan dalam proses ini adalah *polyvinyl acetate* (PVAc). PVAc ini merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat sehingga sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lem, kain, kertas dan kayu [2],[8],[10],[19]. PVAc memiliki sifat tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan lebih cepat solid [10]. Di samping itu, PVAc juga banyak digunakan sebagai matriks pada pembuatan material komposit sehingga meningkatkan kekuatan material tersebut [18],[20],[21]. Bahkan, dalam bentuk lem sekalipun, PVAc (atau lebih dikenal dengan lem PVAc) dapat juga difungsikan sebagai matriks beberapa material komposit [3],[15]. Dengan dasar itulah, PVAc ini dianggap sangat tepat digunakan sebagai matriks dalam pembuatan

komposit berbasis sampah dan diharapkan memiliki sifat kuat.

Material yang digunakan sebagai matriks biasanya mempunyai densitas, kekakuan serta kekuatan yang lebih rendah dari pada material pengisinya. Material matriks bisa berupa logam, keramik, karbon, maupun polimer [9]. Namun di antara material tersebut, yang sering digunakan sebagai matriks dalam pembuatan komposit adalah polimer. Menurut Baldan (2004), ada beberapa keuntungan penggunaan polimer sebagai matriks, antara lain sifatnya yang ringan, kuat, ulet, tidak reaktif secara kimia, tahan terhadap kelembaban, menyekat secara baik terhadap panas dan listrik, mudah untuk dibentuk dan murah dari sisi harganya[4].

## METODE EKSPERIMEN

### Bahan

Polimer *polyvinyl acetate* (PVAc) komersial pada lem FOX™, dan sampah lunak sebarang (dalam riset ini, komposisinya: 60% berat kertas dan 40% dedaunan).

### Metode pencampuran bahan

Metode yang digunakan dalam pencampuran ini adalah pencampuran sederhana (*simple mixing*). Mula-mula sampah yang telah dikeringkan dihancurkan dengan menggunakan *blender* sampai betul-betul halus. Sementara PVAc ditimbang untuk selanjutnya dilarutkan dalam 8 mL air dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirer* selama kurang lebih 15 menit. Sampah yang telah dihancurkan ini kemudian dicampur dengan larutan PVAc. Pada proses pencampuran ini, massa PVAc divariasikan sementara massa sampah dijaga tetap 7 gram.

### Proses pencetakan

Setelah PVAc dengan sampah dicampurkan secara merata, selanjutnya dilakukan tahapan pencetakan sampel. Campuran PVAc-sampah dimasukkan dalam cetakan, kemudian ditekan dengan menggunakan *hot-presser* pada tekanan 100 MPa dan temperatur 150°C selama 20 menit.

### Pengaruh penambahan PVAc

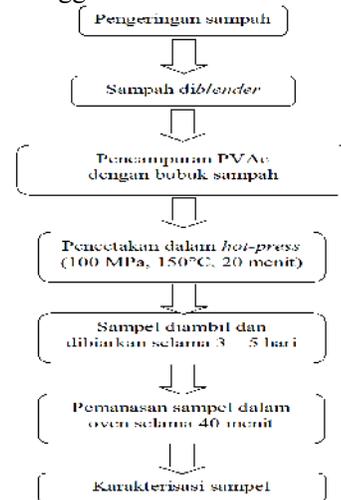
Sebagai pembanding, juga dilakukan pencetakan terhadap sampah tanpa diberi polimer PVAc dengan perlakuan *hot-press* yang sama. Dari dua perlakuan ini, akan dilihat pengaruh penambahan PVAc dalam meningkatkan kekuatan material produk.

### Komposisi terbaik PVAc-sampah

Dari berbagai variasi PVAc dan sampah, dicari material produk (baca: komposit) yang mempunyai kekuatan mekanik yang paling optimum.

### Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan adalah uji kekuatan tekan (*compressive strength test*) di Laboratorium Rekayasa Struktur ITB dengan menggunakan ASTM C0109M-02.



Gambar 1. Diagram alir sintesis komposit PVAc-sampah

## HASIL DAN DISKUSI

### Uji Kekuatan Tekan

Hasil uji kekuatan tekan masing-masing sampel ditampilkan dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 berikut.

Tabel 1. Hasil uji kekuatan tekanan berbagai komposisi massa PVAc dan sampah

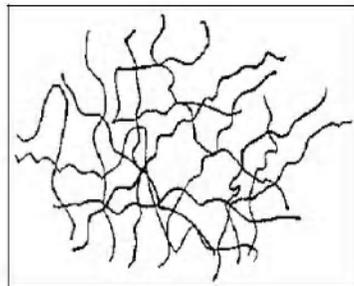
Sampel	Massa PVAc (gr)	Massa sampah (gr)	Tekanan Maks. (MPa)
1	--	7	19,89
1	1	7	39,26
2	2	7	45,60
3	3	7	39,88
4	4	7	28,40
5	5	7	24,78
6	6	7	28,18

### Pengaruh penambahan PVAc

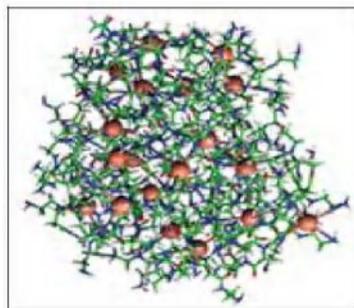
Sampah dalam keadaan tanpa polimer mempunyai porositas yang sangat tinggi, meskipun sudah dilakukan *hot-pressing*. Ketiadaan polimer sebagai pengikat (*binder*) mengakibatkan kekuatan sampah yang telah di *hot-press* tersebut (baca: sampel) memiliki kekuatan mekanik yang relatif masih kecil dan

rapuh. Hal ini bisa dilihat pada sampel 1 dari Tabel 1 di mana hasil kekuatan tekannya masih jauh dibandingkan setelah kehadiran PVAc. Peningkatan kekuatan tekan ini dapat dijelaskan dengan pendekatan impregnasi polimer, yaitu proses penyusupan, penetrasi atau pendesakan polimer ke dalam partikel-partikel berporos. Sifat partikel sampah yang memiliki banyak poros memungkinkan terjadinya proses impregnasi tersebut, utamanya setelah ditamhkannya tekanan dan temperatur operasi (*hot-press*). Akibatnya, pori-pori sampah menjadi lebih kecil karena terisi oleh polimer. Penurunan pori ini diikuti oleh peningkatan interaksi antarpartikel polimer dengan pengisi (*filler*) sampah karena semakin dekatnya jarak antarmereka.

Di sisi lain, sebelum berimpregnasi dengan partikel-partikel *filler*, rantai-rantai-rantai polimer memiliki fleksibilitas yang tinggi (Gambar 2(a)). Akan tetapi, setelah proses impregnasi banyak partikel *filler* yang menempel pada rantai-rantai polimer yang berakibat peningkatan kekakuan dan kekerasan pada polimer (Gambar 2(a)). Akibatnya, secara keseluruhan kekuatan material setelah proses impregnasi (baca: komposit) menjadi meningkat, dalam hal ini kekuatan tekannya.



(a)

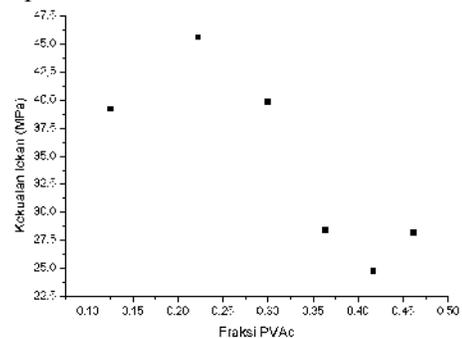


(b)

Gambar 2. (a) PVAc sebelum penambahan *filler*, (b) polimer setelah penambahan *filler* [7].

Kehadiran polimer pada dasarnya berfungsi pengikat partikel-partikel *filler*. Pada awalnya peningkatan fraksi massa polimer cenderung meningkatkan kekuatan tekan komposit yang dihasilkan hingga pada fraksi tertentu yang disebut

dnegan fraksi optimum polimer, penambahan fraksi polimer justru menurunkan kekuatan tekan kompositnya. Pada kondisi optimum ini, luas permukaan interaksi antarpartikel mencapai kondisi maksimum, di mana semua partikel filler dan partikel polimer tepat saling berinteraksi secara efektif. Penambahan fraksi salah satu fasa, baik filler maupun polimer justru akan menambah daerah yang tidak berinteraksi. Inilah yang menyebabkan kekuatan komposit yang dihasilkan, termasuk kekuatan tekannya menurun [5],[13],[17]. Hal ini konsisten dengan data pada Gambar 3, di mana peningkatan fraksi PVAc cenderung meningkatkan kekuatan tekan komposit yang dihasilkan hingga setelah melewati fraksi tertentu, yakni sebesar 0,22 penambahan fraksi PVAc justru menurunkan kekuatan tekan komposit. Fraksi 0,22 disebut sebagai fraksi optimum sampah, di mana pada fraksi tersebut kekuatan tekan komposit mencapai titik maksimum, yaitu sebesar 45,60 MPa. Fraksi ini ekuivalen dengan komposisi PVAc dan sampah sebesar 2:7.



Gambar 3. Grafik kekuatan tekan terhadap fraksi sampah.

**Pengaruh hot-pressing**

Proses impregnasi (pe-nyusupan / penetrasi) PVAc ke dalam pori-pori sampah dan silika akan sangat dipengaruhi oleh parameter temperatur dan tekanan (*hot-press*) [6],[22]. Dengan menaikkan tekanan dan temperatur, dimungkinkan terjadinya kontak yang lebih intim antara permukaan adhesif dengan permukaan adheren di sekitarnya yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan kekuatan mekaniknya [14]. Kehadiran panas atau temperatur berakibat pada menurunnya nilai viskositas polimer [1]. Dengan penurunan viskositas, laju penetrasi polimer ke dalam pori-pori menjadi lebih cepat dan efisien [12]. Pengisian polimer ke dalam pori-pori ini meningkatkan densitas dan kerapatan komposit. Bahkan menurut Baldan (2004), dengan menaikkan temperatur polimer jauh di

atas temperatur gelasnya, dalam hal ini temperatur gelas PVAc 31°C proses impregnasi polimer ke dalam permukaan berporos akan lebih mudah sehingga mampu meningkatkan interaksi permukaan antara polimer dengan adherennya[4]. Dengan demikian, interaksi permukaan total antarpartikel pun meningkat. Hal ini berdampak pada peningkatan kekuatan mekanik material komposit yang dihasilkan (Sperling, 2006)[16], dalam hal ini kekuatan tekannya. Semakin tinggi temperatur yang diberikan semakin besar pula kekuatan tekan komposit yang dihasilkan.

Selain dipengaruhi oleh temperatur, impregnasi juga sangat dipengaruhi oleh tekanan (*pressing*). Tekanan ini berdampak pada proses impregnasi polimer ke dalam dalam pori-pori juga meningkat. Hal ini karena kehadiran tekanan pada prinsipnya berfungsi sebagai gaya pendorong yang mempercepat laju penetrasi tersebut. Pada temperatur yang sama, peningkatan tekanan berdampak peningkatan laju penetrasi (Badruzzaman, 1993). Bahkan, pada temperatur tinggi pemberian tekanan juga berfungsi untuk lebih mengefektifkan ikatan antara polimer dengan adherennya [4]. Akibatnya, pori yang terimpregnasi pun akan semakin bertambah. Di sisi lain, tekanan juga menyebabkan jarak antarpartikel semakin dekat, porositas menurun, densitas komposit meningkat dan susunan partikel menjadi lebih solid [9] sehingga interaksi permukaan total antarpartikel pun meningkat. Hal ini berdampak pada peningkatan kekuatan mekanik material komposit yang dihasilkan [16], dalam hal ini kekuatan tekannya.

#### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sampah dan polimer *polyvinyl acetate* (PVAc) secara efektif dapat diolah menjadi material komposit yang kuat dan ringan. Penambahan PVAc berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tekan komposit yang dihasilkan. Komposisi terbaik antara PVAc dan sampah yang menghasilkan material komposit dengan kekuatan mekanik yang optimum adalah 2:7, di mana sampel tersebut mempunyai kekuatan tekan (*compressive strength*) sebesar 45,60 MPa.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan untuk Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kemendiknas RI.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdulagatov, I.m., Zeinalova, A.b., & Azizov, N.D. 2006. Viscosity of Aqueous Electrolyte Solutions at High Temperatures and High

Pressures. Viscosity *B*-coefficient. Sodium Iodide, *J. Chem. Eng. Data*, 51, 1645-1659.

- [2]. Altinok, M., Tas, H.H., & Çimen, M. (2009) : Effects of Combined Usage of Traditional Glue Joint Methods in Box Construction on Strength of Furniture, *Materials and Design*, 30, 3313 – 3317.
- [3]. Arshak, K., Morris, D., Arshak, A., Korostynska, O., & Moore, E. (2006) : PVB, PVAc and PS Pressure Sensors with Interdigitated Electrodes, *Sensors and Actuators A*, 132, 199 – 206.
- [4]. Baldan, A. (2004) : Review Adhesively-Bonded Joints and Repairs in Metallic Alloys, Polymers and Composite Materials: Adhesives, Adhesion Theories and Surface Pretreatment, *Journal of Materials Science*, 39, 1 – 49.
- [5]. Fu, S.Y., Feng, X.Q., Lauke, B., & Mai, Y.W. (2008) : Effects of Particle Size, Particle/Matrix Interface Adhesion and Particle Loading on Mechanical Properties of Particulate–Polymer Composites, *Composites:Part B*, 39, 933–961.
- [6]. Giudice, C.A., & Pereyra, A.M. (2009): Silica Nanoparticles in High Silica/Alkali Molar Ratio Solutions as Fire-Retardant Impregnants for Woods, *Fire and Materials*.
- [7]. Hadiyawardan, Rijal, A., Nuryadin, B.W., Abdullah, M., & Khairurrijal. (2008) : Fabrication of Superstrong, Lightweight, and Transparent Nanocomposite Materials Using Simple Mixing Method, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1, 15 – 21.
- [8]. Hori, N., Asai, K., & Takemura, A. (2008) : Effect of the Ethylene/Vinyl Acetate Ratio of Ethylene–Vinyl Acetate Emulsion on the Curing Behavior of an Emulsion Polymer Isocyanate Adhesive for Wood, *J. Wood Sci.*, 54, 294 – 299.
- [9]. Jones, R. M. (1999) : *Mechanics of Composite Materials*, Second Edition, Philadelphia, Taylor and Francis.
- [10]. Kim, S., & Kim, H. J. (2005) : Effect of Addition of Polyvinyl Acetate to Melamine-Formaldehyde Resin on The Adhesion and Formaldehyde Emission in Engineered Flooring, *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 25, 456 – 461.
- [11]. Kumagai, S., & Sasaki, J. (2009). Carbon/Silica Composite Fabricated

- From Rice Husk by Means of Binderless Hot-Pressing, *Bioresource Technology*, 100, 3308–3315.
- [12]. Matyka, M., Khalili, A., & Koza1, Z. (2008): Tortuosity Porosity Relation in Porous Media Flow, *Physical Review E*, 78, 026306-1 – 026306-8.
- [13]. Mikrajuddin. (2008): *Pengantar Nanosains*, Bandung, Penerbit ITB.
- [14]. Packham, D.E., (2005) : *Handbook of Adhesion, Second Edition*, Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- [15]. Shedje, M.T., Patel, C.H., Tadmok, S.K., & Murthy, G.D. (2008) : Polyvinyl Acetate Resin as a Binder Effecting Mechanical and Combustion Properties of Combustible Cartridge Case Formulations, *Defence Science Journal*, 58, 390 – 397.
- [16]. Sperling, L.H. (2006) : *Introduction to Physical Polymer Science*, Fourth Edition. New Jersey, John Wiley & Sons.
- [17]. Starokadomskii, D. L. (2008) : Effect of the Content of Unmodified Nanosilica with Varied Specific Surface Area on Physicomechanical Properties and Swelling of Epoxy Composites, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 11, 1987 – 1991.
- [18]. Valencia, L.E.C., Alonso, E., Manzano, A., Pe'rez, J., Contreras, M.E., & Signoret, C. (2007) : Improving the Compressive Strengths of Cold-Mix Asphalt Using Asphalt Emulsion Modified by Polyvinyl Acetate, *Construction and Building Materials*, 21, 583 – 589.
- [19]. Wahab, R., Mohamed, A., Sulaiman, O., & Samsi, H. W. (2006) : Performance of Polyvinyl Acetate and Phenol Resorcinol Formaldehyde as Binding Materials for Laminated Bamboo and Composite-Ply from Tropical Bamboo Species, *International Journal of Agriculture Research*, 1, 108 – 112.
- [20]. Xiaoyan, Z., Wenling, T., Xinliang, J., Xuesong, Z. (2009) : Effects of Vibration Technology and Polyvinyl Acetate Emulsion on Microstructure and Properties of Expanded Polystyrene Lightweight Concrete, *Trans. Tianjin Univ.*, 15, 145 – 149.
- [21]. Xiong, G., Chen, X., Li, G., & Chen, L. (2001) : Sulphuric Acid Resistance of Soluble Soda Glass-Polyvinyl Acetate Latex-Modified Cement Mortar, *Cement and Concrete Research*, 31, 83 – 86.
- [22]. Zhang, Y., Zhang, S. Y., & Chui, Y.H. (2006) : Water Vapor Adsorption and Volumetric Swelling of Melt-Impregnated Wood-Polymer Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 102, 2668–2676.

