

PEMANFAATAN KUARSA SEBAGAI PENGUAT PADA KOMPOSIT SAMPAH DAUN-KERTAS

Masturi*

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia, 50299

Diterima: 8 April 2010, Disetujui: 10 Mei 2010, Dipublikasikan: Juli 2010

ABSTRAK

Sisa-sisa sampah organik seperti daun dan kertas memiliki potensi untuk digunakan sebagai barang bermanfaat. Salah satunya melalui pengolahan menjadi komposit. Pengikat (binder) yang digunakan adalah polyvinyl acetate (PVAc). Komposisi daun dan kertas pada sampah tersebut masing-masing 60% dan 40%. Untuk meningkatkan kekuatan yang dihasilkan, ditambahkan pula kuarsa sebagai penguat. Sampah yang telah dihancurkan kemudian dihot-press pada tekanan 100 MPa dan temperatur 150°C. Didapatkan bahwa kekuatan tekan komposit maksimum sebelum kehadiran kuarsa adalah 45,60 MPa dengan komposisi PVAc dengan sampah adalah 2 :7. Dari komposisi optimum ini ditambahkan kuarsa dan dilakukan optimasi kekuatan tekan-nya. Didapatkan bahwa komposisi optimum kuarsa, PVAc dan sampah adalah 1:20:70 dengan kekuatan tekan komposit mencapai 63,85 MPa atau meningkat sebesar 40,03% dibandingkan tanpa kuarsa.

ABSTRACT

Organic waste leaf and papers are very potential to be processed into a composite. A composition of 50% (leaf) and 40% (paper) of composite was produced using polyvinyl acetate (PVAc) binder and quartz powders as additive material. The wastes were crushed and formed using hot-press method under pressure of 100 MPa and at temperature of 150°C. The measurement result shows that in absence of quartz, the maximum stress of composite is 45.60 MPa, with ratio of waste and binder is 7:2. The value of stress can be optimized using quartz. Meanwhile, in presence of quartz, the maximum stress of 63.85 MPa was found with content ratio of waste, binder and quartz is 70:20:1 and this is higher than 40.03% than that of no quartz.

© 2010 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

Keyword: quartz; composite; waste; polyvinyl acetate, stress

PENDAHULUAN

Meskipun sebagai barang sisa, sampah masih sangat mungkin untuk dimanfaatkan kembali menjadi bahan lain yang lebih berguna, antara lain sebagai pupuk kompos, komposit maupun menjadi barang-barang berguna lain melalui proses daur ulang. Pemanfaatan sampah menjadi barang komposit biasanya dilakukan dengan menggunakan polimer sebagai matriksnya dan partikel pengisi (*filler*) sebagai penguatnya (Mikrajuddin, 2008; Baldan, 2004). Melalui rekayasa ini, sampah dapat diolah menjadi barang-barang yang lebih berguna. Beberapa riset yang berkaitan dengan komposit sampah antara lain komposit sampah daun dengan matriks epoxy dan penguat nanosilika (Hadiyawarman, *et al*, 2008), komposit sampah pertanian dengan penguat silika tanpa menggunakan matriks (Kumagai & Sasaki, 2009) dan komposit sampah organik dengan matriks poliuretan dan penguat nanosilika (Masturi, *et al*, 2010(1)).

Beberapa polimer yang juga sangat baik digunakan sebagai matriks adalah polyvinyl acetate (PVAc), antara lain sebagai matriks pada pembuatan komposit sensor temperatur (Arsha *et al*, 2006), pembuatan magasin (Shedge, *et al*, 2008), pada pembuatan beton (Valencia, *et al*, 2007) dan pada komposit sampah daun dengan penguat nanosilika (Masturi, *et al*, 2010(2)).

Sedangkan salah satu partikel alam

ketersediaannya sangat melimpah adalah kuarsa. Dengan mengingat bahwa komponen terbesar kuarsa adalah silika yang merupakan material yang sangat kuat secara mekanik, maka kuarsa memiliki potensi yang sangat baik untuk digunakan sebagai partikel filler komposit, dalam hal ini komposit sampah daun kertas.

METODE

Polimer *polyvinyl acetate* (PVAc) komersial pada lem FOX™, sampah (dengan komposisi: kertas 60% berat, daun 40%), pasir kuarsa, air dan alkohol. Pasir kuarsa dihancurkan dengan ball-milling selama 15 jam dengan penggilingan basah (*wet-milling*) menggunakan alkohol. Setelah itu, gel kuarsa ini dipanaskan dalam oven pada 15°C selama 30 menit. Selanjutnya, gel yang telah kering itu dihancurkan pada cawan sampai lembut hingga menjadi serbuk kuarsa. Serbuk kuarsa ini lalu disaring dengan menggunakan mesh-200. Partikel hasil penyaringan ini kemudian dipakai sebagai *filler* dalam eksperimen ini.

Metode yang digunakan dalam pencampuran ini adalah pencampuran sederhana (*simple mixing*). Mula-mula sampah yang telah dikeringkan dihancurkan dengan menggunakan blender sampai halus. Sementara *polyvinyl acetate* (PVAc) ditimbang, lalu dilarutkan dalam 5 mL air dan diaduk sampai homogen menggunakan *magnetic stirrer*. Sampah yang telah dihancurkan tadi kemudian dicampurkan ke dalam larutan PVAc. Dalam penelitian ini, massa PVAc divariasikan (1, 2, 3, 4, 5 dan 6 gram) sedangkan massa sampah dibuat tetap pada 7

*Alamat korespondensi:
Sumberrejo 03/06 Mranggen Demak
Mobile Phone: 08170594756
Email: tourfis@yahoo.com

gram.

Setelah PVAc dengan sampah dicampurkan secara merata, selanjutnya dilakukan tahapan pencetakan sampel. Campuran PVAc-sampah dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian ditekan sambil dipanaskan (*hot-press*) pada tekanan 5 ton dan suhu 150C selama 20 menit.

Dari berbagai komposisi PVAc dan sampah di atas dilakukan uji kekuatan tekan (*compressive strength*) dengan alat karakterisasi Torsion Tokyo Testing Machine MFG Ltd. yang dilengkapi dengan Load Cell, di Laboratorium Rekayasa Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB.

Dari hasil optimasi berbagai komposisi PVAc dan sampah, ditambahkan kuarsa. Penambahan ini bertujuan meningkatkan kekuatan material yang dihasilkan. Metode yang dipakai dalam tahap ini adalah memvariasikan massa kuarsa dan menjaga massa PVAc-sampah. Dari berbagai komposisi tersebut, kemudian dilakukan pencetakan sampel dengan perlakuan yang sama dengan tahapan sebelumnya. Sampel-sampel tersebut selanjutnya dilakukan uji kekuatan tekan untuk mendapatkan komposisi antara massa silika dan massa PAV sampah sedemikian rupa sehingga dihasilkan material dengan kekuatan tekan yang paling optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kekuatan tekan masing-masing sampel (ASTM C0109M-02) di Laboratorium Rekayasa Struktur Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan ITB ditampilkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Dari Tabel 1 didapatkan komposisi terbaik agar dihasilkan material dengan kekuatan tekan yang optimum adalah 2 gram PVAc dengan 7 gram sampah, atau perbandingan massa 2:7. Selanjutnya, untuk meningkatkan kekuatan tekan material ditambahkan partikel kuarsa sebagai penguat material pada komposisi terbaik Tabel 1. Hasil uji kekuatan tekan sampel-sampel setelah penambahan kuarsa ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan berbagai komposisi massa PVAc dan sampah

Sampel	Massa (g)		Kuat tekan (MPa)
	PVAc	Sampah	
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

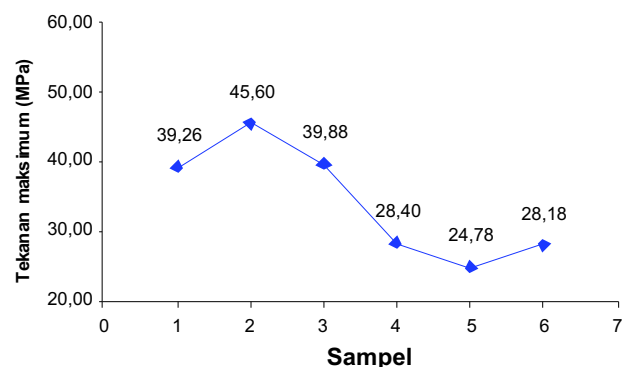
Penambahan sampah sebagai filler pada PVAc berimplikasi pada meningkatnya kekakuan pada masing-masing rantai PVAc. Sebelum disisipi oleh partikel-partikel sampah, rantai-rantai PVAc cenderung plastis. Di antara rantai-rantai itu terdapat banyak rongga yang memungkinkan rantai-rantai polimer tetap bisa bergerak. Penambahan partikel-partikel sampah pada PVAc pada prinsipnya adalah menyisipkan partikel-partikel tersebut ke dalam rongga-rongga yang ada di antara rantai-rantai polimer tersebut. Bahkan, partikel-partikel sampah itu juga ada yang menempel pada rantai-rantai PVAc itu

sendiri. Hal inilah yang menyebabkan material komposit PVAc sampah menjadi lebih keras dan kuat.

Tabel 2. Hasil uji kuat tekan berbagai komposisi massa kuarsa, PVAc dan sampah

No	Massa (g)			KT (MPa)
	kuarsa	PVAc	Sampah	
1	0,05	2	7	55,62
2	0,10	2	7	63,85
3	0,15	2	7	58,69
4	0,20	2	7	49,70
5	0,25	2	7	51,30
6	0,30	2	7	54,82
7	0,35	2	7	50,23
8	0,40	2	7	30,66

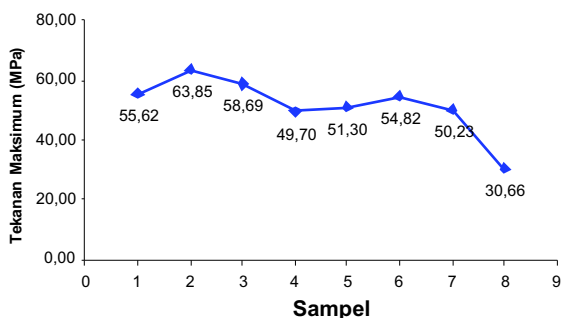
Komposisi yang tepat antara PVAc dengan sampah akan menghasilkan material komposit yang memiliki kekuatan mekanik yang optimum. Dalam hal ini komposisi itu adalah 2:7 di mana dalam Gambar 1 diperlihatkan pada sampel 2. Penambahan PVAc melebihi kuantitas ini ataupun sebaliknya penambahan sampah melebihi kuantitas jenuh ini akan menyebabkan kekuatan komposit menjadi menurun. Hal ini karena berkurangnya luasan interaksi antara partikel sampah dengan rantai polimer (Lee, *et al*, 2005; Masturi, *et al*, 2010).



Gambar 1. Grafik kuat tekan pada masing-masing sampel dengan komposisi PVAc dan sampah yang divariasasi.

Masuknya kuarsa ke dalam komposit PVAc sampah berimplikasi pada meningkatnya kekuatan dan kekakuan (*strength and stiffness*) rantai-rantai polimer. Akibatnya, kekuatan material komposit pun akan semakin kuat. Dari Gambar 1 dan Gambar 2 dapat dilihat adanya peningkatan kekuatan mekanik material akibat penambahan kuarsa. Semakin banyak kuantitas kuarsa yang ditambahkan cenderung akan menambah kekuatan dari material komposit yang dihasilkan. Namun, penambahan yang terus-menerus setelah melewati kuantitas tertentu justru akan membuat material menjadi menurun kekuatannya. Hal ini disebabkan karena semakin berkurangnya permukaan interaksi efektif antara rantai polimer dengan partikel kuarsa. Pada saat semua partikel kuarsa tepat berinteraksi dengan polimer, pada kondisi itulah dicapai kekuatan tekan optimum komposit. Akan tetapi, saat

parti-kel kuarsa yang diberikan semakin banyak, maka tidak semua partikel tersebut dapat berinteraksi secara tepat dengan rantai polimer, melainkan beberapa berinteraksi dengan sesama filler. Hal inilah yang mengakibatkan penurunan kekuatan komposit karena interaksi antar-partikel filler tanpa adanya matriks cenderung akan ber-sifat rapuh (Lee, *et al*, 2005; Masturi, *et al*, 2010(1)).



Gambar 2. Grafik kuat tekan sampel setelah diberi variasi kuarsa.

Perbandingan kuantitas dari kuarsa, PVAc dan sampah tersebut adalah 1:20:70, yaitu sampel 2 pada Gambar 3 dengan kekuatan tekan optimum mencapai 63,85 MPa. Pada sampel 2 ini, penambahan kuarsa mampu menaikkan kekuatan mekanik material sebesar 40,03% dari kekuatan tekan sebelum diberi kuarsa, yaitu sebesar 45,60 MPa.

Pemberian tekanan sebesar 5 metrik-ton (setara 100 MPa) pada saat pemben-tukan material komposit menyebabkan penyisipan partikel-partikel filler ke dalam rongga-rongga dan rantai-rantai polimer berlangsung lebih cepat dengan distribusi yang lebih rapat dan merata (Jones, 1999). Dengan kata lain, terjadi konsolidasi yang lebih efektif antara matriks dengan filler. Akibatnya, interaksi molekuler antara atom-atom tersebut semakin kuat. Munculnya interaksi ini karena atom C membentuk senyawa karbonil dengan oksigen (C=O) pada gugus fungsi *acetate* dan mengakibatkan atom C menjadi lebih elektropositif (Hunt, 2008). Atom C ini kemudian berinteraksi dengan atom O pada silika yang lebih elektronegatif (Brown, *et al*, 1994). Interaksi ini termasuk jenis interaksi dipol-dipol Van der Waals. Meskipun interaksi Van der Waals merupakan interaksi yang lemah, akan tetapi interaksi ini cukup signifikan meningkatkan kekuatan mekanik suatu material komposit (Volkov, *et al*, 1990; Liu, *et al*, 2009).

Untuk memastikan proses penyisipan partikel filler berjalan lebih cepat dan merata, dilakukan proses *curing*, yaitu sebuah proses pemberian energi pada saat atau setelah proses pencetakan. Dalam hal ini, proses *curing* dilakukan dengan memberikan panas 150C pada saat proses pencetakan selama 20 menit. Selain itu, pemberian panas juga mempunyai beberapa kegunaan, antara lain: mempercepat terjadinya reaksi pengerasan material, meningkatkan mobilitas molekuler sehingga memungkinkan terjadinya kontak kimia yang lebih reaktif, serta untuk melepaskan uap air/pelarut dari komposit (Jones, 1999). Di sisi lain, silika memiliki sifat penyusutan yang rendah (*low shrinkage*) pada saat proses *curing* dan hal ini akan semakin menambah

kekuatan dan ketahanan material (Sreekala & Eger, 2005).

Dengan melihat fungsi dan kegunaan *hot-pressing* di atas dapat dijelaskan bahwa meskipun filler kuarsa diperkirakan masih dalam ukuran mikro, akan tetapi peningkatan kekuatan tekan material akibat penambahan kuarsa ini sangat signifikan, yakni sebesar 40,03%.

PENUTUP

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan sampah bersama dengan kuarsa dan polimer *polyvinyl acetate* (PVAc) secara efektif dapat dibuat menjadi material komposit yang kuat. Komposisi terbaik antara PVAc dan sampah yang menghasilkan material komposit dengan kekuatan meka-nik yang optimum adalah 2:7, di mana sampel tersebut mempunyai kekuatan tekan (compressive strength) sebesar 45,60 MPa. Untuk meningkatkan kekuatan tekan komposit, ditambahkan silika sebagai filler. Komposisi terbaik dari silika, PVAc dan sampah yang menghasilkan material dengan kekuatan tekan optimum adalah 1:20:70, di mana sampel mampu mempunyai kekuatan tekan sebesar 63,85 MPa. Penambahan silika mampu menaikkan kekuatan tekan material sampai 40,03%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan untuk Laboratorium Sintesis dan Fungsionalisasi Nanomaterial Fisika FMIPA ITB yang telah memberikan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini dan Laboratorium Rekayasa Struktur FTSL ITB yang telah memberikan layanan pengukurannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshak, K., Morris, D., Arshak, A., Koro-stynska, O., & Moore, E. 2006. PVB, PVAc and PS Pressure Sensors with Interdigitated Electro-des, *Sensors and Actuators A*, 132 : 199–206
- Baldan, A. 2004. Review Adhesively-Bonded Joints and Repairs in Me-tallic Alloys, Polymers and Com-posite Materials: Adhesives, Adhe-sion Theories and Surface Pre-treatment, *Journal of Materials Science*, 39 : 1–49
- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bursten, B.E. 1994. *Chemistry: The Central Science*, Sixth Edition, New Jer-sey, Prentice-Hall International
- Hadiyawarman, Rijal, A., Nuryadin, B.W., Abdullah, M., & Khairurrijal. 2008: Fabrication of Superstrong, Light-weight, and Transparent Nanocom-posite Materials Using Simple Mixing Method, *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1 : 15–21
- Hunt, A. 2008. *Complete A–Z Chemistry Handbook*, 3rd Edition, London, Hodder Education
- Jones, R. M. 1999. *Mechanics of Composite Materials*, Second Edition, Philadelphia, Taylor and Francis
- Kumagai, S. & Sasaki, J. 2009. Carbon/ Silica Composite Fabricated from Rice Husk by Means of Binderless Hot-Pressing, *Bioresource Technology*, 100 : 3308–3315
- Lee, S.I., Hahn, Y.B., Nahm, K.S. & Lee, Y.S. 2005. Synthesis of Polyether-Based Polyurethane-Silica Nano-composites with High Elongation Property. *Polym. Adv. Technol.*, 16 : 328–331
- Liu, J., Hameed, N., & Guo, Q. 2009. Eu-tectic Crystallization and Hydrogen Bonding Interactions in Polymer/ Surfactant

- Blends, *Journal of Polymer Science*, 47 : 1015–1023
- Masturi, Abdullah, M., & Khairurrijal. 2010. Efektivitas Ployvinyl Acetate (PVAc) sebagai Matriks pada Komposit Sampah. *Jurnal Berkala Fisika*, 13 (2) : 57 – 62
- Masturi, Abdullah, M., & Khairurrijal. 2010. High Strength Lightweight Nano-composite from Domestic Solid Waste. *Proceed. The Third Nano-science and Nanotechnology Symposium 2010*, 16 Juni 2010 : 59 – 63
- Mikrajuddin. 2008. *Pengantar Nanosains*, Bandung, Penerbit ITB
- Shedge, M.T., Patel, C.H., Tatkod, 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
- Sreekala, M.S. & Eger, C. 2005. Property Improvements of an Epoxy Resin by Nanosilica Particle Reinforcement, 91 – 105 dalam Friedric, K., Fakirov, S., & Zhang, Z., Eds., *Polymer Composites: From Nano to Macro Scale*, 367 p., Springer Science Bussiness Media, New York-USA
- 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
- Volkov, A.V., Myasnikova, N.A., Kolesnikov, V. I. & Kanovich, M. Z. 1990. Molecular Interaction in Composite Materials Based on Polycapraamide and Epoxy Resins, *Terjm, Mekhanika Kompozitnykh Materialov*, 3 : 398 – 402.