

Kuat Tekan Komposit Berbahan Dasar Limbah Kaca dengan Perekat Polimer *Polyurethane*

M.P. Aji, S. Permana, Masturi, O. Arutanti, H. Aliah dan M. Abdullah *

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA – Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10, Bandung – Indonesia
*Email:mikrajuddin@gmail.com

Abstrak. Komposit berbahan dasar limbah kaca telah dihasilkan dengan perekat polimer *polyurethane* (PU). Komposit ini memiliki kuat tekan ~36 MPa dengan fraksi optimum perekat adalah 30 wt%. Jenis perekat lain seperti polimer *poly(vinyl) acetat* PVAc dan semen digunakan sebagai uji efektivitas perekat yang telah digunakan. Komposit dengan perekat PVAc dan semen memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari perekat polimer PU, yaitu ~10 MPa. Gugus fungsi *urethane* yang terbentuk dari gugus fungsi isosianat yang reaktif dan hidroksil menjadi perekat yang baik untuk limbah kaca yang didominasi oleh material silika. Perekat polimer PU memiliki kontak dengan partikel limbah kaca lebih banyak dari perekat PVAc dan semen. Banyaknya kontak perekat dengan partikel limbah kaca yang sangat menentukan kuat tekan komposit. Hasil ini beresesuaian dengan estimasi persamaan *fitting* dari data pengukuran kuat tekan yang menunjukkan bahwa perekat polimer PU memiliki daya adhesif yang lebih baik. Disamping itu, banyaknya kontak perekat dengan partikel limbah kaca menentukan porositas komposit. Perekat polimer PU dengan kontak partikel yang tinggi memiliki porositas yang jauh lebih rendah dari perekat polimer PVAc dan semen sehingga komposit dengan perekat polimer PU memiliki kuat tekan yang lebih baik.

Kata kunci: limbah kaca, *poly(urethane)*, komposit.

PENDAHULUAN

Sampah masih menjadi permasalahan yang sangat rumit bagi kota-kota urban di Indonesia. Berbagai solusi telah diterapkan dalam penyelesaian permasalahan sampah seperti konsep daur ulang sampah dan pembenahan manajemen sampah[1-4]. Namun, sampah masih saja menjadi permasalahan hingga kini.

Sampah organik berupa dedaunan telah dimanfaatkan secara baik dalam berbagai proses daur ulang seperti pembuatan kompos dan bioenergi[5,6]. Disamping itu, teknologi sederhana seperti rekayasa komposit telah digunakan untuk mengolah sampah organik tersebut menjadi material ringan serta sangat kuat yang berpotensi menggantikan material kayu[7-9].

Dibandingkan dengan sampah organik yang mampu terurai secara alami, sampah anorganik seperti kaca-kaca bekas menjadi permasalahan yang lebih kompleks untuk dicari solusinya. Kaca-kaca bekas yang sudah tidak terpakai lagi merupakan limbah yang tidak akan terurai secara alamiah oleh pengurai organik. Dengan demikian diperlukan penanganan alternatif yang kreatif dan inovatif untuk menjadikan limbah kaca dapat dikembalikan ke alam secara aman atau mengolahnya kembali menjadi produk yang berdaya guna.

Kaca yang didominasi oleh bahan penyusun silika (SiO_2) memiliki sifat unggul berupa titik lebur yang tinggi dan sifat mekanik yang sangat kuat, menjadikan limbah dari kaca tersebut memiliki potensi dan dipandang strategis sebagai bahan dasar komposit yang kuat. Fokus bahasan yang dikaji adalah merekayasa limbah kaca dengan memanfaatkan teknologi komposit. Namun, teknologi tersebut membutuhkan perekat yang tepat untuk membentuk material yang kuat. Isnaeni dkk (2010) melaporkan bahwa perekat dari jenis polimer *Polyurethane* (PU) memiliki daya adhesif yang sangat baik[10]. Efektivitas penggunaan jenis polimer PU sebagai perekat limbah kaca menjadi bagian fokus bahasan yang dikaji. Perbandingan dengan jenis perekat lain seperti polimer *poly(vinyl) acetat* PVAc dan semen menjadi cara sederhana untuk menguji efektivitas polimer PU sebagai perekat limbah kaca untuk membentuk material komposit yang kuat.

EKSPERIMEN

Beragam jenis limbah kaca seperti kaca untuk jendela, lampu, piring dan gelas yang diperoleh dari lingkungan sekitar dan menjadi bahan baku pembuatan komposit. Untuk memperoleh homogenitas ukuran serbuk kaca, beragam limbah kaca tersebut digiling dengan perangkat *ball milling* selama 3 jam dan dilakukan proses penyaringan.

Massa total bahan penyusun komposit berupa limbah kaca dan polimer PU adalah 10 g. Untuk memperoleh komposisi optimum, fraksi massa polimer PU divariasi dengan persen berat 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dan 50 wt%. Komposisi ini juga digunakan untuk perekat jenis polimer PVAc dan semen. Untuk setiap komposisinya, sampel komposit dicetak pada tekanan 5 ton selama 20 menit dan pada temperatur kamar.

Uji sifat mekanik berupa uji tekan dilakukan untuk memperoleh distribusi kekuatan tekan bahan komposit yang telah dihasilkan. Uji tekan dilakukan dengan perangkat *Torseee Tokyo Testing MFG Ltd.* (ASTMC109M-02) di Laboratorium Teknik Sipil-ITB Bandung. Data kuat tekan diperoleh dari persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

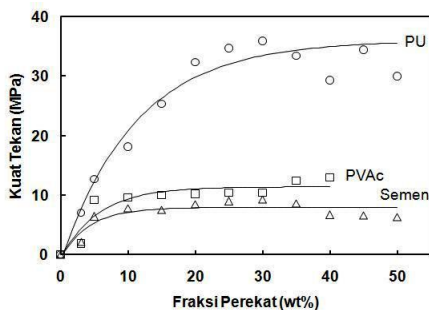
dengan F adalah maksimum gaya yang dibutuhkan hingga komposit hancur dan A adalah area efektif yang menjadi subyek tekan.

Disamping itu, uji porositas juga dilakukan untuk memperoleh informasi daya serap bahan komposit terhadap air dan digunakan pula untuk menganalisis kuat tekan komposit. Uji porositas dilakukan secara sederhana dengan mengukur massa kering (m_k) dan basah (m_b) dari bahan komposit. Secara kasar, besarnya porositas dapat dinyatakan dari persamaan berikut:

$$\phi \% = \frac{m_b - m_k}{V_{total} \rho_f} \times 100\% \quad (2)$$

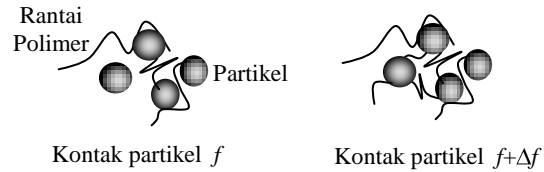
HASIL DAN DISKUSI

Distribusi kuat tekan komposit untuk perekat polimer PU (o), PVAc (□) dan semen (Δ) ditunjukkan pada Gambar 1. Kuat tekan meningkat dengan jumlah fraksi massa perekat dalam komposit hingga mencapai nilai optimum. Dan kekuatan tekan akan cenderung turun pada fraksi yang lebih tinggi.



GAMBAR 1. Distribusi kuat tekan komposit untuk perekat polimer PU (o), PVAc (□) dan semen (Δ).

Kuat tekan komposit ditentukan oleh banyaknya kontak antara partikel dan perekatnya[7]. Sehingga, semakin tinggi fraksi kontak partikel dengan perekat maka kekuatan komposit dapat meningkat. Secara sederhana, fraksi kontak partikel dengan perekat polimer dapat diilustrasikan pada Gambar 2.



GAMBAR 2. Ilustrasi kontak antara partikel dengan perekat.

Secara sederhana, sebuah persamaan dapat diaproksimasi untuk mendukung penjelasan di atas. Persamaan dapat diperoleh dengan mengestimasi (*fitting*) data eksperimen dengan perangkat lunak seperti OriginLab. Garis kurva pada Gambar 1 merupakan hasil estimasi data eksperimen dengan persamaan:

$$y = y_0 + A \exp -kx \quad (3)$$

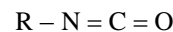
dengan A dan $k \approx 1/f$ adalah konstanta. Konstanta k adalah faktor yang dominan berkontribusi terhadap perubahan nilai y yang merepresentasikan kuat tekan dari komposit. Dan f dapat dideskripsikan sebagai fraksi kontak partikel dengan perekat. Sedangkan y_0 merupakan kondisi optimum, yaitu kuat tekan maksimum. Parameter estimasi data eksperimen dengan menggunakan pers. (1) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter *fitting* menggunakan Pers.(1).

Jenis Perekat	y_0 (MPa)	A (MPa)	f
Polimer PU	36.01	-36.98	11.17
Polimer PVAc	11.39	-11.98	5.66
Semen	7.93	-8.36	4.25

Fraksi f menunjukkan bahwa komposit dengan perekat polimer PU memiliki jumlah kontak yang lebih banyak dari 2 jenis perekat lainnya. Hasil ini menggambarkan bahwa komposit dengan perekat polimer PU memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi.

Perekat polimer PU memiliki daya adhesif yang tinggi disebabkan adanya gugus fungsi isosianat yang sangat reaktif dan mampu membentuk ikatan kimia (*chemical bonding*) yang sangat kuat bila bereaksi dengan gugus hidroksil (OH) seperti air, alkohol, amino dan jenis senyawa organik poliol yang kaya akan gugus OH[11,12]. Gugus fungsi isosianat yang bersifat reaktif ditentukan oleh atom karbon dan nitrogen yang memiliki ikatan rangkap:



KESIMPULAN

Limbah kaca telah berhasil digunakan sebagai bahan dasar komposit dengan perekat polimer PU, PVAc dan semen. Komposit yang dihasilkan dengan teknik pencampuran sederhana memiliki kuat tekan optimum pada orde ~36 MPa, yaitu komposit dengan fraksi perekat polimer PU 30 wt%. Perekat polimer PU memiliki kontak yang lebih baik, diindikasikan dengan rendahnya porositas komposit. Kontak partikel dengan perekat mendukung kuat tekan komposit.

REFERENSI

1. Darsono, V., *Jurnal Teknologi Industri* **9**, 247-252 (2005).
2. G. Tchobanoglous, H. Theisen, S.A. Vigil, *Intergrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues*, New York: McGraw-Hill, Inc, 1993.
3. H. Theisen, *Solid Waste : : Engineering Principles and Management Issues*, New York: McGraw-Hill, Inc, 1997.
4. S. O. Triyatna dan R. Adhi, RPP, *Sampah Bikin Pusing Penguasaha, Kompas Edisi* 12 Oktober 2011.
5. Ruskandi, *Buletin Teknik Pertanian* **10**, 133-142 (2005).
6. A. Waspo, *Wacana* **9**, 10-11 (1997).
7. Masturi, M. Abdullah dan Khairurrijal, *J Mater Cycles Waste Manag.* **13**, 225–231 (2011).
8. S. Kumagai dan J. Sasaki, *Bioresource Technology* **100**, 3308-3315 (2009).
9. Hadiyawardman, A. Rijal, B.W. Nuryadin, M. Abdullah dan Khairurrijal, *J. Nanosaintek* **1**, 15-21 (2008).
10. V. A. Isnaini, I. F. Amalia, H. Aliah, O. Arutanti, Masturi, B. W. Nuryadin, M. Abdullah and Khairurrijal, "A Novel Method for Synthesis of TiO₂ Nanoparticles-coated Plastic Fibers Using a Sound Vibration and the Use of Coated Fibers as Photocatalytic Materials for Decomposing of Organic Pollutan in Water Under Sunlight Illumination" in *The Third Nanoscience and Nanotechnology Symposium 2010*, diedit oleh M. Abdullah et al., AIP Conference Proceedings 1284, American Institute of Physics, Melville, NY, 2010, pp. 134-137.
11. Merran A. Daniel, *Polyurethane Binder Systems for Polymer Bonded Explosives*, Australia: Commonwealth, 2006.
12. E. Lase, *Sintesis Poliuretan melalui Polimerisasi 4,4-Difenilmetana Diisosianat dengan senyawa Polioliol yang Diturunkan dari Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn)*, Tesis, Universitas Sumatera Utara, 2009.
13. J.J. Chen, C.F. Zhu, H.T. Deng, Z.N. Qin dan Y.Q. Bai, *J Polym Res* **16**, 375-380 (2009).
14. L. Chen, H. Shen, Z. Lu, C. Feng, S. Chen dan Y. Wang, *Colloid Polym Sci* **285**, 1515-1520 (2007).
15. T. Mulyono, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Andi, 2003.