

Pengaruh Penambahan Styrofoam dan Partikel Karet Terhadap Sifat Mekanik Resin Polyester Tak Jenuh

Paryanto Dwi Setyawan^a, Sugiman^b^{a,b} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Jl. Majapahit 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125^a e-mail: paryanto_ds@yahoo.com

Abstrak

Penelitian telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh kandungan *styrofoam* dan partikel karet terhadap kekuatan tarik, kekuatan *bending*, kekuatan impak dan ketangguhan retak resin *unsaturated polyester* (UP). Butiran *styrofoam* yang digunakan berukuran 1 mm, sedangkan partikel karet berukuran maksimal 200 mesh (75 mikrometer). Sebelumnya permukaan partikel karet dimodifikasi dengan menggunakan larutan NaOH 1 M dan larutan kaporit 40% berat. Campuran *styrofoam/polyester* divariasi dengan kandungan 0, 2, 4, 6, 8% berat *styrofoam*. Selanjutnya ditambahkan partikel karet dengan kandungan 0; 2,5; 5; dan 7,5 phr untuk setiap konsentrasi *styrofoam/polyester*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *styrofoam* berpengaruh signifikan meningkatkan kekuatan impak *polyester* tak jenuh. Penambahan 6 - 8% berat *styrofoam* meningkatkan kekuatan impak antara 27 - 53 % dengan atau tanpa karet dalam *polyester*. Sedangkan penambahan *styrofoam* tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan ketangguhan retak *polyester*. Penambahan partikel karet 2,5 - 7,5 phr memberikan peningkatan elongasi antara 30 - 70% dari *polyester* tak jenuh. Namun, penambahan partikel karet tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impak *polyester*. Sementara itu, penambahan partikel karet cenderung menurunkan kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan ketangguhan retak *polyester*.

Keywords : *styrofoam*, partikel karet, kekuatan tarik, kekuatan *bending*, kekuatan impak, ketangguhan retak.

1. Pendahuluan

Resin *polyester* tak jenuh (*unsaturated polyester*) banyak digunakan dalam komposit laminat *fiberglass*, karena resin *polyester* tak jenuh membasihi serat kaca dengan baik, mengikatnya dan menghasilkan komposit yang kuat, menarik dan tahan lama (Buchoff., 1996). Dibandingkan dengan resin *epoxy*, resin *polyester* masih lebih rendah dalam kekuatan, ketahanan termal dan kimianya sehingga resin *polyester* tak jenuh jarang dipakai untuk komposit performansi tinggi (*high performance composite*) yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan tinggi (Schakelford, 1992). Karena penggunaan yang luas dan harga yang rendah maka perlu untuk lebih meningkatkan sifat mekanik resin *polyester* tak jenuh sehingga dapat mendekati atau mencapai sifat mekanik seperti resin *epoxy*.

Usaha telah dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik resin *polyester* tak jenuh dengan memodifikasi struktur bangunan dasar rantai resin UP, namun bahan-bahan yang dipakai cukup mahal (Peters, 1996, Sharmila dkk. 2006, Guhanathan dkk., 2004). Setyawan (2006) menggunakan *polystyrene* dari *styrofoam* bekas untuk meningkatkan kekuatan resin *polyester*. Kekuatan

tarik resin *polyester* tak jenuh meningkat sebesar 37% pada kandungan 4% berat. Dengan menambahkan 15% berat partikel karet dari ban bekas dalam resin *polyester*, mampu meningkatkan ketangguhan impak resin *polyester* tak jenuh sampai 108% (Sugiman dan Setyawan, 2005). Pada makalah ini menampilkan pengaruh kandungan *styrofoam* dan partikel karet terhadap kekuatan tarik, kekuatan *bending*, kekuatan impak dan ketangguhan retak resin *polyester* tak jenuh.

2. Metode Eksperimen

2.1. Spesimen

Penelitian ini menggunakan *styrofoam* bekas yang diperoleh dari bahan pengepak barang elektronik atau pengepak lain, *styrofoam* dihancurkan sampai berdiameter kira-kira 1 mm. Pembentukan butiran ini dimaksudkan agar proses pelarutan terjadi secara mudah dan cepat. Ban bekas kendaraan diparut kemudian diayak untuk mendapatkan ukuran partikel maksimal 200 mesh (75 mikrometer). Partikel karet hasil dari proses ini siap untuk dilakukan proses modifikasi permukaan. Proses modifikasi dilakukan dengan merendam dalam larutan NaOH 1 M selama 30 menit dan dilanjutkan dalam larutan kaporit (Ca(OCl)₂) 40% berat selama satu jam.

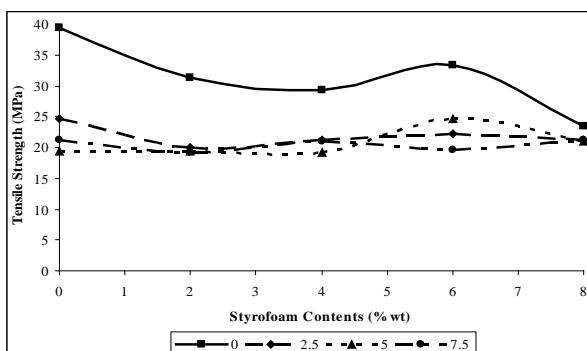
Styrofoam disiapkan dalam wadah, kemudian *polyester* dituangkan dan diaduk sampai *styrofoam* larut semua dan bercampur homogen. Kandungan *styrofoam* divariasikan 0, 2, 4, 6, 8 % berat. Selanjutnya adalah mencampur partikel karet dengan campuran *styrofoam* / *polyester* tersebut. Kandungan partikel karet adalah 0; 2,5; 5; dan 7,5 phr untuk masing-masing konsentrasi *styrofoam* dalam *polyester*. Setelah ditambahkan *hardener* MEKP kemudian dicetak dan dibiarkan mengalami *curing* pada suhu kamar selama 24 jam.

2.2. Pengujian Mekanik

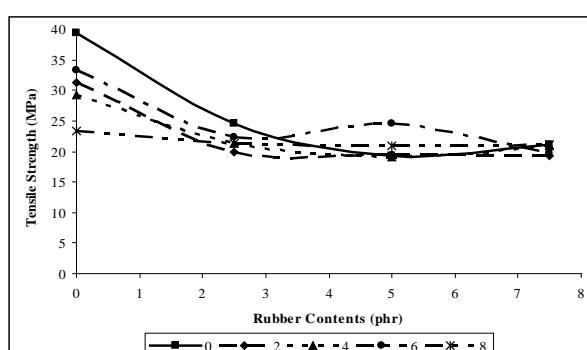
Spesimen untuk pengujian tarik sesuai dengan ASTM D638 (Gibson, 1994). Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik universal Merk Hung Ta 10 ton dengan kecepatan penarikan 5 mm/menit. Spesimen pengujian *bending* menggunakan standar ASTM D790, dan dibebani secara *three point bending*. Kecepatan penekanan adalah 3 mm/menit. Spesimen untuk uji impak dibuat dengan metode Izod sesuai dengan ASTM D265 (Smith, 1990). Dan pengujian ketangguhan retak menggunakan spesimen *single end notched bend* (SENB) sesuai standar ASTM E399.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Tarik

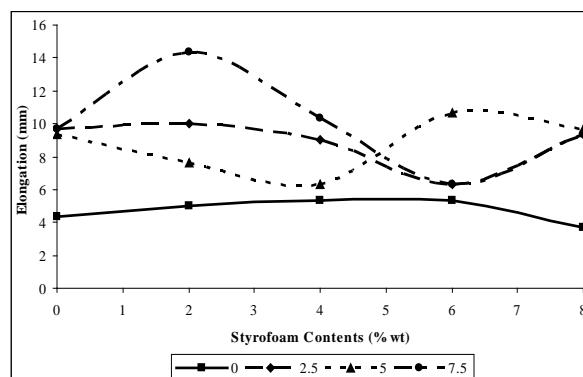


Gambar 1. Pengaruh *styrofoam* terhadap kekuatan tarik *polyester* tak jenuh.

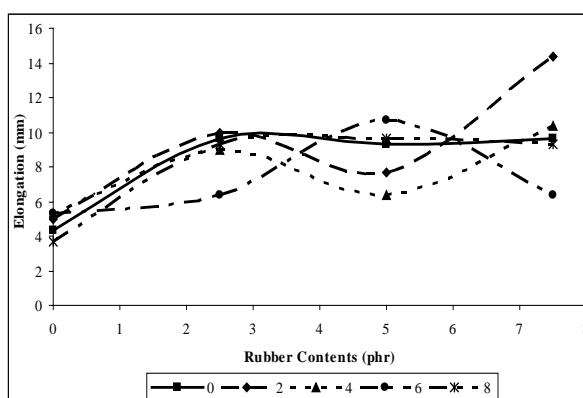


Gambar 2. Pengaruh partikel karet terhadap kekuatan tarik *polyester* tak jenuh.

Pada Gambar 1 menunjukkan pengaruh *styrofoam* terhadap kekuatan tarik *polyester* tak jenuh pada berbagai kandungan partikel karet. Penambahan *styrofoam* tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik *polyester* tak jenuh untuk semua kandungan partikel karet. Namun dengan adanya partikel karet kekuatan tarik *polyester* tak jenuh lebih rendah dibandingkan dengan *polyester* tanpa karet. Sedangkan Gambar 2 menunjukkan bahwa kekuatan tarik *polyester* tak jenuh cenderung menurun dengan meningkatnya kandungan partikel karet, namun penurunan tajam hanya terjadi sampai penambahan partikel karet 2,5 phr. Pada penambahan partikel karet lebih dari 2,5 phr kekuatan tarik *polyester* tak jenuh cenderung konstan. Kecenderungan ini teramati pada semua kandungan *styrofoam*.



Gambar 3. Pengaruh *styrofoam* terhadap elongasi *polyester* tak jenuh.



Gambar 4. Pengaruh partikel karet terhadap elongasi *polyester* tak jenuh.

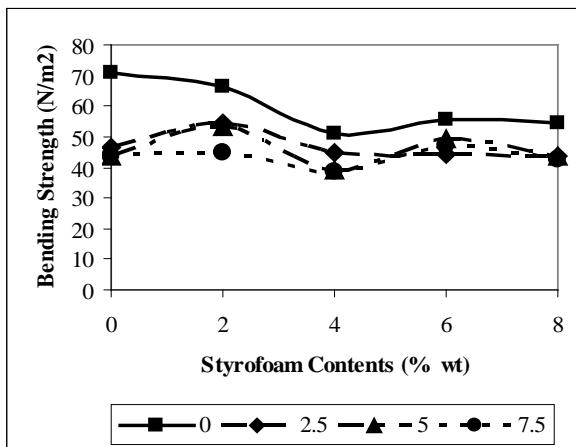
Elongasi

Pengaruh penambahan *styrofoam* dan partikel karet terhadap elongasi *polyester* tak jenuh terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. *Styrofoam* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan elongasi *polyester* (Gambar 3), sedangkan partikel karet berpengaruh signifikan terhadap peningkatan elongasi *polyester* (Gambar 4). Peningkatan elongasi *polyester* yang terjadi

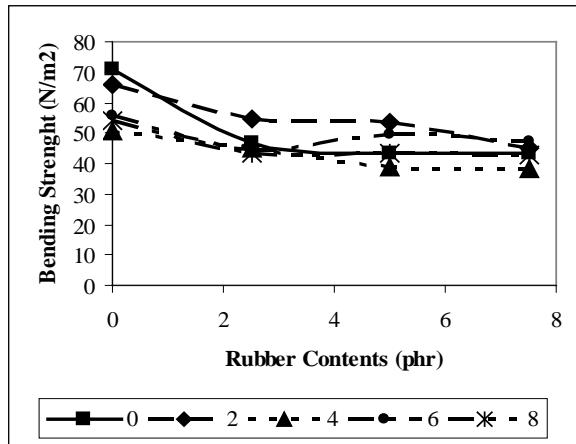
sebesar 30% - 70% dengan penambahan partikel karet 2,5 - 7,5 phr.

Partikel karet mempunyai kekuatan dan modulus elastis yang lebih rendah dari *polyester*, sehingga penambahan partikel karet dalam *polyester* tak jenuh menurunkan kekuatan tarik dan modulusnya, tetapi meningkatkan elongasinya. Pengaturan kandungan dan ukuran partikel karet dapat mengurangi penurunan kekuatan tarik seperti yang teramati pada penambahan partikel karet 2,5 - 7,5 phr.

3.2. Pengujian Bending



Gambar 5. Pengaruh *styrofoam* terhadap kekuatan *bending polyester* tak jenuh.



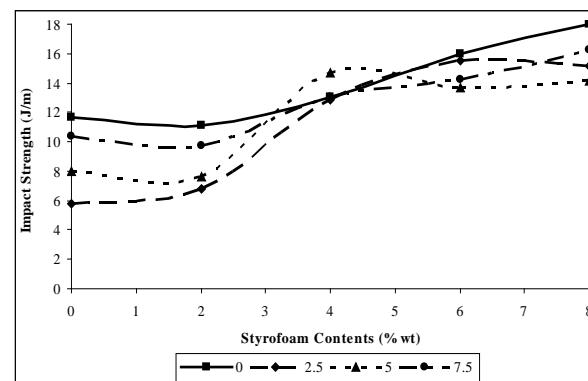
Gambar 4. Pengaruh partikel karet terhadap kekuatan *bending polyester* tak jenuh.

Gambar 5 menunjukkan pengaruh *styrofoam* terhadap kekuatan *bending polyester* tak jenuh pada kandungan partikel karet yang berbeda. Kekuatan *bending polyester* tak jenuh mengalami penurunan sedikit dengan penambahan *styrofoam* untuk semua kandungan partikel karet. Sedangkan dengan penambahan partikel karet, kekuatan *bending polyester* tak jenuh modifikasi lebih rendah dibandingkan dengan *polyester* tak jenuh

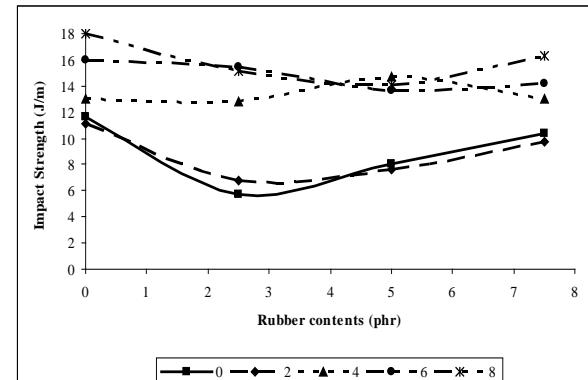
tanpa modifikasi. Gambar 6 menunjukkan pengaruh penambahan partikel karet pada kekuatan *bending polyester* tak jenuh. Kekuatan *bending polyester* tak jenuh menurun dengan meningkatnya kandungan partikel karet. Penurunan tajam hanya terjadi sampai penambahan partikel karet sekitar 2,5 phr. Kekuatan *bending polyester* tak jenuh cenderung konstan untuk penambahan partikel karet yang lebih besar. Kecenderungan ini teramati pada semua kandungan *styrofoam*.

3.3. Pengujian Impak

Gambar 7 menunjukkan bahwa kekuatan impak *polyester* cenderung naik dengan meningkatnya penambahan *styrofoam* dalam *polyester* untuk semua kandungan partikel karet. Sebaliknya, penambahan partikel karet cenderung menurunkan kekuatan impak walau kecil (Gambar 8), namun penurunan tersebut diperbaiki oleh peran *styrofoam*. Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa penambahan *styrofoam* berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impak dan penambahan partikel karet berpengaruh namun kurang signifikan terhadap kekuatan impak, sehingga penambahan *styrofoam* memegang peranan utama terhadap perubahan kekuatan impak *polyester* modifikasi.



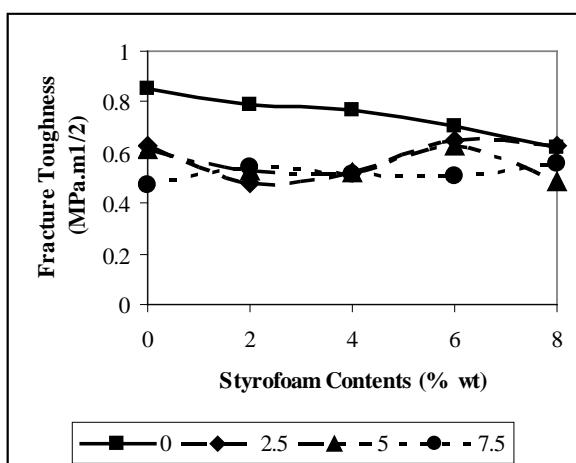
Gambar 7. Pengaruh *styrofoam* terhadap kekuatan impak *polyester* tak jenuh.



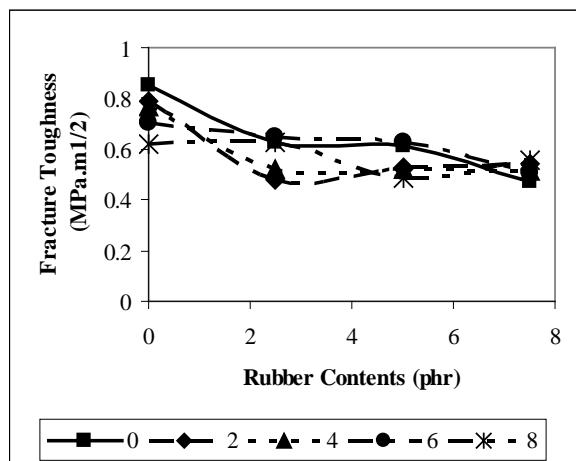
Gambar 8. Pengaruh partikel karet terhadap kekuatan impak *polyester* tak jenuh.

Bahan dengan ketangguhan tinggi (kuat tetapi ulet) lebih tahan terhadap beban kejut. Dalam hal ini *polyester* tak jenuh tanpa modifikasi bersifat getas, mempunyai kekuatan tinggi tetapi tidak ulet. Penambahan *phase* kedua yang lebih lunak dalam *polyester* tak jenuh mampu meningkatkan kekuatan impak, namun harus tetap memberikan kekuatan. Pada pembebanan impak, *styrofoam* memberi peran maksimal dengan mampu meningkatkan kekuatan impak antara 27 - 55% pada kandungan 6 - 8% berat *styrofoam* dengan ataupun tanpa penambahan partikel karet. Peran partikel karet yang seharusnya menonjol terjadi sebaliknya. Partikel karet menjadi lunak dalam *polyester* tak jenuh dan menurunkan kekuatan *polyester*.

3.4. Ketangguhan Retak



Gambar 9. Pengaruh *styrofoam* terhadap ketangguhan retak *polyester* tak jenuh.



Gambar 10. Pengaruh partikel karet terhadap ketangguhan retak *polyester* tak jenuh.

Ketangguhan retak *polyester* berada pada nilai 0,7 – 0,8 $\text{Mpa.m}^{1/2}$. Gambar 9 menunjukkan pengaruh *styrofoam* terhadap ketangguhan retak *polyester* tak jenuh pada berbagai kandungan partikel karet. Ketangguhan retak *polyester* tidak menunjukkan

perubahan yang berarti dengan penambahan *styrofoam* untuk semua variasi kandungan partikel karet. Sedangkan dengan penambahan partikel karet, ketangguhan retak *polyester* modifikasi lebih rendah dibandingkan dengan ketangguhan retak *polyester* tanpa modifikasi. Gambar 10 menunjukkan pengaruh partikel karet terhadap ketangguhan retak *polyester* tak jenuh. Ketangguhan retak *polyester* cenderung turun dengan meningkatnya konsentrasi partikel karet. Penurunan tajam terjadi sampai penambahan partikel karet sekitar 2,5 phr dan selanjutnya cenderung konstan. Kecenderungan ini teramat pada semua kandungan penambahan *styrofoam*. Penambahan *styrofoam* dan partikel karet tidak mampu memperbaiki ketangguhan retak *polyester*.

Polyester tak jenuh adalah polimer termoset yang mempunyai ikatan *cross-link* yang padat. Ikatan *cross-link* tersebut terjadi antar gugus fungsional rantai *polyester* yang dihubungkan oleh monomer *styrene* secara kovalen. Kepadatan *cross-link* ditentukan oleh ketersediaan gugus fungsional dan *styrene* dan oleh kondisi lain seperti suhu aktivasi, dan mobilitas rantai dan adanya substansi (*phase*) lain dalam *polyester* seperti partikel debu, partikel anorganik, metal, dan polimer lain seperti dalam penelitian ini partikel karet. Kepadatan *cross-link* yang tinggi menyebabkan *polyester* mempunyai kekuatan yang tinggi tetapi getas karena kekurangmampuan untuk berdeformasi ketika ada pembebanan. Penambahan *styrene* dalam hal ini dari *polystyrene* (*styrofoam*) seharusnya memberikan kepadatan *cross-link* yang meningkat, tetapi yang menjadi pertanyaan adalah apakah *polystyrene* tersebut terurai menjadi *styrene* atau tetap dalam bentuk *polystyrene* yang juga mempunyai sifat getas.

4. Kesimpulan

Penambahan *styrofoam* cenderung meningkatkan kekuatan impak *polyester* tak jenuh, penambahan 6 - 8% berat *styrofoam* meningkatkan kekuatan impak antara 27 - 53%. *Polyester* tak jenuh dengan *styrofoam* tanpa partikel karet mempunyai kekuatan impak yang lebih baik dari *polyester* dengan adanya partikel karet pada kandungan yang sama. Namun penambahan *styrofoam* tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan ketangguhan retak *polyester* tak jenuh.

Penambahan partikel karet berpengaruh signifikan terhadap peningkatan elongasi *polyester* tak jenuh. Peningkatan elongasi *polyester* yang terjadi sebesar 30 - 70% dengan penambahan partikel

karet 2,5 – 7,5 phr. Namun penambahan partikel karet tidak berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impak dan cenderung menurunkan kekuatan tarik, kekuatan *bending* dan ketangguhan retak *polyester* tak jenuh.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Pemerintah Indonesia Tahun Anggaran 2008 dengan nomor kontrak 095-SP.HB/H18.12.2/PL/2008.

Referensi

Buchhoff, L.S., Liquid and Low-Pressure Resin Systems, Chapter 4 in Handbooks of Plastics, Elastomers, and Composites 3 ed. edited by Charles A. Harper, McGraw-Hill, New York (1996).

Gibson, R.F., Principles of Composite Materials mechanics, McGraw-Hill, Inc. New York (1994).

Guhanathan, S., Devi, S.M., Studies On Interface In Polyester/Fly-Ash Particulate Composites, Composite Interfacing, Vol. 11, No.1, pp.43-66 (2004).

Peters, S.T., Advanced Composite Materials and Process, Chapter 3 in Handbooks of Plastics, Elastomers, and Composites 3 ed. edited by Charles A. Harper, McGraw-Hill, New York (1996).

Schakelford, J.F., Introduction to Materials Science for Engineers, 3 ed. Macmillan, New York (1992).

Setyawan PD., Pengaruh Konsentrasi Polystyrene (Styrofoam) Terhadap Sifat Mekanik Polyester Tak Jenuh, Journal Rekayasa Vol. 8 No.1. pp 17-21 (2006).

Sharmila, R.J., Premkumar, S., Alagar, M., Toughened Polyester Matrices For Advanced Composites, Journal of Applied Polymer Science Vo. 103, pp 167-177 (2007).

Smith, W.F., Principles of Materials Science and Engineering, McGraw-Hill Publishing Company, New York (1990).

Sugiman, Setyawan PD., Pengaruh Konsentrasi Partikel Karet Terhadap Sifat Mekanik Polyester Tak Jenuh, Journal Rekayasa Universitas Mataram Vol. 12 Juni 2005 (2005).