

Pemanfaatan Limbah Plastik dari Polietilen Tereftalat PET sebagai Penguat pada Komposit Bermatriks Epoxy

Alfian Hudan Laksana¹, Marhadi Budi Waluyo^{2*}, Deny Murdianto³, Muhammad Wahyudi⁴

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pawayatan Daha
^{2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ¹ah.laksana@gmail.com, ²marhadibw@borneo.ac.id, ³denymurdianto@gmail.com,
⁴Wahyudigs@gmail.com
Corresponding author*

ABSTRACT

Public consumption of bottled drinking water continues to increase. Single use plastic bottled water is still an option, this increases plastic waste. The main cause is that plastic cannot be decomposed so it has a bad impact on the environment. Plastic waste recycling has been done to reduce plastic waste but is still in low quantities. One of the recycling processes of plastic waste bottles can be utilized as composite materials. Composite consists of elements namely matrix and filler. In this study, the composite is composed of epoxy as a matrix and plastic bottle waste as a filler. The composition of the filler used ranges from 12.5%, 15%, 17.5%, 20%. The composite was made using the hand lay-up method. The composite that had been made was tested for hardness and impact to observe its mechanical properties. From the results of the research test, it was obtained that the greater the variation of the filler used, the lower the impact strength and hardness values. The highest impact strength was 1.02 J/mm² Joule at a variation of 12.5%. The highest data results from the hardness test in this study were at a variation of 20% of 75.33 shore D.

Keywords: composite, epoxy, hardness test, impact test, plastic bottle waste

ABSTRAK

Konsumsi Masyarakat terhadap air minum kemasan terus meningkat. Air minum kemasan plastik sekali pakai masih menjadi pilihan, hal ini menimbulkan sampah plastik. Penyebab utamanya adalah plastik tidak dapat diurai sehingga memberikan dampak buruk pada lingkungan. Daur ulang sampah plastik telah dilakukan untuk mengurangi sampah plastik namun masih dalam jumlah yang rendah. Salah satu proses daur ulang botol sampah plastik dapat dimanfaatkan menjadi bahan komposit. Komposit terdiri dari unsur yaitu matriks dan filler. Dalam penelitian ini komposit tersusun dari epoxy sebagai matriks dan sampah botol plastik sebagai filler. Komposisi filler yang digunakan mulai dari 12,5%, 15%, 17,5%, 20%. Komposit dibuat dengan metode *hand lay-up*. Komposit yang telah dibuat diuji uji kekerasan dan impact untuk diamati sifat mekaniknya. Dari hasil uji penelitian diperoleh bahwa semakin besar variasi filler yang digunakan maka nilai kekuatan impact dan kekerasan akan menurun. Kekuatan impact tertinggi sebesar 1,02 J/mm² Joule pada variasi 12,5%. Hasil data tertinggi uji kekerasan pada penelitian ini berada pada variasi 20% sebesar 75,33 shore D.

Kata Kunci: epoxy, komposit, sampah botol plastik, uji impact, uji kekerasan

I. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan masalah bagi beberapa negara. Konsumsi masyarakat terhadap air kemasan botol plastik masih menjadi penyebab utama. Hal ini diperparah dengan sifat plastik yang tidak mudah terurai. Sehingga penumpukan plastik di alam diperkirakan akan menimbulkan masalah lingkungan. Sampah plastik umumnya terbuat dari PET/ PP karena sifat tidak mudah terurai maka perlu dilakukan proses daur ulang. Upaya daur ulang sampah plastik telah dilakukan namun jumlahnya rendah sehingga penumpukan sampah plastik masih terus terjadi. Perlu dilakukan upaya daur ulang yang lebih mudah dilakukan. Salah satu daur ulang yang mudah dilakukan ialah membuat komposit.

Pemanfaatan kembali sampah plastik sebenarnya sudah banyak dilakukan, namun dalam skala kecil. Pemanfaatan kembali baik berupa *prototype* penelitian maupun yang sudah merupakan barang produksi siap pakai. Beberapa contoh produk pemanfaatan limbah plastik yang sudah ada di pasaran adalah ember, tas plastik, pot bunga, dan lainnya. Proses manufakturnya menggunakan metode *injection molding*. Selain itu juga beberapa proses olahan di mana limbah plastik jenis PET dimanfaatkan sebagai pengikat pada komposit partikel abu *bagasse boiler* [1].

Penelitian lain yang memanfaatkan sampah plastik telah dilakukan. Material komposit dipilih sebagai bahan penelitian. Komposit dibuat dengan beberapa variasi. Hasil penelitian menunjukkan sampah plastik dapat dimanfaatkan sebagai filler. Hal ini ditunjukkan dari hasil uji lendutan dengan nilai lendutan terbesar pada komposisi serat dengan massa 5 gr yaitu $y_2 = 3,78$ mm dan nilai modulus elastisitas terbesar pada komposisi massa = 8 gr yaitu $E = 3,04$ Gpa [2].

Penelitian dalam memanfaatkan limbah plastik PET juga telah dilakukan. Limbah botol plastik dengan jenis PET dimanfaatkan sebagai penguat pada komposit partikel. Sebelum dicetak terlebih dahulu botol plastik dipotong menjadi partikel. Variasi penambahan PET dalam komposit adalah 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Hasil uji impak menunjukkan peningkatan seiring meningkatnya jumlah PET [3].

Pada penelitian sebelumnya juga dilakukan pada komposit partikel. Partikel yang dimanfaatkan ialah limbah CaCO_3 dikombinasi dengan serat kaca. Penelitian berhasil dilakukan dan menunjukkan hasil kekuatan tarik yang rendah. Kondisi ini diakibatkan karena adanya aglomerasi serbuk yang terjadi saat pencampuran [4].

II. METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian ini dibutuhkan beberapa tahap penelitian yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Persiapan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Bahan baku utama akan dibuat menjadi spesimen uji impak dengan perbandingan komposisi epoxy/ PET. Komposisi PET yang digunakan pada spesimen komposit ditentukan berdasarkan ukuran cetakan. Pada penelitian ini yang digunakan untuk pencampuran bahan dasar dalam spesimen yaitu 0%, 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20%. Sedangkan komposisi epoxy yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu 100%, 87,5%, 85%, 82,5%, dan 80%.

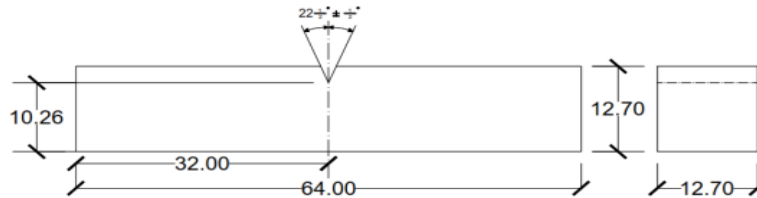


Gambar 1. Resin Epoxy



Gambar 2. PET

Sebelum dicetak botol plastik dipilih berdasarkan jenisnya. Gambar 2 merupakan botol yang digunakan adalah jenis *polyethylene terephthalate*. Botol plastik kemudian dipotong menjadi ukuran partikel rata-rata ukuran partikel 5 mm². Jenis resin dan katalis yang digunakan adalah jenis Crystal clear–high gloss resin. Gambar 1 merupakan epoxy yang digunakan dengan campuran katalis dan epoxy yang digunakan adalah 2:1. Kedua bahan tersebut kemudian dicetak dengan ukuran cetakan berdasarkan ASTM D 256 (*American Society for Testing and Material*) pada Gambar 3. Ukuran spesimen uji impact memiliki spesifikasi ukuran yaitu panjang 64.00 cm, lebar 12.70 cm, dan tebal 10.26 cm, sehingga volume komposit sebesar 10.32 cm³. Kedalaman takikan pada spesimen komposit sekitar ± 0.05 mm. Cetakan dibuat menggunakan bahan silicon rubber [5].



Gambar 3. Ukuran Spesimen Uji Impak

2. Pembuatan Komposit

Proses pembuatan komposit pada penelitian ini menggunakan metode *hand layup*. Sebelum dilakukan pencetakan dilakukan perhitungan jumlah fraksi berat komposit. Menentukan kandungan atau persentase epoxy dan PET merupakan faktor utama sebelum membuat komposit. Maka perlu diketahui lebih dulu masa jenis epoxy dan PET. Jika v_c adalah volume komposit, v_m volume matriks dan v_f adalah volume fiber [6].

$$V_f = \frac{V_f}{V_c}; V_m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$W_f = \frac{W_f}{W_c}; w_m = \frac{W_m}{W_c}$$

Konversi dapat diperoleh dengan mengetahui masa jenis komposit (ρ_c), epoxy (ρ_m), PET (ρ_f). Konversi dari fraksi volume ke fraksi berat. Dengan persamaan sebagai berikut, densitas komposit dapat ditentukan dengan persamaan.

$$W_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} \cdot V_f; w_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} V_m$$

$$\rho_c = \frac{1}{(W_f/\rho_f) + (w_m/\rho_m)}$$

Dari hasil perhitungan berat kemudian komposit dibuat. Proses pembuatan diawali dengan membuat campuran epoxy dan katalis pada wadah plastik. Campuran kemudian diaduk selama 5 menit agar diperoleh campuran yang merata. PET yang telah ditimbang menggunakan neraca digital dan diletakkan pada wadah berbeda menyesuaikan variasi yang sudah ditentukan. Saat proses pencetakan campuran resin dan PET diaduk menjadi satu dalam wadah. Pengadukan dilakukan selama 4 menit hingga resin dan PET tercampur rata. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam cetakan secara perlahan hingga memenuhi cetakan. Proses selanjutnya komposit didiamkan selama 8 jam agar mengeras secara keseluruhan. Komposit yang sudah kering dilepas dari cetakan untuk dihaluskan permukaan yang kasar. Tahap akhir pada komposit adalah dengan memberikan kode pada tiap-tiap spesimen.

3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui uji kekerasan adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu material. Pada penelitian ini *hardness test* yang digunakan adalah tipe *shore D* Gambar 5. Uji kekerasan khusus material polimer komposit berdasarkan

standar ASTM D2240. Gambar di bawah ini menunjukkan alat yang akan digunakan untuk menguji kekerasan *shore D* [5].



Gambar 4. Penimbangan Resin Epoxy



Gambar 5. Alat uji kekerasan

4. Metode Pengujian Impact

Pada prinsip dasar impact adalah ayunan pada beban yang dikenakan benda uji (spesimen). Uji impact merupakan salah satu pengujian mekanis dimana pengujian material yang diklasifikasikan menjadi pengujian merusak (*destructive test*). Selain uji impact pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat mekanik material adalah uji tarik, uji tekuk, dan uji tekan. Standar yang digunakan untuk menentukan pengujian tersebut adalah ASTM [7]. Energi yang akan diperlukan untuk mengetahui spesimen akan patah dihitung langsung dari perbedaan energi potensial pada awal (dijatuhkan) dan akhir (setelah menabrak spesimen) [8]. Untuk memastikan bagian spesimen yang akan patah, perlu dibuat takikan spesimen. Pengukuran kelihatn beda uji menggunakan impact charpy dan alatnya ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$W = G.L (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Di mana:

W = Energi patah/serap (J)

G = Berat pendulum (N)

L = Panjang lengan (mm)

$\cos \beta$ = Sudut pendulum tanpa benda uji

$\cos \alpha$ = Sudut pendulum setelah menabrak benda uji

Kekuatan impact benda uji dapat dihitung dengan persamaan:

$$I_s = \frac{W}{A}$$

Dimana:

I_s = Ketangguhan impact (J/mm²)

A = Luas penampang (mm²)

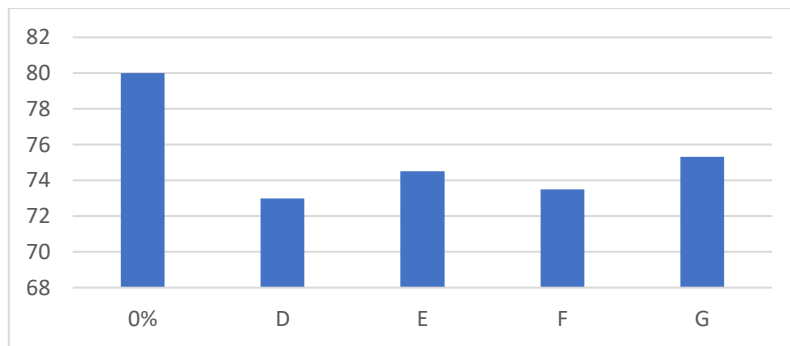
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian disajikan dalam dua pembahasan, yaitu hasil pengujian kekerasan dan hasil pengujian impact.

1. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen komposit yang tersusun pada material komposit dengan sampah plastik jenis PET (*Polyethylene terephthalate*) dan resin *epoxy*. Uji kekerasan dilakukan

untuk mendapatkan hasil dari kekerasan permukaan pada spesimen komposit. Pada penelitian ini uji kekerasan dilakukan di Lab Material Teknik Mesin Universitas Boreno Tarakan.



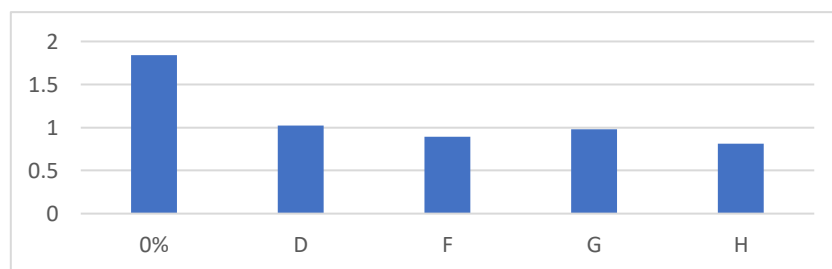
Gambar 6. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan dari pengujian kekerasan data yang diperoleh, penambahan *filler* pada matriks *epoxy* mempengaruhi kekerasan material komposit Gambar 6. Kekerasan komposit cenderung lebih rendah dari kekerasan resin *epoxy*. Kekerasan tertinggi dicapai pada komposisi *filler* 20%, menunjukkan bahwa jumlah *filler* yang optimal dan pencampuran yang baik antara *filler* dan matriks sangat penting untuk mencapai kekerasan yang maksimal. Namun, penambahan *filler* yang tidak merata atau jumlah yang terlalu sedikit dapat menyebabkan penurunan kekerasan komposit. Hal ini terjadi karena campuran partikel pada komposit tidak tersebar secara sempurna. Tiap spesimen diberi kode huruf untuk mempermudah identifikasi. Dengan arti tiap kode ialah D (12,5/87,5), E (15/85), F (17,5/82,5), G (20/80).

Variasi ke 4 berkode F mengalami penurunan kembali dengan *filler* 17,5% dan matriks 82,5%, adanya ikatan antar muka yang buruk dikarenakan antara partikel dan *filler* tidak tercampur merata hingga menurunkan keefektifan penguat pada komposit. Pada penelitian sebelumnya mengemukakan penambahan jumlah partikel dapat meningkatkan kemungkinan aglomerasi yang menimbulkan area konsentrasi tegangan yang membutuhkan sedikit energi untuk memperluas retakan [9].

2. Hasil Pengujian Impact

Hasil pengujian *impact* yang telah dilakukan di Universitas Brawijaya Malang terdiri dari teknik pengujian standar yaitu *Charpy*. Pada pengujian standar *Charpy* dirancang dan masih digunakan untuk mengukur energi *impact* yang juga dikenal dengan ketangguhan takik dimana terjadi penurunan kekuatan seiring dengan berkurangnya matriks dan bertambahnya persentase partikel pada komposit. Dari hasil pengujian *impact* dapat diketahui energi serap *impact* pada material komposit mengalami kenaikan dan penurunan kembali disebabkan tidak signifikan *filler* dengan matriks tidak tercampur merata pada spesimen komposit.



Gambar 7. Hasil Uji Impact

Berdasarkan pengujian *impact* yang telah dilakukan, penambahan *filler* dalam matriks *epoxy* menunjukkan variasi dalam sifat mekanik material komposit, terutama dalam uji *impact*. Pada komposisi yang lebih rendah hingga sedang (12,5% hingga 17,5%), penambahan *filler* dapat meningkatkan kekuatan, tetapi sifat patah getas masih dominan Gambar 7. Komposisi *filler* yang lebih tinggi (20%) cenderung melemahkan spesimen dalam uji *impact*, menunjukkan bahwa ada batas optimal dalam penambahan *filler* untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan. *Filler* yang baik dan merata sangat penting untuk meningkatkan kualitas dan kekuatan material komposit [10].

IV. KESIMPULAN

Saat pembuatan spesimen komposit, partikel PET yang digunakan dibentuk menjadi partikel kecil sesuai dengan cetakan spesimen yang dibuat. Proses pencampuran dilakukan secara merata untuk memastikan hasil yang baik pada spesimen komposit. Penambahan partikel pada daur ulang sampah plastik jenis PET yang telah dicacah dengan presentase lebih tinggi dari penelitian sebelumnya dapat mengambil kesimpulan menurunnya kekuatan *impact* dan kekerasan pada permukaan komposit dan kekuatan komposit. Kekuatan *impact* terendah pada komposit dengan (100%/0%) memiliki kekuatan *impact* sebesar 2 J/mm². Kekuatan *impact* tertinggi berada pada komposit dengan komposisi (12,5%/87,5%) memiliki kekuatan *impact* 1,02 J/mm². Penambahan pada partikel komposit akan terjadi penurunan kekuatan seiring dengan berkurangnya matriks dan bertambahnya persentase partikel pada komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Setiawan And H. Ardianto, "Karakteristik Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Komposit Nano Partikel Daur Ulang Pet Dengan Limbah Abu Bagase Boiler," *Teknika Sttkd: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 5, no. 2, pp. 30–44, 2018.
- [2] M. Yani And F. Lubis, "Pembuatan Dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Komposit Diperkuat Serat Limbah Plastik Akibat Beban Lendutan," *Mekanik: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [3] M. B. Waluyo, "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Penguat Pada Material Komposit Bermatriks Epoxy," *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 8, no. 2, 2023.
- [4] S. T. Wicaksono, H. Ardhyanta, And M. B. Waluyo, "Experimental Analysis On The Tensile Strength Of Polyester Resin Based Calcium Carbonate Powder And E-Glass Fibre Reinforced Composite," *In IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, IOP Publishing, 2019, P. 042046.
- [5] M. Pramudia, T. Prasetyo, R. M. Yusron, And M. Safiudin, "Analisa Beban Penekanan Hidrolis Terhadap Kekerasan Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serbuk Kulit Jagung Dan Fly Ash Menggunakan Metode Compression Molding," *Infotekmesin*, vol. 15, no. 1, pp. 69–75, 2024.
- [6] A. H. Laksana And M. B. Waluyo, "Pengaruh Komposisi Serat Kenaf Dan Serbuk Caco₃ Terhadap Kekuatan Tekuk Dan Water Absorption Komposit Hybrid-Poliester," *Injection: Indonesian Journal Of Vocational Mechanical Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 58–64, 2021.
- [7] G. Gerson, S. T. Kismanti, M. F. Nurdin, "Rancang Bangun Mesin Uji Tarik, Tekan Dan Tekuk (*Bending*) Menggunakan Tenaga Hidrolik," *Journal Bearings: Borneo Mechanical Engineering And Science*, vol. 02, no. 01, pp. 1–14, 2023.
- [8] Z. Zulkifli, I. B. Dharmawan, W. Anhar, "Analisa Pengaruh Perlakuan Kimia Pada Serat Terhadap Kekuatan Impak Charpy Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatriks Epoxy," *Jurnal Polimesin*, vol. 18, no. 01, pp. 47–52, 2020.
- [9] N. Saba, O. Y. Alothman, Z. Almutairi, And M. Jawaid, "Magnesium Hydroxide Reinforced Kenaf Fibers/ Epoxy Hybrid Composites: Mechanical And Thermomechanical Properties," *Constr Build Mater*, vol. 201, pp. 138–148, 2019.
- [10] R. L. Pambudi And H. Yudiono, "Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pandan Duri Terhadap Ketangguhan Impact Komposit Sebagai Material Alternatif Bumper Mobil," *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 12, no. 2, 2020.