Pengaruh Kandungan Filler Serbuk Genteng Sokka Terhadap Kekuatan Lentur Komposit Limbah Polipropilena

R. Faiz Listyanda[a*], Kuncoro Diharjo[b], Zaenal Arifin[c],

\

[a] Universitas Tidar
[b] Universitas Sebelas Maret
[c] Universitas Sebelas Maret
[*] faizlistyanda@untidar.ac.id

Diterima : 06-06-2023 - Direview : 22-06-2023 - Diterbitkan : 30-06-2023

Intisari

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari penambahan serbuk genteng Sokka terhadap kekuatan bending komposit serbuk genteng Sokka dengan matrik limbah plastik polipropilena.
Limbah polipropilena diambil dari limbah gelas kemasan air mineral yang dihaluskan hingga menjadi serbuk yang lolos 20 mesh. Sebagai filler, digunakan serbuk hasil pengolahan pecahan genteng sokka yang digiling hingga ukuran $\leq 75\mu m$. Serbuk genteng kemudian dipanaskan dalam oven selama 45 menit pada suhu 105ºC untuk menurunkan kadar air. Serbuk polipropilena dan serbuk genteng kemudian dicampur dalam mixer dengan konsentrasi serbuk genteng 10, 20, 30, 40, dan 50 wt%. Proses pembuatan sampel dilakukan dengan menggunakan mesin hotpress pada suhu 220℃ selama 15 menit dengan tekanan 1,2 MPa. Pengujian kekuatan bending dilakukan sesuai ASTM D-6272.
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk genteng sokka dapat meningkatkan kekuatan bending dengan nilai tertinggi pada 20 wt% sebesar 62.82 MPa dan mengalami penurunan pada kandungan filler lebih dari 20 wt%. Penurunan Kekuatan bending pada kandungan filler tinggi terjadi akibat bertambahnya nilai porositas yang didukung dengan data uji densitas dan foto SEM.
Kata Kunci : **Komposit; Limbah polypropilena; Hot press; Geopolimer**

Abstract

This study aims to investigate the effect of Sokka tile powder addition on the bending strength of composite Sokka tile powder with waste polypropylene matrix.
The Polypropylene matrix was taken from waste mineral water cup that crushed into powder. Sokka tile powder is obtained by grinding sokka tile fragments.into less than 75 μm. *The tile powder is then heated in the oven for 45 minutes at a temperature of 105*℃ *to lower the water content. Polypropylene powder and roof tile powder were then mixed in a mixer with tile powder concentrations of 10, 20, 30, 40, and 50 wt%. The sample-making process was carried out using a hot press machine at the temperature of 220*℃ *for 15 minutes with a pressure of 1.2 MPa. Bending strength test was carried out according to ASTM D-6272.*
The results showed that the addition of sokka tile powder increased the bending strength with the highest value at 20 wt% of 62.82 MPa and decreased when the filler content is more than 20 wt%. The decrease in bending strength at high filler content occurs due to an increase in the porosity value which is supported by density test data and SEM photos.
Keywords : **Composite; Waste Polypropilene; Hot press; Geopolymer**

1. Pendahuluan

Komposit merupakan salah satu jenis produk dari rekayasa material yang masih terus berkembang hingga saat ini. Komposit merupakan gabungan secara makro dari dua jenis bahan atau lebih yang menghasilkan bahan dengan sifat gabungan dari penyusunnya. Sifat dari komposit ditentukan oleh dua komponen penyusunnya yaitu matrik dan penguatnya. Tujuan dari pengembangan komposit adalah untuk mendapatkan material dengan sifat yang diinginkan. Di bidang industri otomotif, pengembangan komposit bertujuan untuk menghasilkan material baru yang lebih ringan agar bobot dari kendaraan dapat dikurangi. Penggunaan komposit pada kendaraan dapat menurunkan bobot kendaraan sebesar 35% yang kemudian menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 12-20% (Bandivadekar *et al.*, 2008)

Matrik dalam komposit berperan sebagai pengikat yang menghubungkan serat atau penguat jenis lainnya. Polipropilena merupakan salah satu jenis plastik yang dapat digunakan sebagai matrik dalam pembuatan komposit. Plastik jenis polipropilena dapat kita temui dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk gelas kemasan air mineral. Polipropilena merupakan jenis termoplastik yang memiliki densitas rendah (0,85-0,90 g/cm^3) sehingga penggunaan polipropilena sebagai matrik memungkinkan untuk menghasilkan komposit yang ringan (Eroglu, 2007). Selain itu ketersediaan polipropilena yang sudah beredar dilingkungan sangat melimpah. Menurut laporan dari Market Intelligence Indonesian Commercial Newsletter (April 2010), penggunaan plastik jenis polipropilena di Indonesia mencapai 800.000 ton pertahun dan menunjukkan peningkatan tiap tahunnya. Penggunaan polipropilena yang terus meningkat akan menimbulkan masalah bagi lingkungan yaitu menumpuknya sampah plastik jenis ini. Pemanfaatan limbah kemasan air mineral sebagai matrik komposit dapat menjadi salah satu cara untuk menanggulangi masalah lingkungan akibat sampah plastik.

Dalam pembuatan komposit, penambahan filler pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik komposit. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai filler adalah serbuk genteng Sokka. Serbuk genteng Sokka diproduksi dari genteng Sokka yang ditolak. Geomaterial dari genteng Sokka ini memiliki sifat antara lain tahan api, tahan aus, dan kekuatan tinggi. Genteng Sokka dari Kebumen diproduksi dari tanah liat dengan kandungan montmorillonit tinggi. Menurut (Diharjo *et al.*, 2013) serbuk genteng Sokka memiliki kandungan utama berupa Silica (54.59%) dan alumina (19.62%). Alumina dan Silika dalam SGS ini dapat memberikan sifat tahan api yang bertindak sebagai penghalang interaksi polimer dengan O_2 selama pembakaran(Sain *et al.*, 2004)

Berdasarkan uraian diatas maka diajukan penelitian tentang pembuatan komposit dengan matrik polypropylene daur ulang dengan bahan pengisi berupa serbuk genteng sokka. Pengujian kekuatan mekanik dilakukan dengan uji bending. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi tentang pemanfaatan limbah dari polipropilena dan diharapkan dapat memberikan informasi dan arahan untuk pengembangan komposit yang akan diaplikasikan sebagai interior kendaraan.

2. Kerangka Teori

2.1. Pustaka Rujukan

Komposit berpenguat partikel merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel sebagai penguat dalam matriksnya. Partikel yang digunakan dapat berupa serbuk, serat pendek, atau bahan kecil lainnya yang ditambahkan ke dalam matriks untuk meningkatkan sifat mekanik atau termal material tersebut.

Penelitian tentang komposit berpenguat partikel antara lain dilakukan oleh (Diharjo, Jamasri and Firdaus, 2007)yang meneliti komposit berpenguat partikel *fly ash* (FA). Hasil penelitian menunjukkan komposit FA-UPRs memiliki kekuatan *bending* tertinggi pada kandungan FA sebanyak 40% (w/w) dengan modulus *bending* yang meningkat seiring dengan peningkatan kandungan FA 60% (w/w). Jenis patahan komposit FA-UPRs adalah patah tunggal. Penelitian sebelumnya tentang komposit matriks polipropilen dilakukan oleh Oksman and Clemons, (1998), mereka mempelajari sifat mekanik komposit PP yang dimodifikasi dan diperkuat dengan serbuk kayu. Kusmono, (2010) melakukan penelitian komposit PP dengan filler *clay* berskala nano untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik komposit tersebut. (Selvakumar, Palanikumar and Palanivelu, 2010) telah melakukan penelitian tentang variasi kandungan MMt melalui sifat komposit mekanik nano MMt-PP. Eroglu (2007) membuat komposit PP-talc dan menyelidiki sifat mekanik setelah perlakuan panas.

Polipropilena (PP) merupakan polimer kristalin hasil dari proses polimerisasi gas propilena. Titik leleh dari polipropilena berada pada suhu 190^{o}C-200^{o}C, sedangkan suhu kristalisasinya berkisar pada 130^{0}C–135^{0}C. Polipropilena mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) yang tinggi dengan kekuatan impak yang rendah (Mujiarto, 2005). Penggunaan polipropilena sebagai matrik dapat menghasilkan sifat gabungan yang unggul seperti ringan, tangguh, tahan korosi, warna tahan lama, transparan, dan mudah pemrosesannya (Eroglu, 2007). Sifat ringan dapat diperoleh akibat densitas polipropilena yang lebih ringan dibandingkan jenis plastic lain. Perbandingan spesific gravity dari beberapa jenis polimer dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan specific gravity dari beberapa polimer termoplastik

Polimer	Spesific gravity
PP	0,85-0,90
LDPE	0,91-0,93
HDPE	0,93-0,96
Polisterena	1,05-1,08
ABS	0,99-1,10
Asetil Selulosa	1,23-1,34
NYLON	1,09-1,14
Polikarbonat	1,20
PLA	1.38
PVC	1,15-1,65

2.3. Pengujian densitas

Pengujian densitas dilakukan berdasarkan hukum Archimedes. Sampel dipotong dengan ukuran 1x1 cm kemudian ditimbang pada udara bebas dan didalam air. Nilai densitas aktual dihitung dengan rumus :

$$\rho_{aktual} = \frac{m_a}{m_a - m_b} \times \rho_{air} \quad (1)$$

Dimana m_a menunjukkan berat diudara bebas (gram); m_b menunjukkan berat sampel ketika ditimbang di air; dan ρ_{air} menunjukkan massa jenis air.

Nilai densitas teoritis dari komposit dihitung dengan rumus :

$$\rho_{teoritis} = \rho_{PP}.V_{PP} + \rho_{SG}.V_{SG} \quad (2)$$

Dimana ρ_{PP} menunjukkan densitas dari serbuk polipropilena (g/cm^3); V_{PP} menunjukkan fraksi berat dari serbuk polipropilena (gram); ρ_{SG} menunjukkan densitas dari serbuk genteng (g/cm^3); V_{SG} menunjukkan fraksi berat dari serbuk genteng (gram)

Hasil dari perhitungan densitas teoritis dan aktual kemudian digunakan untuk menghitung porositas dengan menggunakan persamaan :

$$Porositas = \frac{\rho_{teoritis} - \rho_{aktual}}{\rho_{teoritis}} \times 100\% \quad (3)$$

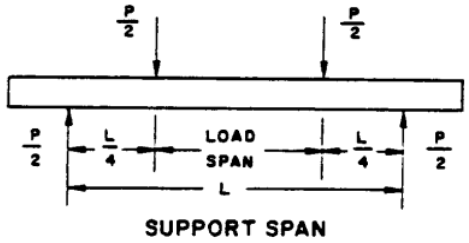
2.2. Pengujian Bending

Pengujian kekuatan *bending* dilakukan dengan metode *four point bending* sesuai standar pengujian ASTM D 6272. Hasil pengujian kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan kekuatan lentur menggunakan persamaan :

$$S = 3PL/4bd^2 \quad (4)$$

Dimana S menunjukkan kekuatan bending (MPa); P menunjukkan beban maksimum (N); L menunjukkan jarak tumpuan (mm); b menunjukkan lebar spesimen (mm); d menunjukkan tebal spesimen (mm).

Skema pengujian sesuai standard ASTM D 6272 ditunjukkan pada gambar 1. Jarak antara dua tumpuan sesuai standar adalah 16 kali tebal benda uji dengan jari-jari batang penumpu maksimum adalah 1,6 kali tebal benda uji dan jari-jari penekan 5,0 ± 0,1mm.



Gambar 1. Skema Pengujian *Bending* sesuai ASTM D 6272

Modulus Elastisitas adalah nilai kekakuan perbandingan tegangan dan regangan pada daerah elastis. Modulus *Bending* sesuai ASTM D 6272 dihitung dengan rumus :

$$E_B = 0.17\ L^3\ m/bd^3 \quad (5)$$

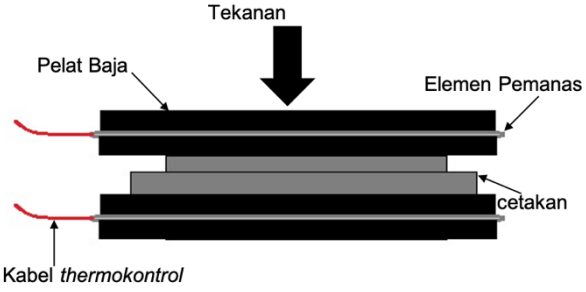
Dimana E_B menunjukkan modulus elastisitas *bending* (MPa); L menunjukkan jarak tumpuan (mm); b menunjukkan lebar spesimen (mm); d menunjukkan tebal spesimen (mm); m menunjukkan kemiringan garis pada kurva tegangan regangan (N/mm)

3. Metodologi

Matrik yang digunakan adalah plastik polypropylene yang diperoleh dari limbah kemasan air mineral 220 ml. Kemasan air mineral dipotong menggunakan gunting dengan ukuran 1x1 cm kemudian dicacah menggunakan mesin pencacah plastik. Hasil pencacahan berupa sebuk plastik kemudian diayak dengan ayakan ukuran 20 mesh.

Filler yang digunakan berupa serbuk genteng yang diambil dari hasil pengolahan pecahan genteng dengan merk Sokka. Proses pembuatan serbuk genteng dilakukan dengan menghaluskan pecahan genteng sokka dengan menggunakan mesin giling tepung. Hasil dari mesin pencacah kemudian diayak dengan ayakan berukuran 200 mesh sehingga didapatkan serbuk dengan ukuran ≤ 75 µm.

Spesimen dibuat dengan memvariasikan kandungan dari serbuk genteng yang digunakan yaitu 0,10,20,30,40,dan 50 wt%. Serbuk genteng dan serbuk polipropilene dicampur terlebih dahulu menggunakan mixer centrifugal. Hasil pencampuran kemudian dituangkan kedalam cetakan berukuran 15x10 cm. Pembuatan spesimen dilakukan menggunakan mesin hot press dengan skema alat seperti pada Gambar 2. Cetakan diletakkan pada mesin hot press kemudian dilakukan penekanan sebesar 1,2 MPa dengan suhu 220℃ selama 15 menit. Spesimen didinginkan dengan udara pada suhu kamar.

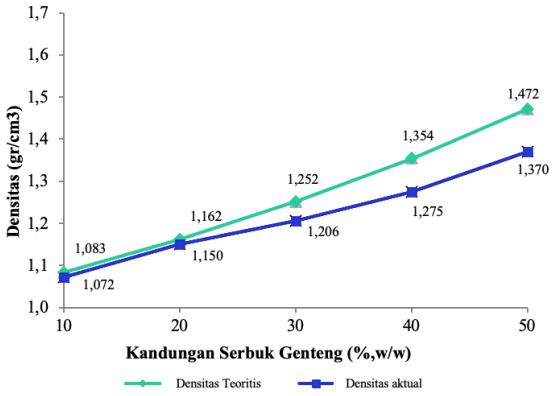


Gambar 2. Skema mesin *hotpress*

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian densitas, pengujian bending, dan foto SEM.

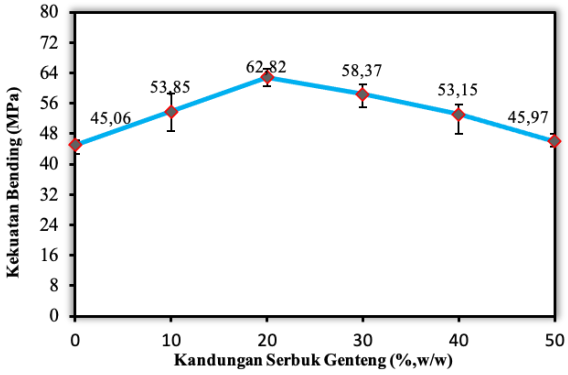
4. Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara peningkatan kadar serbuk genteng sokka terhadap densitas teoritis dan aktual dari komposit. Densitas aktual dari komposit meningkat seiring dengan bertambahnya kadar partikel serbuk genteng sokka dan mencapai nilai tertinggi pada kadar serbuk genteng sokka 50 wt% (1.370 gr/cm^3). Pada Gambar 4 juga terlihat perbedaan nilai densitas aktual dan teoritis yang semakin besar pada kandungan filler diatas 20 wt%. Hal tersebut mengindikasikan bertambahnya porositas seiring dengan peningkatan kandungan filler. Pada kadar serbuk genteng sokka 30 wt% nilai porositas sebesar 3,66% dan meningkat hingga 6,93% pada kadar serbuk genteng sokka 50 wt%.

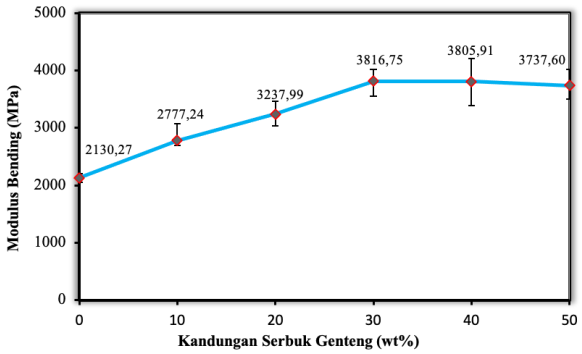


Gambar 3. Grafik hasil pengujian densitas komposit Limbah Polipropilena-Serbuk genteng

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian bending dari komposit. Pada sampel 0 wt% (polipropilena murni) kekuatan bending sebesar 45.06 MPa dan meningkat dengan penambahan serbuk genteng Sokka hingga 20 wt% menjadi 62.82 MPa. Kekuatan bending dari komposit mengalami penurunan pada kandungan filler 30 wt% (58.37 MPa) hingga 50 wt% (45.97 MPa). Penurunan kekuatan bending terjadi akibat bertambahnya void pada sampel yang sesuai dengan hasil pengujian densitas yang menunjukkan meningkatnya porositas pada kandungan filler diatas 20 wt%.

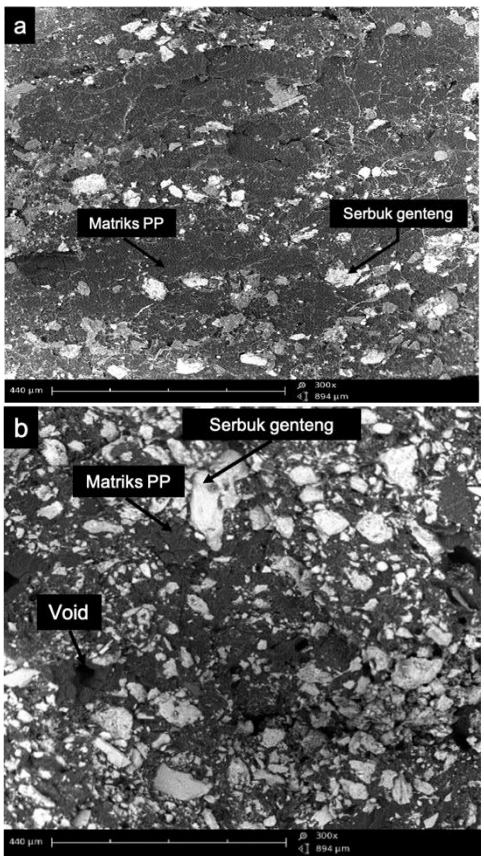


Gambar 4. Grafik hasil pengujian densitas komposit Limbah Polipropilena-Serbuk genteng



Gambar 5. Grafik modulus bending komposit Limbah Polipropilena-Serbuk genteng

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan kadar serbuk genteng Sokka pada komposit juga mempengaruhi modulus lentur komposit. Limbah polipropilena murni tanpa penambahan serbuk genteng sokka memiliki modulus lentur 2777,24 MPa pada kandungan serbuk genteng sokka 10% wt%. Modulus lentur tertinggi (3816,75 MPa) terjadi pada kadar serbuk genteng Sokka 30 wt%. Penurunan modulus bending pada kadar serbuk genteng Sokka lebih dari 30% disebabkan oleh interaksi antara filler dan matriks yang semakin terbatas akibat kandungan filler yang semakin tinggi.



Gambar 6. Hasil foto SEM pada patahan sampel dengan kandungan serbuk genteng (a) 20 wt% dan (b) 50 wt%

Gambar 6 hasil pengamatan menggunakan SEM pada permukaan patahan spesimen uji bending. Pada penampang dengan kandungan filler 20 wt% (gambar 6a), terlihat filler serbuk genteng terdistribusi secara merata pada permukaan sehingga menghasilkan kekuatan mekanik yang tinggi. Sedangkan pada kandungan filler 50 wt% (gambar 6b), terjadi pengelompokan serbuk genteng dan adanya void yang menyebabkan penurunan kekuatan bending dari komposit. Hasil foto SEM juga didukung dengan hasil pengujian densitas yang menunjukkan nilai porositas yang semakin tinggi pada kandungan filler 50 wt%.

5. Simpulan

Penambahan serbuk genteng sokka hingga 20 wt% pada komposit limbah pp–serbuk genteng sokka dapat meningkatkan kekuatan lentur komposit. Modulus lentur meningkat hingga 30% kadar tepung genteng sokka dan cenderung konstan pada penambahan serbuk genteng sokka 40% dan 50%.

Daftar Pustaka

Bandivadekar, A. *et al.* (2008) *On the Road in 2035: Reducing Transportation's Petroleum Consumption and GHG Emissions Laboratory for Energy and the Environment*.

Diharjo, K. *et al.* (2013) *Pengaruh Kandungan Dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka Terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer*, *Jurnal Rekayasa Mesin*.

Diharjo, K., Jamasri and Firdaus, F. (2007) 'Effect of Particulate Size of Fly Ash and Fly Ash Weight Fractions to Flexural Properties of Fly Ash-Polyester Composite', in *International Conference On Chemical Sciences*.

Eroglu, M. (2007) *Effect of Talc and Heat Treatment on the Properties of Polypropylene/EVA Composite*, *International Journal of Science & Technology*.

Kusmono (2010) 'Studi Sifat Mekanik dan Morfologi Nanokomposit Berbasis Poliamid 6/Polipropilen/Clay', in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-9*.

Mujiarto, I. (2005) 'Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif', *Traksi* , 3(2).

Oksman, K. and Clemons, C. (1503) *Mechanical Properties Polypropylene-Wood*.

Sain, M. *et al.* (2004) 'Flame retardant and mechanical properties of natural fibre-PP composites containing magnesium hydroxide', *Polymer Degradation and Stability*, 83(2), pp. 363–367. Available at: https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00280-5.

Selvakumar, V., Palanikumar, K. and Palanivelu, K. (2010) *Studies on Mechanical Characterization of Polypropylene/Na +-MMT Nanocomposites*, *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*.