

Pengaruh Variasi Tekanan *Hot Press* pada Kekuatan Biokomposit Biji Salak - Polipropilena

Chandra Ayub¹, Juliana Anggono^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

* Penulis korespondensi; E-mail: julianaa@petra.ac.id

ABSTRAK

Biokomposit adalah material yang telah banyak dimanfaatkan oleh industri otomotif di negara maju terkait dengan peraturan ketat menyangkut isu penghematan energi dan lingkungan karena emisi gas buang serta material yang ramah lingkungan. Limbah alam lignoselulosa memiliki potensi menjadi bahan penguat untuk biokomposit. Telah banyak penelitian yang menggunakan serat atau partikel bahan alam untuk membuat biokomposit polimer bertujuan peningkatan kekuatan, ringan, serta ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan biji buah salak yang biasanya dibuang, dihancurkan menjadi bentuk serbuk dengan ukuran $< 100 \mu\text{m}$ yang dimanfaatkan sebagai filler penguat untuk biokomposit matriks polipropilena (PP). Dalam penelitian ini digunakan proses *hot press* dengan campuran biji salak dan PP dari tiga variasi komposisi dan tiga variasi tekanan hot press. Variasi komposisi berupa tiga rasio persentase berat serbuk biji salak /PP, yaitu 20/80, 25/75, dan 30/70 dan diberi variasi tekanan hot press 0,3; 0,35; dan 0,4 MPa. Tebal dan gramasi semua sampel diukur sebelum dilakukan pengujian *flexural*. Hasil pengujian *flexural* (ASTM D790-17) menunjukkan bahwa kekuatan *flexural* meningkat dengan penambahan kandungan filler demikian pula dengan peningkatan tekanan hot press. Kekuatan tertinggi sebesar 45,46 MPa yang didapat dari sampel dengan 30 % berat serbuk biji salak dengan tekanan hot press 0,4 MPa. Kekuatan *flexural* dan gramasi sampel memiliki nilai lebih baik daripada komposit *woodboard* yang saat ini digunakan oleh industri otomotif.

Kata kunci: Kekuatan *flexural*, gramasi, *salacca zalacca*.

ABSTRACT

Biocomposites have been widely used by the automotive industry in developed countries due to strict regulations regarding energy saving and environmental issues due to exhaust gas emission and environmentally friendly materials. Lignocellulosic waste has the potential as a reinforcing material for biocomposites. There have been many research that study natural fibers and particles to prepare polymeric biocomposites with the aim of increasing strength, being lightweight, and more environmentally friendly. This study used the discarded pits of snake fruit that were ground to obtain particle size of $< 100 \mu\text{m}$ as reinforcing fillers for polypropylene (PP) matrix used to prepare biocomposites samples. In this study, a hot press machine was used to prepare flat samples from mixtures of snake fruit pits' particles and PP of three different compositions, i.e. 20/80, 25/75, and 30/70 wt. % and three variations of hot press pressure, i.e. 0.3; 0.35; and 0.4 MPa. The thickness and area density of all samples were measured prior to flexural testing. The flexural test (ASTM D790-17) shows that the flexural strength increases with the addition of filler content as well as with the increase of hot press pressure. The highest strength of 45.46 MPa was obtained from a sample with 30 wt. % of snake fruit particles using the hot press pressure of 0.4 MPa. The flexural strength and the area density of snake fruit pits' particles provide better values compared to the existing composite materials used by the automotive industry.

Keywords: *Flexural strength, area density, salacca zalacca.*

PENDAHULUAN

Perkembangan komposit tidak hanya dilihat dari aspek manfaatnya, namun juga dilihat pada aspek keramahan lingkungan. Beberapa negara maju, seperti Amerika, Eropa, Jepang, dan China

telah memberlakukan peraturan terkait aspek diatas. [1-4] Pembuatan serat sintetis dapat menghasilkan limbah yang berdampak buruk terhadap lingkungan dibanding dengan serat alam. Oleh karena itu pengembangan *biocomposite*, yaitu komposit yang menggunakan serat alam dan matrik sintetis telah

banyak dilakukan. Bahan serat alam lebih banyak didapat dari alam karena jumlahnya yang cukup melimpah. Serat alam yang sudah banyak dikomersialisasikan, yaitu *kenaf*, *hemp*, *jute*, dan *ramie*. [5] Penelitian lainnya menggunakan serat kayu (*woodboard*), ampas tebu, dan serat ijuk. [6-10] Selain itu ada limbah biji buah-buahan yang dapat dijadikan *filler* serat alam material komposit, seperti biji buah cherry [11], kulit biji buah keluwak, dan biji salak. [12] Semua serat atau partikel dari bahan alam di atas telah diujicobakan sebagai penguat matriks PP dan didapatkan sifat mekanis yang tidak kalah baik dibandingkan dengan komposit serat kayu (*woodboard*) yang telah dimanfaatkan oleh industri otomotif sebagai bahan komponen interior mobil.

Kekuatan komposit ditentukan oleh empat faktor, yaitu sifat bahan penyusun, komposisi bahan, struktur, serta kekuatan antar-muka matriks dengan material penguat. [13] Pemilihan jenis bahan serta komposisinya telah banyak dilakukan. Tekanan *hot press* dapat mendekatkan jarak antar partikel *filler* sehingga terjadi peningkatan interaksi antara matriks dengan *filler* dan menyebabkan ukuran pori pada komposit menjadi lebih kecil dan sedikit. [14]

Dari penelitian terdahulu menunjukkan potensi biji salak sebagai partikel penguat yang dapat menghasilkan kekuatan komposit yang setara dengan bahan alam lainnya. Biji salak dipilih karena terinspirasi dari penelitian menggunakan biji buah *cherry*, dimana keduanya memiliki karakteristik kekerasan yang mirip. Komposisi yang diteliti adalah 5 – 30 % berat (kenaikan 5 %) partikel biji salak /PP dengan tekanan *hot press* 0,3 MPa. Kekuatan *flexural* tertinggi (42,83 MPa) didapatkan pada komposit dengan 15 % berat serbuk biji salak/PP. Studi ini masih perlu diteliti lebih lanjut terkait dengan faktor struktur dan adhesivitas *filler* dengan matriks, oleh karena itu melalui penelitian ini ingin dipelajari efek tekanan *hot press* yang dapat memperbaiki kekuatan komposit melalui perbaikan adhesivitas antara partikel penguat dari biji salak dengan matriks PP. Tekanan *hot press* yang diteliti adalah 0,3 MPa; 0,35 MPa; dan 0,4 MPa.

METODE

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah menyiapkan lembaran plastik PP berukuran 75mm x 100mm x 1mm dan biji salak yang dihancurkan menjadi serbuk (gambar 1). Biji salak dicuci dengan air agar tidak ada kotoran dan debu yang menempel. Setelah dibersihkan, dilanjutkan proses pengeringan dalam oven pada temperatur 100 °C selama 24 jam. Biji salak yang kering ditumbuk dan dilakukan pengayakan untuk mendapatkan serbuk biji salak dengan ukuran < 100 µm. Setelah pengayakan serbuk biji salak dinetralisasi, direndam pada larutan etanol 70 % selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan proses pengeringan kembali di dalam oven Naber model N30/A pada temperatur 100 °C selama 1 jam.

Serbuk biji salak dan PP yang telah disiapkan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik Mettler Toledo A020 sesuai dengan komposisi rasio % berat biji salak/PP: 20/80, 25/75, dan 30/70 % berat. Proses pencampuran dilakukan dengan menaburkan serbuk biji salak diatas lembaran PP yang telah ditandai dengan kotak-kotak kecil berukuran 25 mm x 25 mm (gambar 2).



Gambar 1. Serbuk biji salak setelah pengayakan



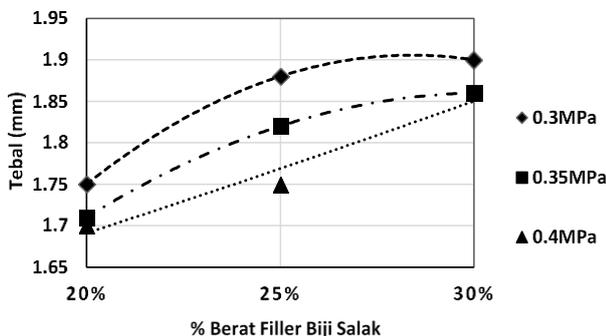
Gambar 2. Pencampuran PP dengan serbuk biji salak sebelum proses *hot press*

Campuran PP/serbuk biji salak kemudian disiapkan untuk di-*press* menggunakan mesin *hot press* pada suhu 190 °C dengan variasi tekanan 0,3 MPa; 0,35 MPa; dan 0,4 MPa selama 12 menit. Setelah proses *hot press* selesai, sampel dikeluarkan dari mesin *hot press* lalu dibiarkan dingin dengan diberi pembebanan supaya sampel tidak mengalami *warping*. Untuk pengujian *flexural* mengikuti ASTM D790-17, sampel *hot press* disiapkan dengan dimensi 100 mm x 12,7 mm. Sampel uji *flexural* kemudian dilakukan proses pengukuran tebal, luas, dan berat untuk mendapatkan nilai gramasi. Pengujian *flexural* dilakukan di Laboratorium Metalurgi, Universitas Kristen Petra menggunakan mesin universal testing machine merk JTM-Technology model UTC-20kN dengan kapasitas 2 ton. Penampang patahan sampel *flexural* dievaluasi menggunakan scanning electron microscope Hitachi Flexsem 100 di Laboratorium SEM, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dan pengujian sampel biokomposit PP-biji salak dalam riset ini dibandingkan dengan material referensi yang merupakan *existing material* yang pernah dimanfaatkan industri otomotif untuk komponen interior *package tray*. Material referensi ini adalah biokomposit dari serat kayu yang memperkuat campuran PP dan PE. Terkait kerahasiaan maka komposisi tidak bisa disebutkan.

Sebelum dilakukan uji *flexural*, semua sampel uji dilakukan pengukuran tebal, luas permukaan, dan berat. Pengukuran luas dan berat dipakai untuk menghitung nilai gramasi pada setiap sampel. Ketebalan diukur untuk mempelajari efek tekanan *hot press* pada dimensi sampel yang diperoleh untuk dibandingkan dengan dimensi tebal material referensi. Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran tebal sampel uji *flexural*. Dari grafik gambar 3 secara umum dapat dipelajari bahwa tebal sampel meningkat seiring dengan peningkatan jumlah partikel biji salak namun tekanan *hot press* yang bertambah, menurunkan ketebalan sampel. Penurunan ketebalan ini dapat dipahami karena efek tekanan mereduksi jarak antara partikel serta mendekatkan kontak antara filler dengan matriks bahkan mengurangi porositas sehingga meningkatkan density. [14] Tekanan *hot press* pada ketebalan memiliki pengaruh tidak sebesar efek perubahan komposisi

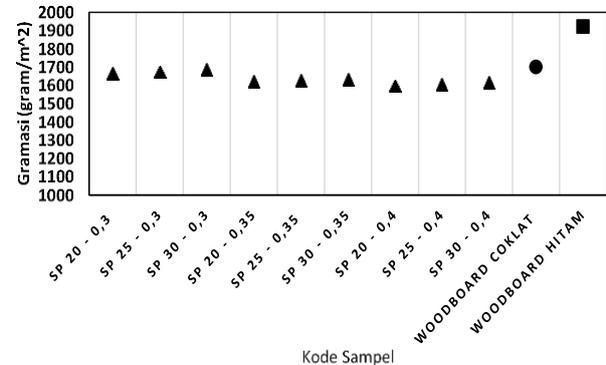


Gambar 3. Grafik perbandingan tebal sampel vs komposisi dan tekanan *hot press*

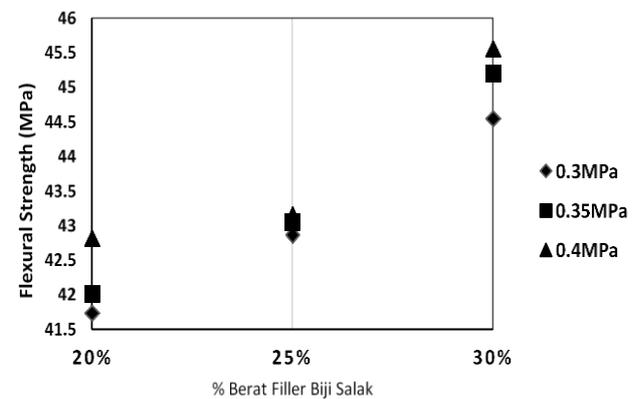
Dari perhitungan gramasi sampel, diperoleh data gramasi seperti ditunjukkan oleh gambar 4 (tebal sampel diperhitungkan sama, yaitu 1,6 mm). Dibanding material referensi, gramasi woodboard coklat adalah 1700 g/m² sedangkan woodboard hitam sebesar 1920 g/m², sedangkan biokomposit biji salak memiliki gramasi rata-rata 1630 g/m² atau dengan kata lain lebih ringan 4-15 % dibanding woodboard.

Pengujian *flexural* dilakukan sesuai ASTM D790-17 dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 5. Penambahan lebih banyak partikel biji salak dan penambahan tekanan *hot press* pada sampel meningkatkan kekuatan *flexural*-nya. Peningkatan tekanan pengepresan mengakibatkan jarak antara partikel pengisi semakin dekat, selain itu juga terjadi peningkatan kontak antara filler dengan matriks sehingga meningkatkan kekuatan ikatan filler dan matriks. Hal tersebut dibuktikan dengan peningkatan kekuatan *flexural* sampel dengan penambahan

tekanan *hot press*. Kekuatan *flexural* tertinggi (45,56 MPa) dicapai pada komposisi rasio serbuk biji salak/PP: 30/70% berat yang diproses dengan tekanan 0,4 MPa. Kekuatan *flexural* paling rendah (41,74 MPa) didapatkan pada komposisi 20/80 % berat serbuk biji salak dengan tekanan *hot press* 0,3 MPa.



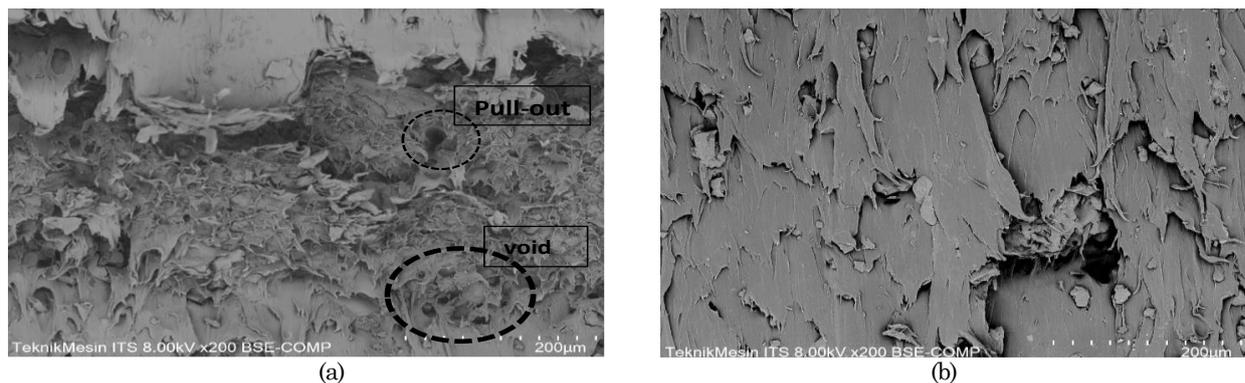
Gambar 4. Perbandingan gramasi sampel komposit biji salak/PP terhadap material referensi [7]



Gambar 5. Grafik kekuatan *flexural* terhadap variasi komposisi dan tekanan *hot press*

Perbandingan dengan material referensi, yaitu *woodboard* hitam dengan nilai *flexural strength* sebesar 35,58 MPa, *woodboard* coklat dengan *flexural strength* sebesar 37,57 MPa, termasuk sampel PP tanpa partikel penguat dengan nilai *flexural strength* sebesar 35,6 MPa maka sampel komposit yang dihasilkan dengan penguatan serbuk biji salak itu telah melampaui kekuatan material referensi.

Gambar 6 menunjukkan foto SEM dari permukaan patahan sampel uji *flexural* hasil dari tekanan *hot press* 0,3 MPa dan 0,4 MPa. Beberapa proses lokal dapat terjadi selama deformasi pada sampel, seperti *shear yielding* pada matriks, terbentuknya lubang, atau partikel *pull-out*. Proses-proses tersebut dapat terjadi secara simultan atau berurutan. [15] Tekanan *hot press* 0,3 MPa memberikan adhesivitas yang kurang antara partikel biji salak dengan matriks PP. Hal tersebut tampak dengan void yang terbentuk antara partikel biji salak dengan PP (gambar 6 a). Kenaikan tekanan *hot press* menjadi 0,4 MPa mengurangi void yang terbentuk antara partikel biji salak dengan matriks PP (gambar 6 b) dan ini juga didukung oleh peningkatan pada *flexural strength*.



Gambar 6. Foto SEM patahan sampel uji *flexural* dari tekanan *hot press* (a) 0,3 MPa dan (b) 0,4 MPa

KESIMPULAN

Biji salak memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai partikel *filler* penguat bagi PP. Penambahan sejumlah 20% berat telah dapat menghasilkan material yang ringan dan kuat dengan sifat-sifat yang melampaui kekuatan *flexural* dari material referensi, yaitu *woodboard* coklat dan hitam serta plastik PP tanpa penguatan. Penambahan jumlah partikel biji salak dan peningkatan tekanan *hot press* mampu meningkatkan interaksi dan adhesivitas antara PP dengan filler sehingga terjadi perbaikan kekuatan *flexural* pada komposisi 25 dan 30% berat serta tekanan *hot press* hingga 0,4 MPa. Untuk meningkatkan adhesivitas partikel dan matriks PP, penambahan *coupling agent*, seperti MAPP dapat dikaji untuk penelitian lanjutan untuk meningkatkan kekuatan material.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Bapak Luki Triyahya, S.T. dari Laboratorium Metalurgi, Departemen Teknik Mesin, ITS atas bantuan mendapatkan foto-foto SEM sampel kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U.S. Environmental Protection Agency, Office of Transportation and Air Quality, "EPA and NHTSA Set Standards to Reduce Greenhouse Gases and Improve Fuel Economy for Model Years 2017-2025 Cars and Light Trucks," (pdf file, 2012).
- [2] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02000L0053-20130611&qid=1405610569066&from=EN> (retrieved on 19 August 2017)
- [3] <https://www.dieselnet.com/standards/jp/fe.php> (retrieved on 19 August 2017)
- [4] <http://www.transportpolicy.net/standard/china-light-duty-fuel-consumption/> (retrieved on 19 August 2017)
- [5] Pervaiz, M., Sain, M.M., 2003, Sheet-molded Polyolefin Natural fiber Composites for Automotive Applications, *Macromolecular Materials and Engineering*, 288, pp. 553-557.
- [6] Dányádi, L., Renner, K., Móczó, J., Pukánszky, B., 2007, Wood Flour Filled Polypropylene Composites: Interfacial Adhesion and Micromechanical Deformations, *Polymer Engineering and Science*, 47, 8, pp 1246-1255.
- [7] Anggono, J., Sugondo, S., Alim, R., Purwaningsih, H., dan Wibawa, A., 2018, Performance and Evaluation of Low Cost Sugarcane Bagasse – Polypropylene Biocomposites as Candidate Material for Automotive Parcel Tray, *Material Science Forum*, 923, pp 40-46.
- [8] Anggono, J., Farkas, A.E., Bartos, A. Móczó, J., Antoni, Purwaningsih, H., Pukánszky, B., 2019, Deformation and Failure of Sugarcane Bagasse Reinforced PP, *European Polymer Journal*, 112, pp 153-160.
- [9] Bartos, A., Utomo, B. P., Kanyar, B., Anggono, J., Soetaredjo, F. E., Móczó, J., Pukánszky, B., 2020, Reinforcement of polypropylene with alkali-treated sugarcane bagasse fibers: Mechanism and consequences, *Composite Science and Technology*, 200, 108428.
- [10] Han, K. G., Anggono, J., Jonathan, P., 2019, The Reinforcing Effect of Sugar Palm Fiber on PP, *International Journal of Industrial Research and Applied Engineering*, 25, 1, pp 23-26.
- [11] Havas, Z., Mezei, G., Hamzók, T., 2018, Natural Fillers in Polypropylene: Comparison of Two Different Filler Types, poster exhibition in 4th *International BiPoCo conference*.
- [12] Anggono, J., Victorio, H., Chrisnanto, L. A., The Properties of Snake Fruit and Kluwak Pits Reinforced PP: Exploring their Application for Automobile Part, *AIP Conference Proceedings* (in press).
- [13] Pukánszky, B., Particulate Filled Polypropylene: Structure and Properties in Polypropylene: Structure, Blends, and Composites – Composites, 1995, Chapman and Hall, London, UK, pp. 1–70.
- [14] Chang, L. J., Young, J. H., Jiang, B.C., Jang, J.S.C., Huang, J.C., Tsao, Chi Y.A., 2007, Mechanical Properties of the Mg-Based Amorphous/Nano Zirconia Composite Alloy, *Materials Science Forum*, 539-543, pp 925-930.
- [15] Renner, K., Kenyó, C., Móczó, J., Pukánszky, B., 2010, Micromechanical deformation processes in PP/wood composites: particle characteristics, adhesion, mechanisms, *Composites Pt. A-Appl. Sci. Manuf.* 41 (11), pp 1653–1661.