

SIFAT MEKANIK PADA *ISOTACTIC POLYPROPYLENE* TERMODIFIKASI DENGAN SERAT BULU AYAM

A.S. Handayani^{a,b*}, A.R. Putra^a, A. Yaumal^a, M. Chalid^a

^aDepartemen Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia, Jakarta.

^bDepartemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan

Email : chalid@metal.ui.ac.id; aniek.sri@ui.ac.id; aniek.handayani@ymail.com

ABSTRAK

Pada makalah ini dipresentasikan sifat dan perilaku mekanik dari *isotactic polypropylene*, serat bulu ayam dan pati pada sistem biokomposit. PP-g-MA digunakan sebagai kopling agen untuk mempelajari pengaruh serat bulu ayam dan pati pada produk biokomposit berbasis iPP. *Isotactic polypropylene/SBA/pati* dengan dan tanpa PP-g-MA dianalisa menggunakan FT-IR, FE-SEM dan *microtensile*. Hasil studi menunjukkan sifat yang berbeda dari komposit yang menggunakan PP-g-MA dengan komposit tanpa PP-g-MA.

Kata kunci : *impact polypropylene (iPP)*, pati, serat bulu ayam (SBA), PP-g-MA

ABSTRACT

In this paper was presented properties and mechanical behavior of isotactic polypropylene, chicken feather fibers and starch at biocomposite system. PP-g-MA is used as a coupling agent to study the effect of chicken feather fibers and starches with IPP matrix in biocomposite products. Isotactic polypropylene / SBA / starch with and without PP-g-MA analyzed using FT-IR, FE-SEM and microtensile. The results of this study showed the different properties of the composite using PP-g-MA compared with composites without PP-g-MA.

Keywords : *impact polypropylene (iPP)*, starch, chicken feather fiber (SBA), PP-g-MA

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan berbasis biomassa untuk menggantikan bahan baku fosil sebagai bahan terbarukan sedang giat dilakukan oleh industri plastik modern. Polimer alam merupakan material khusus di antara bahan polimer lain yang bersumber dari alam [1]. Modifikasi dari keduanya (bahan baku fosil dan polimer alam) telah ditemukan dan dikembangkan untuk berbagai aplikasi, termasuk material untuk *aerospace*, konstruksi, kemasan dan komponen otomotif [2]. Modifikasi polimer dengan metode pencampuran dapat dilakukan dengan beberapa pendekatan untuk memastikan interaksi antara matriks polimer sintetik dan serat alam sebagai bahan pengisi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa untuk pencampuran kedua material diperlukan agen pengkompatibel untuk meningkatkan sifat kompatibilitas keduanya agar diperoleh sifat yang diinginkan untuk aplikasi tertentu [3]. Sejumlah makalah tentang pencampuran biopolimer hybrid menunjukkan bahwa system pencampuran polimer alam dengan polimer sintetik tidak saling bercampur karena tegangan muka yang berbeda, sehingga selalu digunakan *compatible agent*, seperti pada pencampuran PP/*ground chicken quill* [4], PLA/pati [3], komposit serat bulu dan serat selulosa/PP [5], wol keratin/PP [6], biokomposit pati

singkong/kenaf [7]. Komposit iPP/SBA memiliki sifat berbeda antara serat alam yang hidrofilik dengan matriks PP yang hidrofobik. Hal ini mengakibatkan perbedaan tegangan muka antara keduanya. Sehingga diperlukan modifikasi pada permukaan serat untuk meningkatkan adhesifitas antara serat dan matriks, selain itu juga diperlukan agen pengkompatibel [4]. Dengan memperkecil perbedaan tegangan antar muka, maka adhesi antarmuka yang meningkat dan dispersi dari partikel yang terarah sehingga meningkatkan sifat mekanik dari komposit[8]. Di sisi lain, penggunaan serat sebagai bahan pengisi dengan bantuan *compatible agent* dapat mengurangi penggunaan matrik iPP.

Serat bulu ayam (SBA) memiliki struktur yang unik dan memiliki sifat yang tidak ditemukan pada serat alam lainnya. Meskipun SBA tidak dapat diproses dengan mudah seperti wol atau sutra karena struktur protein kompleks dalam bulu, struktur sekunder dari bulu ini seperti *barbs* memiliki struktur dan sifat yang cocok untuk digunakan sebagai serat protein alami. *Barbs* memiliki sifat yang baik seperti kepadatan yang rendah, kompresibilitas yang baik, kemampuan untuk meredam suara, retensi terhadap temperatur, hangat dan morfologi dari strukturnya membuat serat ini menjadi serat yang unik [3]. PP yang dicangkokkan dengan maleat anhidrid (PP-g-MA) adalah komponen ketiga setelah matriks dan serat pada komposit yang paling sering ditambahkan untuk membantu adhesifitas dan kompatibilitas dalam sistem PP/PA [7]. Dalam campuran PP/PA, PP-g-MA meningkatkan adhesi antarmuka melalui ikatan kimia dari gugus anhidrida dengan gugus poliamida di ujung rantai molekulnya [5]. Dengan kemiripan perbedaan antar muka dari at PP dan PA, maka penggunaan agen pengkompetibel PP-g-MA dapat juga memperbaiki adhesi antar muka dari PP dan SBA. Tujuan dari penelitian adalah membandingkan hasil pencampuran iPP/SBA/pati terhadap sifat mekanik komposit iPP/SBA/pati dengan dan tanpa PP-g-MA sebagai agen pengkompatibel pada campuran iPP/SBA. Hasil pencampuran komposit PP/SBA dianalisa dengan FE-SEM, FT-IR dan Pengujian *Microtensile*.

METODOLOGI

Bahan matrik iPP, PP-g-MA, pati dan SBA dipersiapkan sebagai bahan komposit. Dengan metode pencampuran bahan tersebut dicampurkan dengan berbagai rasio komposisi yaitu PP/SBA/PP-gMA/pati, iPP/SBA/PP-g-MA dan iPP/SBA/pati pada rasio berat yang sama. Untuk ketiga sampel tersebut, komposisi PP, SBA, PP-g-MA, dan Pati masing-masing 30phr, 5phr, 15phr, dan 3phr. Ketiga sampel komposit ini diproses menggunakan Thermo Haake Rheocord yang dikondisikan pada suhu 170 ° C, 120 rpm dan waktu rotasi 15 menit. SBA yang digunakan adalah bulu ayam tanpa pretreatment. Sampel dicetak dengan *hot-press* pada 180°C selama 3 menit. Kemudian diberikan tekanan 50 bar selama 2 menit. dilanjutkan dengan pendinginan cepat pada suhu kamar.

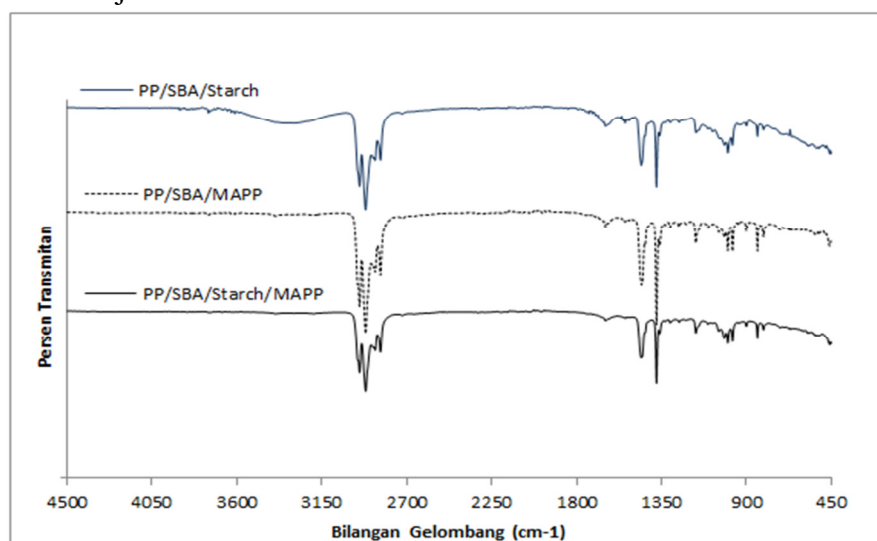
Analisa *Fourier Transformed Infra-Red spectroscopy* (FT-IR), gugus fungsi pada komposit iPP/SBA/PP-g-MA/pati, iPP/SBA/PP-g-MA dan iPP/SBA/pati dipelajari dengan menggunakan spektrofotometer Perkin-Elmer FTIR (Spectrum 2000 series, resolusi 2.0 cm⁻¹, 100 kali scan) dengan perangkat ATR (*Attenuated Total Reflection*) antara 400-4000 cm⁻¹. Uji morfologi pada sampel dipelajari dengan menggunakan QUANTA 200

Field Emmision-Scanning Electron Microscope (FE-SEM). Kuat tarik dari spesimen komposit diketahui dengan menggunakan peralatan uji universal (Instron, Model 3367, 30 kN beban, *crosshead speed* 12.5 mm/min dan *gauge length* 100 mm). Dengan minimal lima sampel dari masing-masing kombinasi komposit diuji untuk mengambil hasil rata-rata yang representatif dengan standar deviasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bulu ayam memiliki sifat hidrofobik dan higroskopis dengan rasio sekitar 60:40. Komponen Sistein yang terkandung dalam keratin (8.87%) memiliki ikatan Sulfur-Hidrogen yang menyebabkan terjadi ikatan Sulfur-Sulfur. Tingginya kandungan sistein membuat keratin stabil dengan membentuk struktur jaringan [3]. PP-g-MA, bersifat amphifilik, dimana PP memiliki rantai panjang yang hidrofobik dan MA memiliki rantai pendek yang hidrofilik. Hal ini menunjukkan keberadaan MA memfasilitasi adhesifitas dari serat yang bersifat hidrofilik, sedangkan PP yang hidrofobik akan mudah bercampur dengan matriks PP mengakibatkan kompatibilitas PP dan serat meningkat.

Gugus fungsi spesifik yang dimiliki oleh PP/SBA/pati, PP/SBA/PP-g-MA dan PP/SBA/PP-g-MA/pati dipelajari dengan spektrum FTIR yang ditampilkan oleh Gambar 1. Pada spektrum komposit PP/SBA/pati, didapatkan beberapa absorbansi yang dapat ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1168 dan 998 cm^{-1} , yang disebabkan oleh peregangan ikatan C-C. Khusus untuk gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang dimiliki oleh SBA dan pati, tampak tidak ada jejaknya pada komposit 1 dan 2, namun pada komposit 3 PP/SBA/pati dapat dilihat pada daerah bilangan gelombang disekitar 3400 cm^{-1} , menunjukkan ada kelebihan gugus hidroksil [9]. Selanjutnya keberadaan gugus fungsi peregangan CH (dari PP) terlihat pada bilangan gelombang 1376 cm^{-1} , pada peregangan 1452 – 1459 cm^{-1} ($-\text{CH}_2$ atau $-\text{CH}_3$), pada rentang 1647 – 1750 cm^{-1} indikasi adanya gugus C=O yang merupakan gugus karbonil dari MAPP dan SBA serta pada rentang 2870 – 2953 cm^{-1} menunjukkan keberadaan iPP.



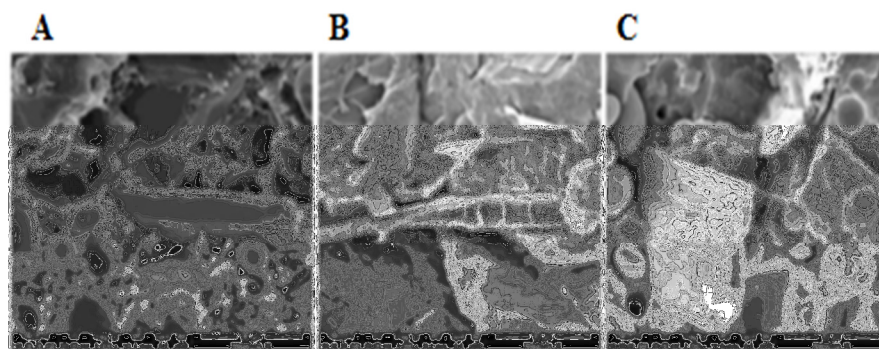
Gambar 1. Perbandingan FT-IR Spectra untuk PP/SBA/pati/PP-g-MA (1), PP/SBA/PP-g-MA(2) dan PP/SBA/pati(3)

Morphologi dari komposit hasil pencampuran PP/SBA/pati/PP-g-MA, PP/SBA/PP-g-MA dan PP/SBA/pati dievaluasi dengan FESEM. Gambar 2 menampilkan representasi mikrograf permukaan patahan dari ketiga komposit tersebut. Pada gambar 2A, ditampilkan morfologi permukaan patahan komposit PP/SBA/pati/PP-g-MA. Berdasarkan pengamatan, distribusi dan dispersi serat dan pati pada komposit yang dihasilkan telah cukup baik. Hal ini terlihat dengan penyebaran serat bulu ayam di seluruh area matriks, dimungkinkan terjadi karena adanya PP-g-MA sebagai kompatibiliser sehingga masalah perbedaan tegangan antar muka antara matriks PP dan serat bulu ayam dapat teratasi dengan baik. PP-g-MA dikenal sebagai kompatibiliser komersial sehingga penggunaan dan kinerja dalam membantu proses pencampuran sudah tidak diragukan lagi [7].

Secara kimiawi, PP pada dasarnya memiliki sifat hidrofobik sementara serat bulu ayam memiliki sifat hidrofilik. Berdasarkan hal ini, matriks PP dan serat bulu ayam tidak dapat bercampur dengan baik, oleh karena itu digunakan kompatibiliser PP-g-MA untuk membantu adhesi dan homogenitas pencampuran dari komposit tersebut. Gambar 2A, tidak hanya PP-g-MA, keberadaan pati juga menyumbangkan peningkatan adhesi atau ikatan antar muka antara matriks dan seratnya. Namun, keberadaan pati akan meningkatkan biodegradasi dari komposit. Lebih lanjut, dapat dilihat keberadaan lubang atau porositas yang jarang di permukaan patahan yang menunjukkan bahwa serat bulu ayam terikat kuat pada matriks pada proses uji Tarik, yang menunjukkan adanya adhesi atau ikatan yang cukup kuat antara matriks dan serat[10].

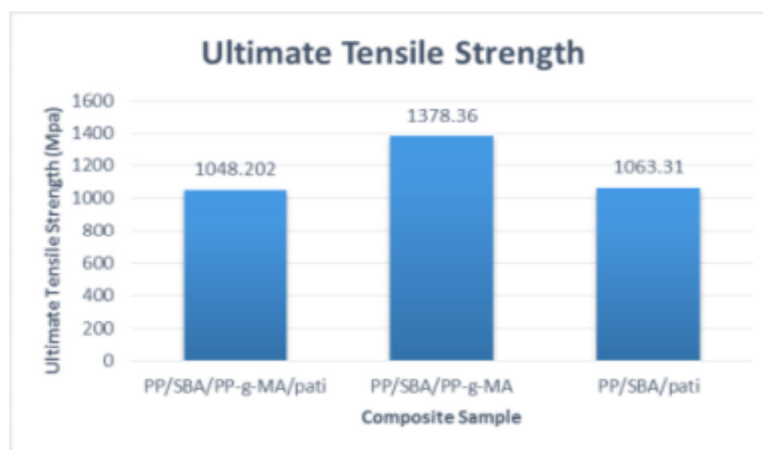
Gambar 2B, ditampilkan morfologi permukaan patahan dari komposit PP/SBA/PP-g-MA. Terlihat tidak ada agregat berbentuk butiran seperti pada gambar 2A yang terlihat ada butiran pati yang tidak kompatibel. Di sisi lain, permukaan patahan dari komposit pada gambar 2B terlihat cerah dan halus di beberapa bagian. Hal ini menjelaskan terdapat patahan serat yang masih terikat pada matrix mengindikasikan kuatnya ikatan antara matriks dan serat. Dengan tidak adanya pati, secara morfologi telah mempengaruhi karakteristik mekanik dari material tersebut, dalam hal ini kekerasan dan kelenturan. Sedangkan gambar 2C ditampilkan permukaan patahan dari komposit PP/SBA/pati dengan tanpa menggunakan kompatibiliser. Terlihat dengan jelas bahwa ikatan atau adhesi antar muka dari matriks PP dan serat bulu ayam di beberapa spot kuat, tetapi distribusi serat kurang homogen, yang diindikasikan adanya lubang atau porositas akibat tercabutnya serat bulu ayam saat dilakukan uji tarik [10].

Berdasarkan data FE-SEM, morfologi permukaan dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik mekanik dari komposit. Dari gambar 2A dapat diobservasi secara visual bahwa, komposit tersebut memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik, karena kompatibilitasnya terlihat homogen. Sementara gambar 2B menunjukkan ikatan yang kuat antara matriks dan serat sehingga akan meningkatkan kekuatan mekanik. Dan pada gambar 2C menunjukkan peningkatan spot-spot dari agregat pati yang menyebabkan penurunan kekuatan mekanik yang disebabkan campuran yang kurang kompatibel[10].



Gambar 2. Morfologi permukaan patahan PP/SBA/PP-g-MA/pati (a), PP/SBA/PPg-MA (b) dan PP/SBA/pati (c)

Gambar 3 menunjukkan hasil uji tarik pada sampel komposit dalam satuan MPa. Komposit PP/SBA/PP-g-MA menunjukkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit lainnya. Hal ini terjadi akibat dari kinerja PP-gMA sebagai kompatibiliser yang meningkatkan daya adhesi dan ikatan antar muka pada matriks dan serat sehingga menghasilkan struktur komposit kompatibel dan kuat, sehingga menghasilkan komposit dengan *ultimate tensile strength* tertinggi. Sementara komposit yang memiliki unsur pati di dalamnya menyebabkan kompatibilitas dan distribusi partikel yang kurang homogen mengakibatkan menurunnya kekuatan tarik. Namun, pati dalam hal ini bekerja sebagai agen yang mempromosikan peningkatan sifat biodegradasi sehingga dapat dipahami bahwa penambahan pati akan menurunkan sifat mekanik dari komposit tersebut[8].



Gambar 3. Kekuatan tarik dari PP/SBA/PP-gMA/pati, PP/SBA/PP-g-MA dan PP/SBA/pati.

KESIMPULAN

Kompatibilitas PP-g-MA terbukti meningkatkan dispersi, interaksi antar muka, adhesi dan kekuatan tarik dalam campuran. Komposit PP/SBA/PP-g-MA memiliki adhesi antarmuka yang lebih baik dengan *ultimate strengt* 1378,36 mPa. Sementara hasil uji tarik pada komposit yang mengandung pati menunjukkan penurunan kekuatan tarik karena sifat biodegradabilitas dari pati.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. G. Satyanarayana, G. G. C. Arizaga, and F. Wypych, "Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview," *Progress in Polymer Science*, vol. 34, pp. 982-1021, 9// 2009.
- [2] B. Imre and B. Pukánszky, "Compatibilization in bio-based and biodegradable polymer blends," *European Polymer Journal*, vol. 49, pp. 1215-1233, 6// 2013.
- [3] S. Huda and Y. Yang, "Composites from ground chicken quill and polypropylene," *Composites science and technology*, vol. 68, pp. 790-798, 2008.
- [4] T. Bullions, D. Hoffman, R. Gillespie, J. Price-O'Brien, and A. Loos, "Contributions of feather fibers and various cellulose fibers to the mechanical properties of polypropylene matrix composites," *Composites Science and Technology*, vol. 66, pp. 102-114, 2006.
- [5] H. Ku, H. Wang, N. Pattarachaiyakoop, and M. Trada, "A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites," *Composites Part B: Engineering*, vol. 42, pp. 856-873, 2011.
- [6] N. Reddy and Y. Yang, "Structure and properties of chicken feather barbs as natural protein fibers," *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 15, pp. 81-87, 2007.
- [7] S. Chongprakobkit, M. OPAPRAKASIT, and S. CHUAYJULJIT, "Use of PP-g-MA prepared by solution process as compatibilizer in polypropylene/polyamide 6 blends," *Journal of Metals, Materials and Minerals*, vol. 17, pp. 9-16, 2007.
- [8] J. C. Huang, A. S. Shetty, and M. S. Wang, "Biodegradable plastics: a review," *Advances in Polymer Technology*, vol. 10, pp. 23-30, 1990.
- [9] C. G. Flores-Hernández, A. Colín-Cruz, C. Velasco-Santos, V. M. Castaño, J. L. Rivera-Armenta, A. Almendarez-Camarillo, *et al.*, "All green composites from fully renewable biopolymers: Chitosan-starch reinforced with keratin from feathers," *Polymers*, vol. 6, pp. 686-705, 2014.
- [10] C. G. Flores-Hernández, A. Colín-Cruz, C. Velasco-Santos, V. M. Castaño, J. L. Rivera-Armenta, A. Almendarez-Camarillo, *et al.*, "All Green Composites from Fully Renewable Biopolymers: Chitosan-Starch Reinforced with Keratin from Feathers."