

Studi Pembuatan Material Wood Plastic Composite Berbasis Limbah Batang Sawit

Bahrudin, Irdoni, Ida Zahrina, Zulfansyah

Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral
Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
Email: bahrudin02@yahoo.com

Abstract

Wood plastic composite (WPC) is a relatively new material that has many potential uses. The aim of this research is to study the effect of content and size of oil palm stem particle and content of maleated polypropylene (MAPP) compatibilizer on the morphology and properties of WPC based on a mixture of oil palm stem particle (BS) and polypropylene (PP). WPC samples were prepared using the rheomix 3000 HAAKE mixer at temperature of 180 oC and rotor speed of 60 rpm. The mass ratios of BS/PP were varied at 50/50, 60/40 and 70/30 with the addition of MAPP of 0, 5 and 7.5% mass. The sizes of the BS were varied at 60 mesh, 80 mesh, 100 mesh and ± 1 cm. As plasticizer was used minarex-H with values of 5% mass. The results showed that the morphology, tensile strength, flexural strength and water absorption properties were affected by mass ratio of BS/PP, size of BS and content of MAPP in the composite. The best properties of WPC are on BS/PP mass ratio of 60/40, BS particle size of 100 mesh and MAPP content of 5% mass.

Key words: maleated polypropylene, mechanical properties, morphology, oil palm stem, wood plastic composite

1. Pendahuluan

Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan kayu secara langsung adalah mengembangkan pembuatan material komposit kayu-plastik atau lebih dikenal dengan nama *Wood Plastic Composite* (WPC). Keunggulan lain dari komposit ini antara lain biaya produksi relatif murah, bahan baku melimpah, fleksibel dalam proses pembuatan dan memiliki sifat-sifat yang lebih baik seperti stabilitas dimensi yang baik (Setyawati dan Massijaya, 2005). Aplikasi produk WPC sangat luas mulai dari sektor bangunan dan konstruksi, perabotan, otomotif, pertamanan dan eksterior, serta sektor infrastruktur lainnya (Clemons, 2002; dan Rangaprasad, 2003).

Material WPC yang sudah dikembangkan secara komersial umumnya berbasis kayu pinus dan jenis lainnya yang berserat tinggi (Wolcott, MP dan Englund K., 1999). Penggunaan batang sawit sebagai bahan WPC belum banyak dikembangkan karena mutu kayunya yang relatif rendah. Meskipun demikian, ketersediaan limbah batang sawit (LBS) yang berlimpah di Indonesia membuat bahan ini berpotensi untuk dikembangkan menjadi berbagai produk berbasis kayu/selulosa, termasuk WPC. Limbah batang sawit biasanya mempunyai volume rata-rata 1,6

m³/batang atau sekitar 200 m³/Ha, pada saat dilakukan *replanting* (Basiron Y, dkk, 2002). Berdasarkan perkiraan Erwinsyah (2009), saat ini di Indonesia setidaknya terdapat 10 juta batang sawit yang tidak produktif, yang merupakan hasil penanaman sawit seluas 100.000 Ha pada tahun 1985.

Permasalahan utama dalam pembuatan WPC adalah rendahnya kompatibilitas antara komponen termoplastik dan kayu (Klason dkk, 1984; Han dkk, 1989; Strak dan Berger, 1997). Termoplastik merupakan bahan yang bersifat non-polar dan hidrofobik, sedangkan kayu bersifat polar dan menyerap air. Beberapa peneliti telah mengembangkan metode kompatibilisasi pada proses pembuatan WPC. Metode tersebut antara lain adalah penambahan bahan aditif kompatibiliser atau *coupling agent* dalam jumlah terbatas (Chun dan Woodhams, 1984; dan Dalvag dkk, 1985) dan modifikasi kimia, pelapisan serat dan pencangkakan ko-polimerisasi (Krzysik dan Youngquist, 1991; Youngquits, 1995; dan Rowell dkk, 1999). Bahan aditif lain dapat juga ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu yang dikehendaki. Seperti penambahan pelumas akan membantu pengaliran bahan baku dalam campuran, menurunkan viskositas, mengurangi adhesi antara resin dengan screw pada alat ekstruder, dan

mengurangi friksi antara resin dengan alat pemrosesan (Mapleston, 2001a; Clemons, 2002). Harper (2003) menggunakan kompatibiliser *maleated polypropylene* (MAPP) bersama pelumas dari campuran *Polyeter*, *Zinc Stearate* dan *Ethylene Bissteamide* untuk meningkatkan sifat produk WPC dari campuran serbuk kayu pinus dan termoplastik poliolefin.

Hasil penelitian lain juga menunjukkan bahwa kadar komponen kayu yang terlalu besar dapat menyebabkan penurunan sifat dari produk WPC (Sombatsompop, dkk, 2004). Penggunaan komponen termoplastik daur ulang menyebabkan sifat WPC menjadi lebih rendah (Setyawati, 2003; dan Sulaeman, 2003). Penggunaan serbuk batang sawit sebagai komponen kayu dalam WPC dapat menghasilkan sifat fisik yang relatif sama dengan serbuk kayu berserat tinggi lainnya, namun menghasilkan sifat mekanik yang masih rendah (Iswanto, 2005; Lubis, 2009). Mereka menggunakan termoplastik jenis Polietilen (PE) daur ulang dan kompatibilisasi dengan Maleic Anhydride (MAH) dan Dicumyl Peroxide (DCP). Rendahnya sifat mekanik WPC tersebut diperkirakan akibat penggunaan termoplastik daur ulang dan proses kompatibilisasi yang kurang sempurna.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kadar dan ukuran partikel batang sawit serta kadar kompatibilizer MAPP terhadap sifat dan morfologi WPC yang dibuat dari campuran polipropilen dan batang sawit. Diharapkan makalah ini dapat digunakan sebagai informasi ilmiah dalam pengembangan material WPC berbasis batang sawit.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Batang Sawit (BS) dari perkebunan di Riau yang telah berumur ± 25 tahun, sebagai komponen kayu; Polipropilena (PP) tipe PF1000, produksi PT. Pertamina (persero) Plaju, sebagai komponen termoplastik; *Maleated Polypropylene* (MAPP) tipe Epolene E-3003 Polymer, produksi Eastman, USA, sebagai kompatibilizer; dan Minarex-H, produksi PT. Pertamina (persero) Cilacap, sebagai plastisizer.

2.2. Penyiapan Serbuk Batang Sawit

Batang sawit yang sudah diperkecil menjadi serbuk/serat, direndam dengan air selama ± 3 hari untuk mengurangi bahan ekstraktifnya. Selanjutnya disaring dan dikeringkan pada udara terbuka selama ± 24 jam. Pengeringan lanjutan menggunakan oven pada suhu 102°C selama 2 jam, dimana kadar air akhir dari serbuk/serat adalah sebesar 15%. Selanjutnya bahan tersebut diperkecil lagi ukurannya menggunakan blender untuk memperoleh ukuran 60, 80 dan 100 mesh. Khusus untuk yang berbentuk serat, pengecilan ukuran dilakukan dengan cara pemotongan hingga ukuran mencapai ± 1 cm.

2.3. Pembuatan Sampel WPC

Pembuatan sampel WPC dilakukan dengan menggunakan metode pencampuran leleh dalam internal mixer (*Rheomix 3000 HAAKE Mixer*), yaitu pada suhu 180°C dan kecepatan rotor 60 rpm selama 20 menit. Jumlah dan perlakuan sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Nisbah BS/PP divariasikan sebesar 50/50, 60/40 dan 70/30. Kadar MAPP juga divariasikan sebesar 0; 5 dan 7,5% massa. Kadar minarex-H dibuat konstan sebesar 5% massa. Hasil pencampuran berupa kompon yang selanjutnya akan dibentuk menjadi spesimen uji.

Pembuatan specimen uji dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahap pertama adalah pembuatan lembaran sampel WPC menggunakan *Hydraulic Press* pada suhu 230°C dan tekanan 200 kg/cm^2 . Selanjutnya lembaran tersebut disimpan dalam ruang pengkondisian (suhu 25°C dan humidity relative 50%) selama 24 jam untuk homogenisasi distribusi kadar air dan menghilangkan tegangan sisa dalam sampel akibat pengempaan. Tahap selanjutnya adalah pemotongan lembaran menjadi spesimen uji sesuai standar ASTM, menggunakan pisau *Dumbbell*. Spesimen tersebut selanjutnya disimpan dalam ruang pengkondisian selama satu minggu sebelum dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi morfologi, sifat mekanik dan serapan air.

Tabel 1. Jumlah dan Perlakuan Sampel WPC

Nomor Sampel	Ukuran Partikel	Nisbah massa BS/PP	Kadar MAPP (%massa)
1	100 mesh	50/50	0,0
2	100 mesh	60/40	0,0
3	100 mesh	70/30	0,0
4	100 mesh	50/50	5,0
5	100 mesh	60/40	5,0
6	100 mesh	70/30	5,0
7	100 mesh	50/50	7,5
8	100 mesh	60/40	7,5
9	100 mesh	70/30	7,5
10	1 cm	50/50	0,0
11	1 cm	60/40	0,0
12	1 cm	70/30	0,0
13	1 cm	50/50	5,0
14	1 cm	60/40	5,0

15	1 cm	70/30	5,0
16	1 cm	50/50	7,5
17	1 cm	60/40	7,5
18	1 cm	70/30	7,5
19	60 mesh	50/50	5,0
20	60 mesh	60/40	5,0
21	60 mesh	70/30	5,0
22	80 mesh	50/50	5,0
23	80 mesh	60/40	5,0
24	80 mesh	70/30	5,0
25	100 mesh	50/50	5,0
26	100 mesh	60/40	5,0
27	100 mesh	70/30	5,0

selama 24 jam. Dimensi sampel yang digunakan adalah panjang 5cm, lebar 5cm dan tebal 0,4 cm. Sampel direndam ke dalam air pada suhu kamar ($27^0 - 30^0$ C) selama 24 jam. Nilai serapan air sampel WPC dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Daya Serap Air, (\%)} = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\% \quad (1)$$

dimana B_1 adalah berat sampel sebelum direndam dan B_2 adalah berat sampel setelah direndam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Morfologi

Pengaruh ukuran dan bentuk partikel BS maupun pengaruh dari penggunaan kompatibiser MAPP terhadap morfologi komposit BS/PP ditunjukkan pada Gambar 1. Pengamatan SEM dilakukan pada permukaan dari patahan sampel komposit. Terlihat bahwa pada mikrograf SEM tersebut, sebaran partikel BS dalam matriks PP relatif kurang merata. Interaksi kedua komponen tersebut juga terlihat kurang kuat. Hal ini ditunjukkan oleh banyaknya bagian-bagian pada matriks yang kosong dari bekas serbuk/serat BS yang terlepas setelah dilakukan pematahan sampel.

2.4. Pengujian Morfologi

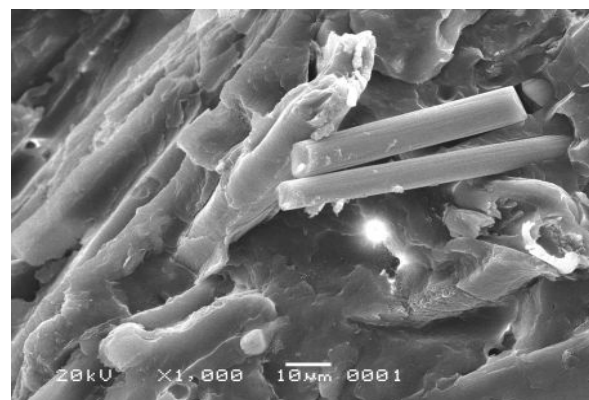
Sampel dipersiapkan dalam ukuran tertentu dan dipoles dengan *diamond paste* hingga permukaannya menjadi halus dan rata. Permukaan sampel dibersihkan dari pengotor menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 2 menit dan menggunakan bahan alkohol. Pengamatan interaksi dan distribusi fasa BS dalam matriks PP menggunakan SEM (JEOL JSM-6360 LA) -EDX (JED-2200 Series), dimana sampel terlebih dahulu dilapisi dengan emas-paladium setebal 300 \AA menggunakan *Fine Coat type* Ion Sputter JFC 1100 (Au dan Pd).

2.5. Pengujian Sifat Mekanik

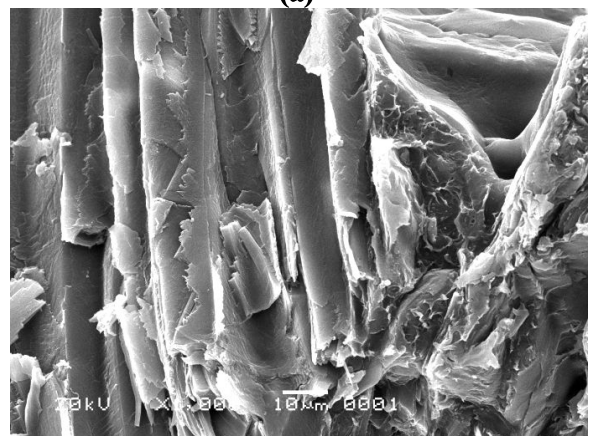
Pengujian sifat mekanik meliputi uji kuat tarik dan uji kuat lentur. Spesimen untuk pengujian sifat kuat tarik dibuat dalam bentuk standar ASTM D638 type I (dimensi: panjang 50 mm, lebar 12.7 mm dan ketebalan 3.2 mm). Pengujiannya menggunakan alat Instron Universal Tensile Machine dan disesuaikan dengan standar ASTM D638-95, dimana crosshead speed diset pada 50 mm/menit dan beban 500 kg. Pengujian sifat kuat lentur sesuai standar ASTM D790 juga dengan menggunakan alat *Universal Testing machine* (UTM) tipe 3 titik. Dimensi sampel adalah panjang 127 mm, lebar 12.7 mm dan ketebalan 4 mm. Pengujian dilakukan dengan cara pembebanan terus-menerus dan seragam sampai dengan batas maksimum sampel patah. Besarnya beban maksimum tersebut dicatat sebagai kuat lentur.

2.6. Uji Serapan Air

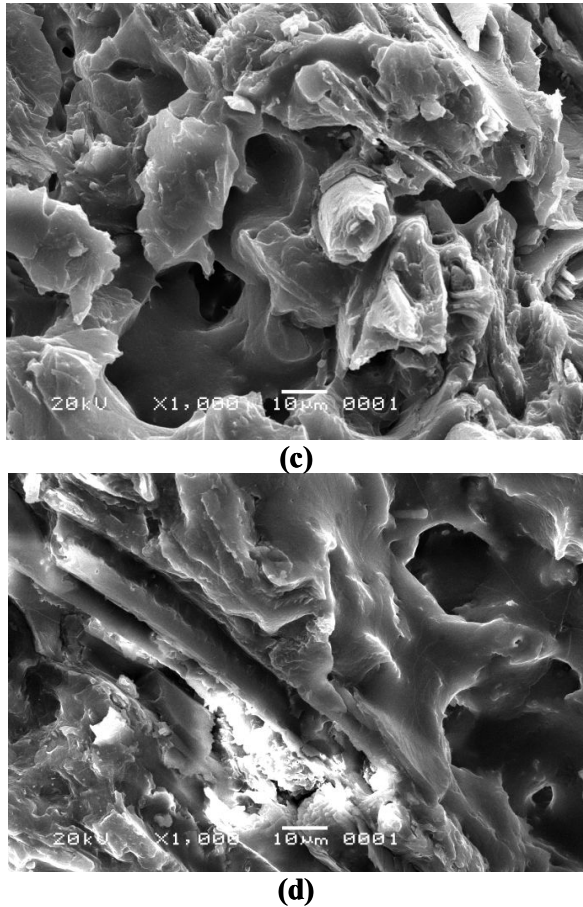
Serapan air merupakan sifat fisik yang memperlihatkan kemampuan sampel untuk menyerap air setelah direndam



(a)



(b)



Gambar 1. Mikrograf SEM Komposit BS/PP: (a) Tanpa MAPP; (b) Kadar MAPP 5%, ukuran partikel BS 60 mesh ; (c) Kadar MAPP 5%, ukuran partikel BS 100 mesh; (d) Kadar MAPP 5%, ukuran serat BS ± 1 cm

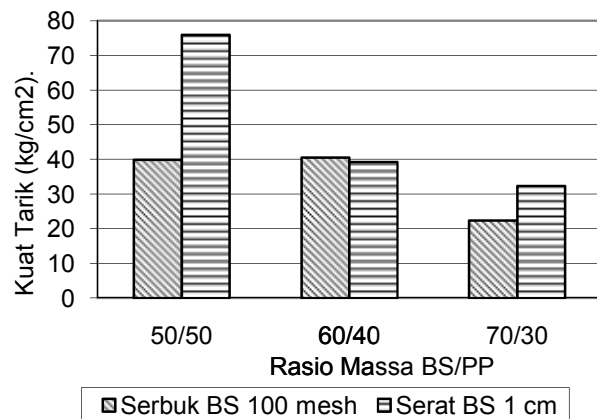
Penambahan komponen MAPP sebagai kompatibiliser dalam komposit dapat meningkatkan interaksi komponen BS ke matriks PP. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1b, terdapat sebagian partikel/serat BS yang masih terikat pada matriks PP setelah komposit tersebut dipatahkan, namun sebagian besarnya terlihat sudah terlepas. Penambahan komponen MAPP juga relatif tidak membantu homogenitas sebaran partikel BS, sebagaimana terlihat pada Gambar 1a-d. Perbedaan ukuran partikel BS juga relatif tidak terlalu mempengaruhi morfologi komposit BS/PP, sebagaimana terlihat pada mikrograf SEM (Gambar 1b-d).

Secara umum penelitian ini belum menghasilkan morfologi komposit BS/PP yang optimal. Diperkirakan permasalahan utama dari homogenisasi dan interaksi komponen-komponen dalam komposit tersebut adalah adanya perbedaan polaritas antara BS dan PP yang cukup mencolok. Komponen BS merupakan bahan yang bersifat polar, sedangkan komponen PP bersifat non polar. Menurut Han, dkk (1989), bahan-bahan yang mempunyai perbedaan sifat polaritas akan sulit bercampur tanpa penambahan kompatibiliser yang sesuai. Meskipun pada penelitian sebelumnya, MAPP sebagai kompatibiliser

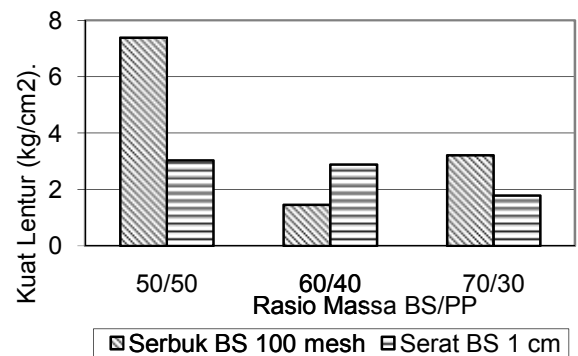
dapat meningkatkan penyebaran partikel kayu dalam matriks termoplastik (Febrianto dkk,1999), namun pada penelitian ini belum menghasilkan efektifitasnya yang berarti.

3.2. Sifat Mekanik

Pengaruh nisbah BS/PP terhadap sifat kuat tarik dan kuat lentur komposit, masing-masing dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Terlihat bahwa untuk partikel BS berbentuk serbuk 100 mesh, kuat tarik relatif tetap pada nisbah BS/PP 50/50 dan 60/40, namun menurun untuk nisbah BS/PP 70/30. Sedangkan untuk partikel BS berbentuk serat ± 1 cm, sifat kuat tarik semakin menurun dengan peningkatan nisbah BS/PP. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara partikel BS dan matriks PP relatif rendah, sebagaimana terlihat pada mikrograf SEM (Gambar 1). Sifat kuat tarik material komposit tersebut lebih dominan ditentukan oleh sifat kuat tarik matriks PP. Kadar BS yang terlalu besar dalam matriks PP menyebabkan interaksi antar molekul PP menjadi lebih lemah, sehingga sifat kuat tariknya juga menjadi lemah. Hasil penelitian yang sama juga diperoleh oleh Sombatsompop, dkk, (2004). Mereka berkesimpulan bahwa kadar *filler* yang terlalu besar dalam matriks termoplastik dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik dari komposit.



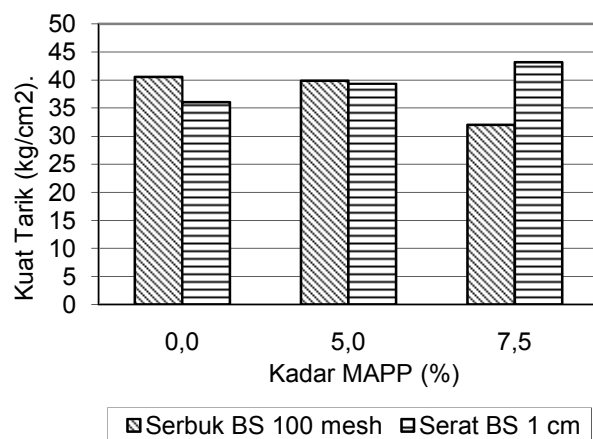
Gambar 2. Pengaruh nisbah BS/PP terhadap kuat tarik WPC.



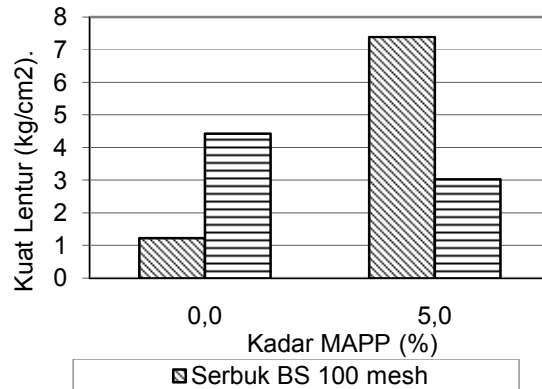
Gambar 3. Pengaruh nisbah BS/PP terhadap kuat lentur WPC.

Gambar 2 juga memperlihatkan komposit dengan partikel BS berbentuk serat mempunyai sifat kuat tarik lebih besar dibandingkan dengan komposit dengan partikel BS berbentuk serbuk. Perbedaan tersebut lebih disebabkan oleh kontribusi bentuk serat yang menghasilkan anyaman/jeratan (*entanglement*) dalam matriks PP. Akibatnya sifat kuat tarik menjadi lebih besar, terutama pada kadar BS yang lebih rendah. Sifat kuat lentur juga mempunyai kecenderungan yang sama dengan sifat kuat tarik. Namun karena distribusi interaksi partikel BS dalam matriks PP lebih merata untuk BS yang berbentuk serbuk, maka kuat lenturnya juga relatif menjadi lebih baik. Sejalan dengan hasil penelitian Maloney (2003), bahwa sifat kuat lentur dipengaruhi oleh nisbah *filler*/matriks, jenis dan daya ikat kompatibiliser yang digunakan.

Pengaruh kompatibiliser MAPP terhadap sifat kuat tarik dan kuat lentur komposit BS/PP, masing-masing dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5. Adanya kompatibiliser MAPP mempengaruhi sifat kuat tarik komposit BS/PP, terutama untuk komposit dengan partikel BS berbentuk serat. Namun kadarnya yang relatif besar menyebabkan penurunan sifat kuat tarik untuk komposit dengan partikel BS berbentuk serbuk. Fenomena sebaliknya terjadi pada sifat kuat lentur. Secara umum dapat dinyatakan bahwa pada kadar tertentu, kompatibiliser MAPP dapat membantu meningkatkan interaksi antara partikel BS dan matriks PP dalam komposit. Gugus maleat anhidrid yang polar dari komponen MAPP dapat mengikat komponen selulosa yang juga polar dari BS, sedangkan bagian PP yang non polar dari MAPP mudah larut dalam matriks PP yang juga polar. Meskipun demikian, jika kadar MAPP terlalu besar, dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik dari komposit karena secara natural, sifat mekanik komponen MAPP adalah rendah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Febrianto (1999) yang mengatakan bahwa kadar MAPP berlebih dapat menurunkan sifat kuat tarik pada komposit.

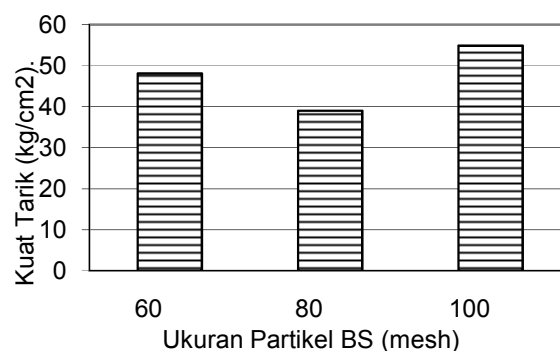


Gambar 4. Pengaruh kadar kompatibiliser MAPP terhadap sifat kuat tarik komposit

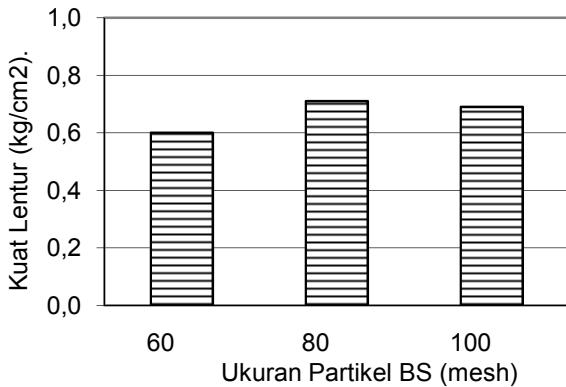


Gambar 5. Pengaruh kadar kompatibiliser MAPP terhadap sifat kuat lentur komposit

Ukuran partikel BS juga mempengaruhi sifat mekanik dari komposit BS/PP, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Terlihat bahwa sifat kuat tarik dan kuat lentur komposit meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel BS, meskipun tidak terlalu signifikan. Sebagaimana sudah diuraikan sebelumnya, bahwa sifat mekanik komposit BS/PP sangat ditentukan oleh sifat mekanik dari komponen PP. Sifat mekanik komposit akan menurun jika interaksi antar molekul PP berkurang. Ukuran partikel BS yang relatif besar dalam matriks PP menyebabkan terjadinya penurunan interaksi antar molekul PP pada zona partikel BS berada, namun tidak mempengaruhi keseluruhan molekul PP. Akibatnya sifat mekanik komposit menjadi menurun, terutama pada bagian PP yang bersentuhan langsung dengan BS. Pada bagian PP yang tidak bersentuhan dengan BS, sifat mekanik komposit masih dapat dipertahankan tinggi. Sehingga secara keseluruhan, sifat mekanik komposit turun dengan semakin besarnya ukuran partikel BS. Ukuran partikel BS yang lebih kecil dapat menghasilkan sebaran yang lebih baik dalam matriks PP, sehingga sifat mekanik komposit juga relatif menjadi lebih tinggi. Diperkirakan fenomenanya akan menjadi berbeda jika partikel BS yang digunakan berukuran nano, terutama yang terkait dengan interaksi antar molekul PP dan antara matriks PP dengan partikel BS. Namun hal tersebut tidak menjadi pokok bahasan dalam makalah ini.



Gambar 6. Pengaruh ukuran partikel BS terhadap sifat kuat tarik komposit BS/PP

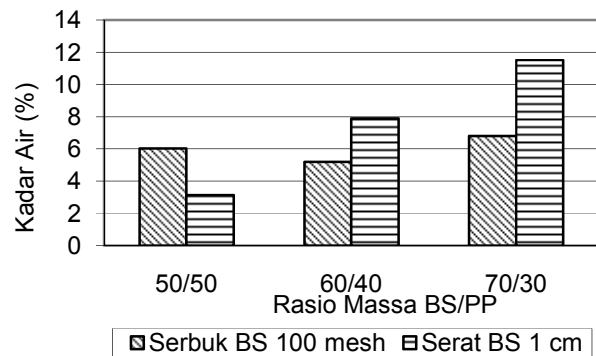


Gambar 7. Pengaruh ukuran partikel BS terhadap sifat kuat lentur komposit BS/PP

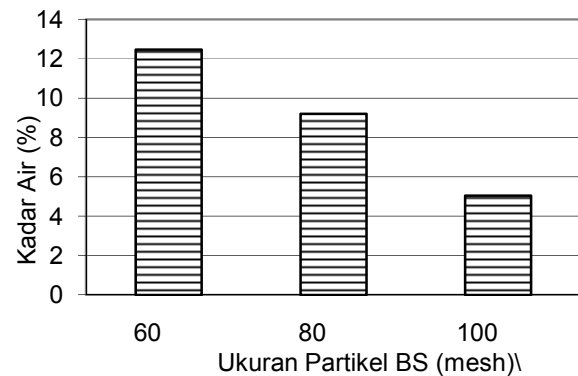
Secara umum, penelitian ini belum dapat menghasilkan sifat mekanik komposit BS/PP yang sesuai standar WPC komersial. Rendahnya sifat mekaniki tersebut diperkirakan disebabkan oleh beberapa faktor yang belum dapat terpenuhi. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah preparasi komponen BS dan kondisi proses yang belum optimal. Namun demikian, hasil penelitian ini cukup memberi gambaran bahwa limbah batang sawit berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan pembuatan WPC.

3.3. Sifat Serapan Air

Peningkatan kadar BS dalam komposit meningkatkan sifat serapannya, seperti dapat terlihat pada Gambar 8. Hal ini merupakan konsekuensi logis dari sifat dasar BS yang menyerap air. Bakar (2003) menyatakan bahwa salah satu kelemahan dari BS adalah bersifat higroskopis dengan stabilitas dimensi yang kurang baik, sehingga sangat mudah menyerap air dari lingkungan sekitar. Namun penurunan ukuran partikel BS dapat menurunkan sifat serapan air komposit (Gambar 9). Ukuran partikel BS yang semakin kecil dapat menghasilkan komposit dengan partikel BS yang lebih banyak tertutupi matriks PP. Karena komponen PP bersifat tidak menyerap air, maka hanya partikel BS yang bisa berkontak langsung dengan air saja yang menyerap air. Akibatnya komposit dengan partikel BS yang lebih kecil relatif dapat mengurangi sifat serapan airnya.



Gambar 8. Pengaruh nisbah BS/PP terhadap sifat serapan air komposit



Gambar 9. Pengaruh ukuran BS terhadap sifat serapan air komposit BS/PP

Sifat mekanik WPC berbasis batang sawit yang diperoleh pada penelitian ini masih lebih rendah dibandingkan dengan WPC berbasis kayu berserat tinggi, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2. Jika dilihat dari hasil penelitian ini maupun yang dilakukan oleh Lubis dkk (2009), diperlukan kajian-kajian lanjutan untuk mengembangkan produk WPC berbasis batang sawit sehingga dapat menyamai sifat WPC yang berbasis kayu serat tinggi. Kajian-kajian yang mungkin dapat dilakukan antara lain adalah perbaikan pada proses penyiapan serbuk/serat batang sawit dan proses pembuatan WPC.

Tabel 2. Perbandingan hasil uji sifat fisik dan mekanik material WPC.

Bahan	Filler	Rowell, dkk, (1999)	Febrianto, dkk, (2006)	Lubis, dkk, (2009)	Penelitian ini
		<i>Kenaf</i>	<i>Eucalyptus degupta</i>	Batang Sawit	Batang Sawit
	Matrik Kompatibiliser	PP MAPP	PP daur ulang MAH+DCP	PE daur ulang MAH+DCP	PP MAPP
Sifat Fisik	Kerapatan (gr/cm ³)	1,07	-	0,77	0,78
	Kadar Air (%)	-	-	0,79	2,73
	Daya Serap Air (%)	1,05	3,62	2,82	3
	Pengembangan Tebal (%)	-	2,35	0,53	0,5
Sifat Mekanik	Kuat Tarik (kg/cm ²)	650	380	21,7	76
	Kuat Lentur (kg/cm ²)	980	-	84	3

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa morfologi, sifat mekanik dan sifat serapan air sampel WPC berbasis campuran limbah BS dan termoplastik PP dipengaruhi oleh nisbah BS/PP, ukuran partikel BS dan kadar MAPP. Hasil terbaik diperoleh untuk BS berbentuk serat adalah pada nisbah BS/PP 50/50 dan kadar massa MAPP 5 %, yaitu dengan kuat tarik 76 kg/cm², kuat lentur 3 kg/cm² dan serapan air 3 %; untuk BS berbentuk serbuk adalah pada nisbah BS/PP 60/40, ukuran 100 mesh dan kadar massa MAPP 5 %, yaitu dengan kuat tarik 55 kg/cm², kuat lentur 1.5 kg/cm² dan serapan air 5 %.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Nyoman Kurniawan, Irtiahul Azmi, Eka Febria Sari, Benny Indra Polta dan Adi Maulana, mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bakar, E.S. 2003. Kayu sawit sebagai substitusi kayu dari hutan alam. *Forum Komunikasi dan Teknologi dan Industri Kayu* (2): 5-6.
- Basiron, Y., B.S. Jailani, K.W. Chan (Eds). 2002. *Advances In Oil Palm Research Vol II*, Malaysian Palm Oil Board (MPOB), Ministry of Primary Industries, Malaysia.
- Clemons, C. 2002. Wood-Plastic Composites in the United States. *Forest Products Journal* 52(6): 10-18.
- Chun, I and Woodhams. 1984. Use of processing aids and coupling agents in mica-reinforced polypropylene. *Polym. Comp.* 5(4): 250-257.
- Dalvag, H., C. Klason and H.E. Stromvall. 1985. The efficiency of cellulosic fillers in common thermoplastics. Part II: Filling whit processing aids and coupling agents. *Inter. J. Polym. Meter.* 11: 9-38.
- Erwinsyah. 2009. Batang Sawit Belum Dimanfaatkan. <http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/07/11/04252262/batang.sawit.belum.dimanfaatkan>. Dikses pada 22 April 2010.
- Febrianto, F. 1999. *Preparation and properties enhancement of moldable wood-biodegradable polymer composites*. Doctoral Thesis Kyoto University, Kyoto, Japan.
- Han, G.S., H. Ichinose, S. Takase and N. Shiraishi. 1989. Composites of Wood and Polypropilene III. *Mokuzai Gakkaishi* 35 (12): 1100-1104.
- Harper, D.P. 2003. *A Thermodynamic, spectroscopic, and mechanical characterization of the wood-polypropylene interphase*. Doctor of Philosophy, Washington State University.
- Iswanto, A.H. 2005. Upaya Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sengon dan Limbah Plastik *Polypropyhlene* sebagai langkah alternatif untuk mengatasi kekurangan kayu sebagai bahan bangunan. *Jurnal Komunikasi Penelitian* 17(3): 24-27.
- Klason, C., J. Kubat and H.E. Stromvall. 1984. The efficiency of cellulosic fillers in common thermoplastics. Part I. Filling without processing aids or coupling agents. *Inter. J. Polim. Mater.* 10:159-187.
- Krzysik, A.M. and J.A. Youngquist. 1991. Bonding of air-formed wood fiber/polypropylene fiber composites. *Inter. J. adhesi.* 11 (4): 235-240.
- Maloney, T.M. 1993. *Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing*. Miller Freeman Publications. USA.
- Mapleston P. 2001. Additive suppliers turn their eyes to wood/plastic composites. *Modern Plastics*, p.52.
- Lubis, MJ., I. Risnasari, A. Nuryawan dan F. Febrianto. 2009. Kualitas Papan Komposit Dari Limbah Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan Polyethylene (PE) Daur Ulang. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 19(1): 16-20.
- Rowell, R.M., A. Sanadi, R. Jacobson and D. Caulfield. 1999. Properties of Kenaf/Polypropylene Composite. In *Kenaf Properties, Processing and Products*. Agro dan Bio Engineering. Chapter 32. p. 381.
- Rangaprasad, R. 2003. *Wood Plastic Composites: An Overview*. Product Application & Research Center. Mumbai.
- Setyawati, D. 2003. *Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang*. Thesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setyawati, D. dan Y.M. Massijaya. 2005. Pengembangan papan komposit berkualitas tinggi dari sabut kelapa dan polipropilena daur ulang (I): Suhu dan waktu kempa panas. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan* 18(2): 91-101.
- Sombatsompop, C., C. Yotinwattanakumtorn, Thongpin. 2005. Influence of Type and Concentration of Maleic Anhydride Grafted Polypropylene and Impact Modifiers on Mechanical Properties of PP/Wood Sawdust Composites. *Journal of Applied Polymer Science.* 97: 475-484.
- Strak, N.M., and M.J. Berger. 1997. Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites. *Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Forest Product Society.* P. 134.

Sulaeman, R. 2003. *Deteriorasi Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang Oleh Cuaca Dan Rayap*. Thesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Wolcott, M.P. and T. Adcock. 2000. New advances in wood fiber-polymer formulations. In: *Proc.*

Wood-Plastic Conference. Plastics Technology Magazine and Polymer Process Communications. p. 107.

Youngquist JA. 1995. The Marriage of Wood and non-Wood materials. *Forest Products Journal*, 45(10): 25-30.