Seminar Tjipto Utomo 2007
Bandung, 30 Agustus 2007

ISSN : 1693 -

APLIKASI PATI SAGU DAN MODIFIKASINYA SEBAGAI KOMPONEN PLASTIK

Indah Yuliasih, Tun Tedja Irawadi, Illah Sailah, Hardaning Pranamuda, Krisnani Setyowati dan Titi Candra Sunarti
Dept. Teknologi Industri Pertanian, Fak. Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, PO Box. 220 Bogor 16002. Telp./Fax. : 0251-625088

Abstrak

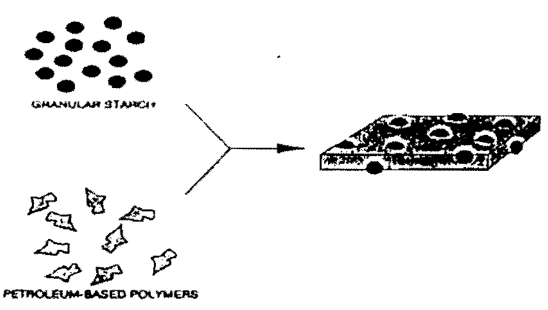
Pati sagu alami mempunyai sifat fisiko kimia yang terbatas, antara lain ukuran granula yang besar dan sifatnya yang hidrofilik. Sifat film hasil campuran pati dengan plastik sintetik menunjukkan tidak terjadinya kopolimerisasi diantara keduanya. Struktur yang demikian ini menyebabkan sifat fisik mekaniknya tidak optimal. Modifikasi pati secara bertahap (fraksinasi dan asetilasi) dilakukan untuk memperbaiki sifat pembentukan film campuran pati dengan plastik sintetik. Aplikasi pati sagu dan modifikasinya sebagai komponen plastik dilakukan dengan metode blending pati dengan polipropilene (1:9) menggunakan rheomix (Haake Rheomix 600P) dilengkapi dengan ulir (Roller Rotor)pada suhu 210°C dengan kecepatan putar 40 rpm selama 5 - 7 menit. Hasil pengujian komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat menghasilkan campuran yang lebih homogen dibandingkan dengan jenis pati lainnya, yang ditunjukkan dengan hasil pengujian morfologi permukaan (SEM). Selain itu, sifat mekaniknya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PP dengan jenis pati lainnya. Gabungan sifat elastis dan plastis yang dimiliki komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat mampu menahan gaya yang lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya, sebelum komposit tersebut rusak atau putus.

Kata kunci : *modifikasi; pati sagu; plastik sintetik*

Pendahuluan

Indonesia memiliki keunggulan dalam keragaman sumber pati. Salah satu sumber pati yang potensial di Indonesia adalah pati sagu. Pati sagu mempunyai peran penting sebagai bahan pangan, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Padahal sumber alam sagu sebagai kekayaan nasional Indonesia sangat besar. Produktivitas (ton/ha/th) sagu sangat besar dibandingkan dengan sumber pati lainnya, yaitu sagu (15 – 24), ubi jalar (10 – 15), padi (6,0), jagung (5,5), gandum (5,0), kentang (3,0), dan ubi kayu (2,0) (Ishizaki, 2002)

Umumnya resin plastik berasal dari polimer sitentik, yang berupa turunan hasil minyak bumi, seperti polietilen, polipropilen, poli vinil klorida dan sebagainya, yang mempunyai sifat tidak dapat dikomposkan. Alternatif penggunaan pati sebagai bahan pengganti plastik sangat ditentukan oleh sifat fisiko kimianya. Pati alami (*native starch*) mempunyai sifat fisiko kimia yang terbatas, antara lain ukuran granula yang besar dan sifatnya yang hidrofilik. Sifat film hasil campuran pati dengan plastik sintetik menunjukkan tidak terjadinya kopolimerisasi diantara keduanya, melainkan campuran pati yang terperangkap dalam matrik plastik sintetik (Gambar 1 dan 2). Struktur yang demikian ini menyebabkan sifat fisik mekaniknya tidak optimal.



Gambar 1. Ilustrasi tekstur film campuran pati alami dan plastik sintetik (Griffin, 1977)

Gambar 2. Tekstur film campuran pati alami dan plastik sintetik dengan analisa SEM (Michler, 1992)

ISSN : 1693 - 1750

Modifikasi pati dilakukan untuk meningkatkan sifat pembentukan film tersebut. Menurut Jarowenko (1989) di dalam Wurzburg (1989), asetilasi terhadap pati dan amilopektin akan membentuk film yang lemah dan patah. sedangkan hasil pengujian terhadap film amilosa asetat menunjukkan resistansi terhadap asam lemak. air panas dan dingin sangat baik. Hasil penelitian Fritz *et al.* (1994) menunjukkan bahwa film dari amilosa pati jagung asetat mempunyai sifat lebih transparan, lebih fleksibel dan lebih kuat dibandingkan dengan film dari pati alaminya. Hasil penelitian Kiatkamjornwong *et al.* (2001) menunjukkan bahwa morfologi hasil pencampuran pati singkong termodifikasi kompatibel dengan matriks LDPE dan menunjukkan aksi seperti *plasticizer* dibandingkan pati singkong alami.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pati sagu termodifikasi yang mempunyai sifat kompatibel dengan plastik sintetik dan sifat film hasil campurannya fleksibel dan kuat.

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah pati sagu dan modifikasinya (pati asetat, fraksi amilosa pati sagu dan fraksi amilosa asetat). plastik sintetik (poli propilen), minyak goreng dan air aquades.

Peralatan yang digunakan untuk analisa pati sagu dan modifikasinya meliputi sifat thermal dengan *Differential Scanning Calorimetry* (Mettler Toledo DSC 821). spektrofotometer infra merah (Shimadzu FTIR-8300) dan analisa sifat fungsional. Peralatan yang digunakan untuk membuat komposit pati dengan plastik sintetik adalah *rheomix* (Haake Rheomix 600P) dilengkapi dengan ulir (Roller Rotor). Pembuatan spesimen untuk uji kuat tarik dan elongasi digunakan *compression molding* (Collin Presse 300P), sedangkan analisanya menggunakan alat *tensile strength test* (UTM Shimadzu AGS-10 KNG). Untuk analisa morfologi digunakan *Scanning Electron Microscope* (Phillips XL 30).

Metode

Modifikasi pati sagu dilakukan secara bertahap, yaitu fraksinasi dan asetilasi. Proses fraksinasi pati sagu memodifikasi metode Mizukami *et al.* (1999), dengan kondisi proses pada suhu pemanasan suspensi pati 90°C dan penambahan 1-butanol sebagai senyawa pengkompleks 10 %. Proses asetilasi pati sagu memodifikasi metode Khalil *et al.* (1995), dengan kondisi proses pada suhu dan lama waktu reaksi asetilasi adalah 40°C dan 75 menit. Diagram alir proses fraksinasi dan asetilasi disajikan pada Gambar 3 dan 4. Karakterisasi pati sagu dan modifikasinya meliputi sifat *thermal*. spektrofotometer infra merah, sifat fisiko kimia dan fungionalnya (kadar air, warna, kelarutan dan *swelling power* pada suhu 70°C, *freeze-thaw stability*, kejernihan pasta, *water retention capacity* (WRC) dan *oil retention capacity* (ORC).

Aplikasi pati dan modifikasinya sebagai komponen plastik dalam bentuk komposit dengan plastik sintetik. dilakukan dengan cara *blending* pati dan PP (PPH10HO), dengan perbandingan 1 : 9 menggunakan rheomix dilengkapi dengan *scew* (Roller Rotor) pada suhu 210°C dengan kecepatan putar 40 rpm selama 5 - 7 meni. Analisa sifat mekanik komposit meliputi *Tensile Strength* (uji kuat tarik dan elongasi) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Pati Sagu dan Modifikasinya

Sifat *thermal* dapat menggambarkan perubahan yang terjadi selama pemanasan suspensi pati sampai terjadinya gelatinisasi. Sifat thermal pati sagu dan modifikasinya dianalisis dengan menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC). Hasil analisis secara rinci, yang meliput suhu awal (T_o), suhu puncak (T_p), suhu akhir (T_e) dan energi gelatinisasi endoterm atau entalpi gelatinisasi (ΔH) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat thermal pati sagu dan modifikasinya

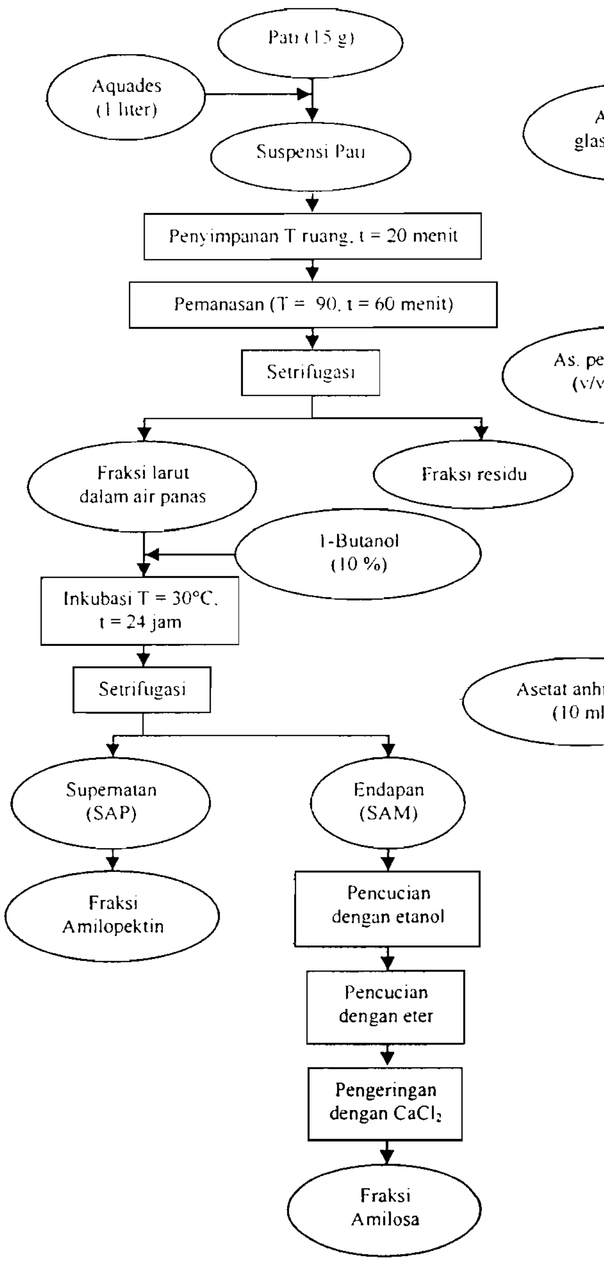
Jenis Pati Sagu	T_o (°C)	T_p (°C)	T_e (°C)	ΔH gel (J/g)
Pati Sagu	16,05	59,52	100,56	-297,26
Pati Sagu Asetat (DS = 1,25)	8,41	49,31	93,71	-176,01
Fr. Amilosa Pati Sagu	16,41	55,12	96,39	-164,40
Fr. Amilosa Pati Sagu Asetat (DS = 0,60)	9,99	49,91	91,73	-148,54

Keterangan :
T_o : suhu awal (*onset temperature*) T_p:suhu puncak (*peak temperature*) T_e : suhu akhir (*end temperature*)
ΔH : energi gelatinisasi endoterm (*gelatinization endothermic energy* atau *enthalpy of gelatinisation*)

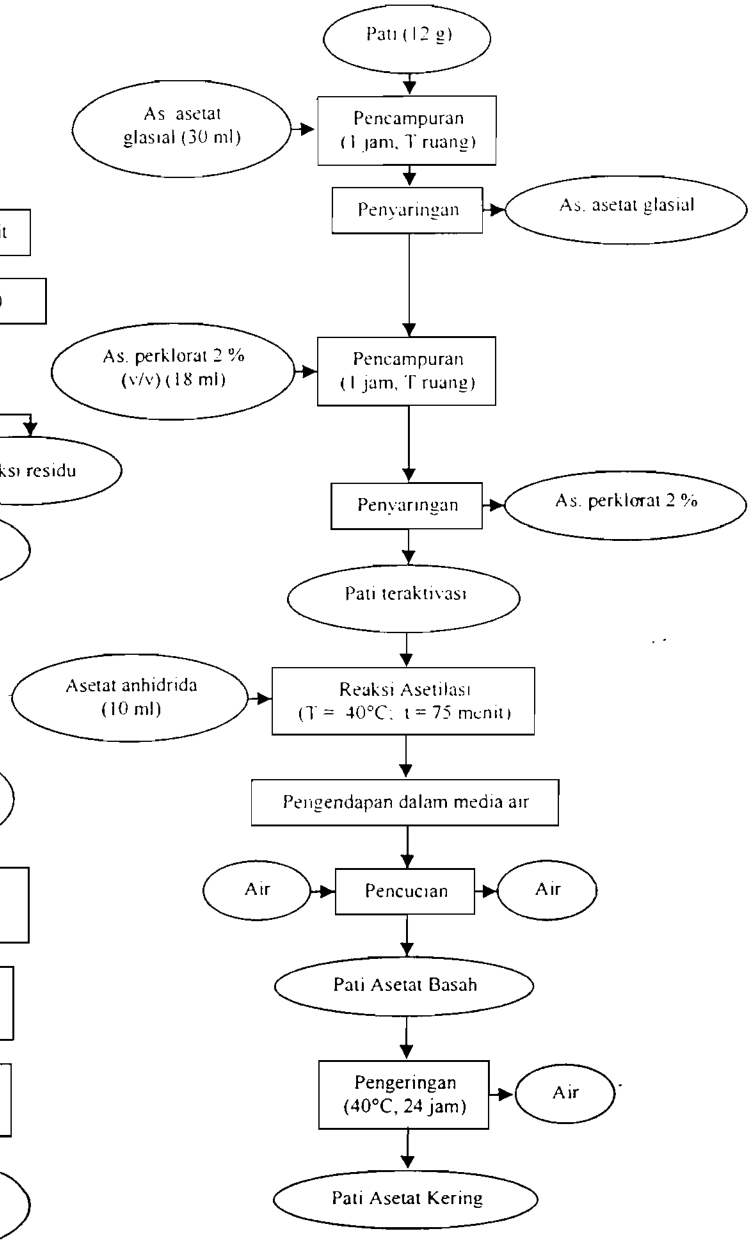
Suhu transisi (T_o, T_p, T_e) dan ΔH_{gel} untuk fraksi amilosa pati sagu asetat relatif lebih rendah dibandingkan dengan pati sagu alami dan pati asetatnya, bahkan dengan fraksi amilosanya. Perbedaan ini

ISSN : 1693 - 1750

diduga disebabkan oleh perbedaan jumlah rantai panjang amilopektin yang masih ada setelah proses fraksinasi dan asetilasi. Menurut Noda *et al.* (1998) di dalam Singh *et al.* (2005), nilai T_o, T_p, T_e dan ΔH_{gel} yang rendah merefleksikan adanya rantai pendek amilopektin dalam pati berlimpah.



Gambar 3. Diagram alir proses fraksinasi pati (modifikasi metode Mizukami *et al.*, 1999)

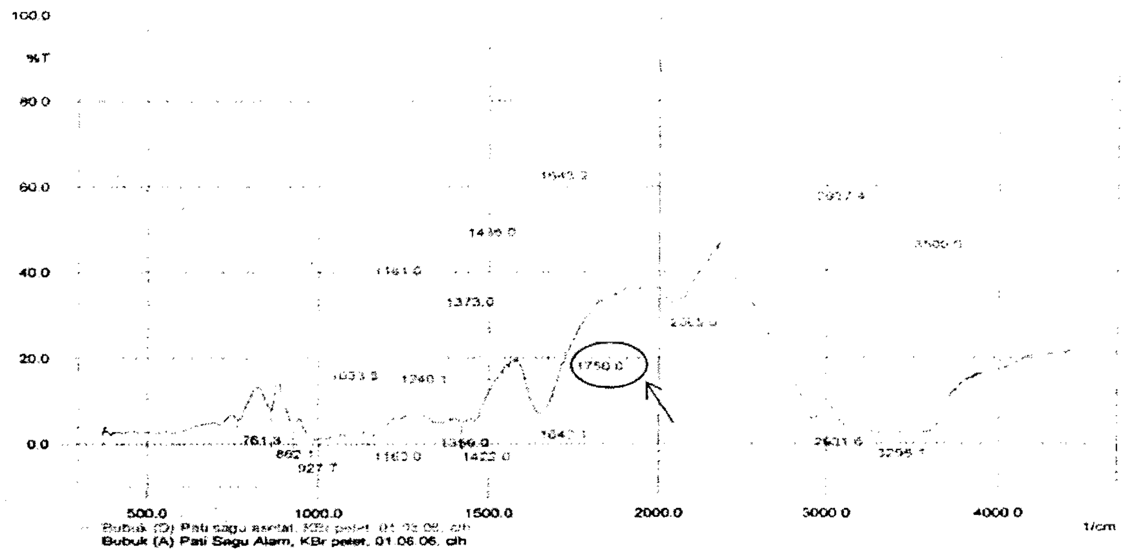


Gambar 4. Diagram alir proses pembuatan pati asetat (modifikasi metode Khalil *et al.*, 1995)

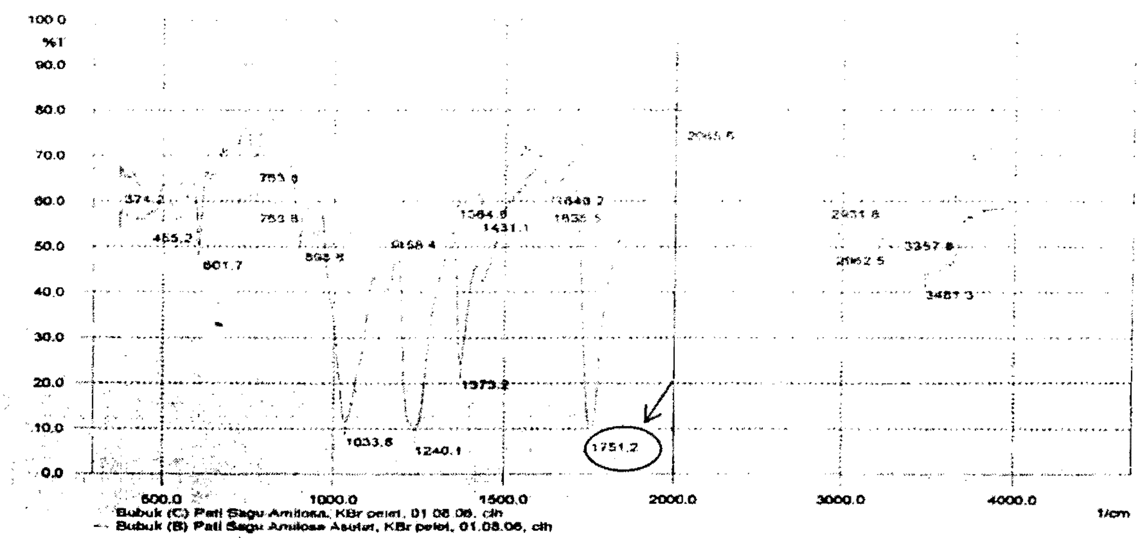
Analisis FTIR spektrofotometer digunakan untuk menunjukkan ada tidaknya perubahan di dalam struktur kimia molekul pati setelah melalui proses modifikasi kimiawi. Hasil analisis spektrofotometer infra merah pati sagu dan modifikasinya disajikan pada Gambar 5 dan 6. Spektra FTIR fraksi amilosa hasil fraksinasi menunjukkan pola yang relatif sama dengan pati sagu alaminya. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa hasil fraksinasi tidak mengalami perubahan di dalam struktur kimianya. Perubahan terjadi pada intensitas puncak tertentu. Fraksi amilosa pati sagu menunjukkan intensitas puncak yang lebih tinggi pada bilangan gelombang 3.000 – 3.600 cm^{-1} dibandingkan dengan pati sagu alaminya. Munurut Mano *et al.* (2003) di dalam Xu *et al.* (2004), pada spektra FTIR pati alami, puncak 3.000 –

ISSN : 1693 - 1750

3.600 cm^{-1} dan 2.950 cm^{-1} dapat disamakan dengan gugus -OH dan -CH. Hal ini dapat diartikan bahwa fraksi amilosa pati sagu hasil fraksinasi memiliki gugus -OH lebih reaktif dibandingkan dengan gugus yang sama pada pati alaminya.



Gambar 5. Hasil analisis FTIR spektrofotometer pati sagu dan pati sagu asetat (DS = 1,25)



Gambar 6. Hasil analisis FTIR spektrofotometer fraksi amilosa pati sagu dan fraksi amilosa pati sagu asetat (DS = 0,60)

Reaksi asetilasi pati menyebabkan masuknya gugus fungsi. Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa pati asetat mempunyai absorbsi kuat pada puncak 1.750 cm^{-1}, yang merupakan atribut dari ester karbonil (C=O) dan mengindikasikan terjadinya reaksi asetilasi pati. Demikian juga dengan fraksi amilosa pati sagu asetat (Gambar 6). Fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan intensitas puncak lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu asetat. Pada kondisi reaksi asetilasi yang sama (suhu 40°C, selama 75 menit) menghasilkan pati asetat dengan kadar asetil atau nilai DS yang berbeda. Nilai DS pati sagu asetat dan fraksi amilosa asetatnya berturut-turut adalah 1,25 dan 0,60. Perbedaan ini diduga disebabkan karena perbedaan jumlah glukosa dan daerah yang rentan terhadap reaksi asetilasi. Amilopektin pada pati alami

ISSN : 1693 - 1750

memiliki derajat polimerisasi (DP) yang lebih besar dibandingkan amilosa. Selain itu, daerah yang rentan terhadap reaksi asetilasi terletak pada daerah amorf amilopektin yang kaya dengan ikatan α-1,6. Oleh karena itu, sebagian besar gugus asetil dalam pati asetat terletak pada amilopektin.

Pada Tabel 2. disajikan hasil analisa sifat fisiko kimia dan fungsional pati sagu dan modifikasinya. Grafik analisis perubahan nilai WRC disajikan pada Gambar 7.

Tabel 2. Sifat fisiko kimia dan fungsional pati sagu dan modifikasinya*

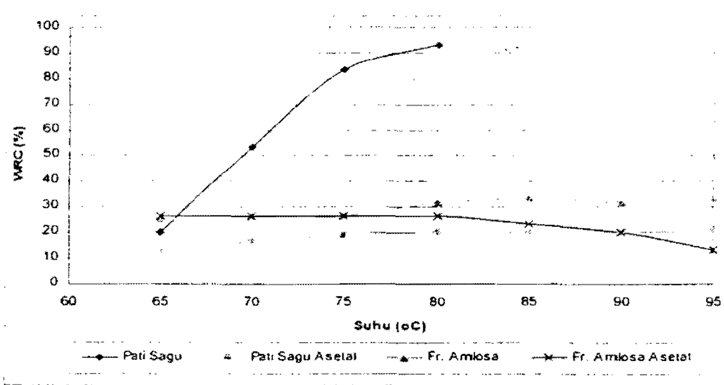
Sifat Fisikokimia & Fungsional	Pustaka	Pati Sagu	Pati Sagu Asetat (DS 1,25)	Fraksi Amilosa Pati Sagu	Fr. Amilosa Pati Sagu Asetat (DS 0,6)
Kadar air (%)	Maks 13[1]	14,08	9,63	12,60	9,97
Warna bubuk :					
Nilai L	Min 90[2]	91,31	92,25	73,23	94,32
°Hue		72,13	71,54	69,24	67,30
Chroma		42,22	34,34	40,66	30,55
Kelarutan pada 70° C (%)	-	32,68	44,86	23,27	9,90
Swelling power pada 70°C (%)	-	49,23	98,91	42,83	46,97
Kejernihan pasta 1 % (%T)	54,20[3]	76,10	71,90	65,90	61,30
Freeze-thaw stability (% *syneresis*)	-	91,67	88,67	70,00	66,67
Oil Rentention Capacity (ORC) (%)	-	6,67	6,00	8,00	16,33

* Data rata-rata dua kali ulangan

[2]SIRIM Standard MS 470 : 1992

[1] SNI 01-3729-1995

[3]Wattanachant *et al.* (2002)



Gambar 7. Grafik hubungan suhu pemanasan (°C) terhadap nilai *water retention capacity* (%WRC) pati sagu dan modifikasinya

Fraksi amilosa hasil proses fraksinasi pada suhu 90°C dan penambahan 1-butanol 10 % menghasilkan fraksi amilosa dengan sebaran bobot molekul rendah, sedangkan pati sagu alami mempunyai sebaran bobot molekul tinggi yang dominan (fraksi amilopektin). Perbedaan sebaran bobot molekul ini yang menyebabkan perbedaan sifat fungsional. Kemampuan fraksi amilosa menyerap minyak dinyatakan dengan nilai ORC. Nilai ORC fraksi amilosa hasil fraksinasi relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu alaminya, bahkan dibandingkan dengan pati sagu asetatnya. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa dengan sebaran bobot molekul rendah mempunyai kecenderungan relatif lebih tinggi untuk membentuk heliks dan kompleks dengan minyak atau senyawa non polar, sehingga memunyai sifat lebih hidrofobik.

Analisis lebih lanjut terhadap sifat fungsional fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan peningkatan nilai *frezee-thaw stability* yang ditunjukkan dengan penurunan % *syneresis*, serta kemampuan menyerap minyak (ORC) yang lebih tinggi dibandingkan pati alami dan fraksi amilosanya, bahkan dibandingkan dengan pati asetatnya. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa pati sagu asetat bersifat lebih hidrofobik dibandingkan dengan pati sagu asetat, meskipun nilai DS-nya lebih kecil (0,60). Demikian pula dengan warna bubuk (°Hue dan nilai Chroma) pati sagu asetat dan fraksi amilosanya, menunjukkan warna kuning dengan intesnsitas warna yang lebih rendah dibandingkan dengan pati sagu alami dan fraksi amilosanya, atau dengan kata lain warna kuningnya lebih rendah kepekatannya, sedangkan tingkat kecerahannya (nilai "L) relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pati sagu alami dan

ISSN : 1693 - 1750

fraksi amilosanya. Gabungan dari warna (°Hue), intensitas warna (nilai Chroma) dan tingkat kecerahan (nilai "L") menunjukkan warna pati sagu asetat dan fraksi amilosa asetatnya lebih putih dibandingkan dengan pati sagu alami dan fraksi amilosanya.

Sebaliknya, hasil analisa nilai *water retention capacity* (WRC) pati sagu dan modifikasinya (Gambar 7) menunjukkan kecenderungan yang berbeda dengan nilai ORC-nya. Proses modifikasi pati sagu secara bertahap (proses fraksinasi dan asetilasi) menyebabkan penurunan kemampuannya menyerap air. Hal ini juga dapat dilihat dari kadar airnya, dimana kadar air pati sagu asetat dan fraksi amilosa asetatnya kurang 10 %. Pati sagu alami menunjukkan kemampuan menyerap air relatif lebih besar dan berbanding lurus dengan peningkatan suhu pengamatan dibandingkan dengan pati sagu asetat, fraksi amilosa dan fraksi amilosa asetatnya. Pati sagu asetat dan fraksi amilosanya menunjukkan pola sifat WRC yang relatif sama, yaitu cenderung stabil pada berbagai suhu pengamatan, sedangkan untuk fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan kecenderungan pola sifat WRC menurun pada suhu pengamatan lebih dari 80°C.

Aplikasi Pati dan Modifikasinya sebagai Komponen Plastik dalam Bentuk Komposit dengan Plastik Sintetik

Sifat rheologi selama proses pencampuran dapat diamati, hasil analisis energi *torque* disajikan pada Tabel 3. Nilai yang dapat diamati selama proses pencampuran dalam *Rheomix*600P adalah energi *torque* yang dibutuhkan oleh screw untuk mencampur seluruh bahan yang berada di dalamnya. Menurut Thermo Haake (2001), dua nilai yang digunakan untuk menunjukkan energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampuran di dalam rheomix, yaitu nilai *loading point* (L) dan *minimum point* (M). Nilai L menunjukkan energi *torque* maksimum, dimana muatan atau bahan yang akan dicampur seluruhnya sudah berada dalam alat *Rheomix*600P. Nilai *torque*-nya tergantung pada kondisi muatan atau bahan yang akan dicampur. Nilai M menunjukkan energi *torque* minimum, yang menunjukkan proses pencampuran telah selesai.

Tabel 3. Nilai *loading point* dan *minimum point* pada proses pencampuran PP dengan pati sagu dan modifikasinya

Perlakuan	Energi Torsi	
	Loading Point (L) (Nm)	*Minimum Point* (M) (Nm)
PP + Pati sagu	40,45	6,36
PP + Pati sagu asetat (DS 1,25)	39,17	3,75
PP + Fraksi amilosa pati sagu	47,75	12,00
PP + Fraksi amilosa pati sagu asetat (DS 0,60)	41,81	3,63

Energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampuran sangat ditentukan oleh jenis bahan yang digunakan. Pati sagu dan modifikasinya menunjukkan karakteritik yang berbeda. Proses fraksinasi dan asetilasi pati sagu dapat meningkatkan sifat hidrofobik dan hilangnya sifat kristalinitasnya, yang selanjutnya mempengaruhi energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampurannya dengan plastik sintetik (PP). Grafik hubungan nilai ORC dan energi gelatinisasi endoterm (ΔH gel) terhadap nilai *loading* (nilai L) dan *minimum* (nilai M)) *point* disajikan pada Gambar 9.

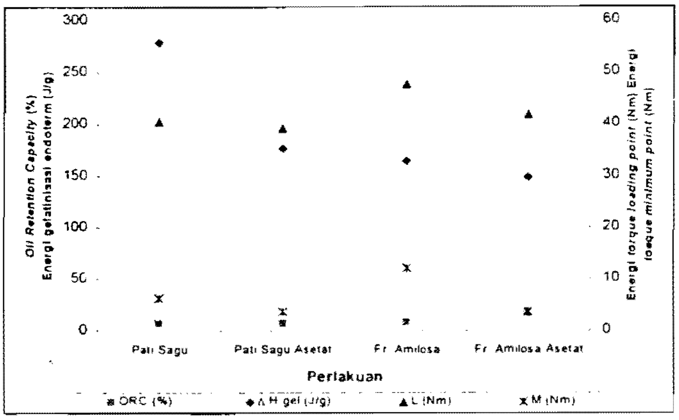
Pada Gambar 9, dapat dilihat interaksi peningkatan sifat hidrofobik yang ditunjukkan dengan meningkatnya nilai ORC dan berkurangnya sifat kristalinitas yang ditunjukkan dengan penurunan ΔH gel, menyebabkan penurunan nilai L dan M. Komposit PP dengan pati sagu alami menunjukkan nilai L dan M relatif lebih tinggi (40,45 dan 6,36 Nm) dibandingkan komposit PP dengan pati sagu asetatnya (39,17 dan 3,75 Nm). Komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu juga menunjukkan nilai L dan M relatif lebih tinggi (47,75 dan 12,00 Nm) dibandingkan dengan komposit PP dengan fraksi amilosa asetatnya (41,81 dan 3,63 Nm). Masuknya gugus asetil dalam pati sagu alami dan fraksi amilosanya menyebabkan perubahan sifatnya, dari bersifat hidrofilik menjadi lebih bersifat hidrofobik. Sifat hidrofobik ini sangat sesuai dengan sifat plastik sintetik (PP) yang digunakan dalam komposit tersebut, sehingga proses pencampuran pati sagu asetat dan fraksi amilosa asetatnya membutuhkan energi *torque* relatif lebih rendah dibandingkan dengan pati sagu alami dan fraksi amilosanya.

Pengujian morfologi dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electrone Microscope* (SEM) perbesaran 450x. Hasil pengujian morfologi dengan SEM perbesaran 450x disajikan pada Gambar 10. Hasil SEM PP, komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya menunjukkan morfologi yang berbeda. PP murni menunjukkan morfologi yang halus. Penambahan pati sagu dan modifikasinya dalam komposit PP dengan pati menunjukkan perubahan morfologinya. Morfologi komposit PP dengan pati sagu alami menunjukkan adanya granula pati sagu yang masih utuh terperangkap dalam matriks PP. Ukuran granula

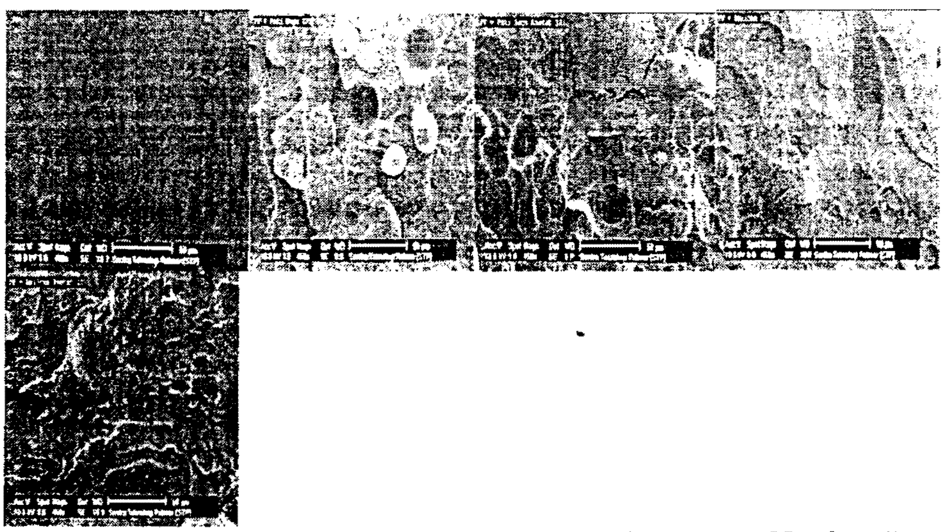
ISSN : 1693 - 1750

pati sagu yang relatif lebih besar dibandingan dengan resin PP menyebabkan komposit tersebut tidak homogen.

Hasil pengujian morfologi komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan morfologi yang lebih halus atau dengan kata lain komposit tersebut lebih homogen dibandingkan dengan komposit PP dengan pati sagu alami, fraksi amilosanya, bahkan dengan pati sagu asetat. Namun, secara morfologi juga terlihat porous. Porositas ini dapat dikurangi dengan adanya tambahan bahan aditif.



Gambar 9. Grafik hubungan nilai ORC (%) dan ΔH gel (J/g) terhadap nilai L (Nm) dan M (Nm) pati sagu dan modifikasinya.



PP PP + pati sagu PP + pati asetat PP + fr. amilosa PP + fr. Amilosa asetat

Gambar 10. Hasil SEM komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya (perbesaran 450 x)

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan. Kekuatan tarik menggambarkan kekuatan tegangan maksimum spesimen untuk menahan gaya yang diberikan (Billmeyer, 1971). Menurut Stevens (2001), kuat tarik merupakan ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu spesimen rusak atau putus. Kekuatan tarik diukur dengan menarik polimer pada dimensi yang seragam. Tegangan tarik (*Stress*, σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A). Perpanjangan tarik atau regangan (strain, γ) adalah perubahan panjang sampel yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan. Hasil analisis kekuatan tarik komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya disajikan pada Tabel 4.

ISSN : 1693 - 1750

Tabel 4. Rekapitulasi hasil analisis kekuatan tarik komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya*

Perlakuan	Parameter					
	Yield Stress (MPa)	*Tensile Strength* (MPa)	*E-Modulus* (MPa)	*Yield Strain* (%)	*Strain at Break* (%)	*Maximum Load* (N)
Polipropilene HI10HO**	-	34	1280	13	-	-
Polipropilene[1) 2)]	-	33	1345	12	-	-
Polipropilene[3)]	-	36	-	13	-	-
PP + Pati Sagu	25,25 ± 2,23	25,05 ± 1,98	920 ± 18	9,03 ± 1,81	9,78 ± 2,55	301,7 ± 27,7
PP + Pati Sagu Asetat (DS 1,25)	22,38 ± 7,30	27,79 ± 0,94	903 ± 86	7,90 ± 5,48	22,27 ± 10,13	281,4 ± 3,7
PP + Fr. Amilosa Pati Sagu	20,98 ± 1,57	21,64 ± 3,31	915 ± 23	6,12 ± 0,93	6,97 ± 1,35	267,4 ± 43,8
PP + Fr. Amilosa Pati Sagu Asetat (DS 0,60)	27,25 ± 0,81	27,25 ± 0,81	928 ± 15	10,93 ± 0,97	13,74 ± 2,07	309,2 ± 9,7

* Data rata-rata lima kali pengukuran

** Standar spesifikasi produk PPHI10HO

[1)] Polypropylene physical properties (http://www.americanplastics.net)

[2)] Polypropylene specification (http://www.boedeker.com/poly_p.htm)

[3)] Specification/properties of polypropylene (http://www.plastinetics.com/d-specs.htm)

Secara umum, sifat mekanik komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan PP murni (PPHI10HO), yang ditunjukkan pada nilai *tensile strength*, *E-modulus* maupun *yield strain*. Nilai rata-rata *tensile strength*, *E-modulus* dan *yield strain* untuk komposit PP dengan pati sagu dan modifikasinya berturut-turut adalah 25,43 ± 1,61 MPa, 916,50 ± 34,5 MPa dan 8,5 ± 2,19 %, sedangkan untuk PPHI10HO berturut-turut 34 MPa, 1280 MPa dan 13 %. Hal ini menunjukkan bahwa adanya pati sagu dan modifikasinya dalam komposit tersebut menyebabkan penurunan nilai karakteristik mekaniknya.

Kurva tegangan-regangan pada uji kekuatan tarik memberikan nilai yang cukup berubah tergantung pada laju tegangan, suhu, kelembaban dan sebagainya (Surdia dan Saito, 1995). Nilai *E-modulus* menunjukkan laju tegangan pada uji kekuatan tarik. Komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan nilai laju tegangan relatif lebih tinggi (928 ± 15 MPa) dibandingkan perlakuan lainnya. Demikian pula dengan nilai *yield stress* dan *yield strain* menunjukkan nilai relatif lebih tinggi (27,25 ± 0,81 MPa dan 10,93 ± 0,97 %) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa pati sagu asetat memiliki sifat lebih elastis dibandingkan perlakuaan lainnya. Menurut Surdia dan Saito (1995), daerah kurva tegangan regangan dibawah nilai *yield stress* dan *yield strain* menunjukkan sifat bahan elastis, artinya bahan yang mengalami regangan dapat kembali ke kondisi semula bila gaya ditiadakan.

Tegangan dan regangan putus ditunjukkan oleh nilai *tensile strength* dan *strain at break*. Nilai *tensile strength* dan *strain at break* komposit PP dengan pati sagu asetat menunjukkan nilai yang relatif lebih tinggi (27,79 ± 0,94 MPa dan 22,27 ± 10,13 %) dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan komposit PP dengan pati sagu asetat bersifat lebih plastis, artinya kemampuan regangannya relatif besar meskipun laju tegangannya kecil.

Komposit PP dengan pati sagu menunjukkan beberapa sifat mekanik, seperti nilai *E-modulus*, *yield strain* dan *maximum loading* yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan komposit PP dengan pati sagu asetat dan fraksi amilosa. Sifat kristalinitas pati sagu yang ditunjukkan oleh energi gelatinisasi endoterm (ΔH gel) yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sangat menentukan sifat mekanik tersebut. Namun, sifat hidrofilik pati sagu ditunjukkan oleh nilai WRC-nya, sangat menentukan nilai regangan putus (*strain at break*) kompositnya yang relatif lebih kecil dibandingkan komposit PP dengan pati sagu asetat dan fraksi amilosa asetatnya.

Jika dianalisis berdasarkan nilai *maximum loading*, komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat menunjukkan nilai relatif lebih tinggi (309,2 ± 9,7 N) dibandingkan perlakuan lainnya. Proses modifikasi bertahap (fraksinasi dan asetilasi) memperbaiki sifat fungsional pati sagu (sifat elastis dan plastis). Hal ini menunjukkan gabungan sifat elastis dan plastis yang dimiliki komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat mampu menahan gaya yang lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya, sebelum komposit tersebut rusak atau putus.

ISSN : 1693 - 1750

Kesimpulan

Modifikasi pati secara bertahap (fraksinasi dan asetilasi) dapat meningkatkan sifat hidrofobik pati sagu yang ditunjukkan oleh nilai *oil retention capacity* (ORC). Nilai ORC pati sagu dan fraksi amilosa asetatnya berturut-turut 6,67 dan 16,33 %. Dalam aplikasinya sebagai kompoenen plastik dalam bentuk komposit dengan plastik sintetik yang dilakukan dengan cara mencampur pati dan polipropilene jenis PPHI10HO (10 : 90), campuran PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat menghasilkan campuran yang lebih homogen dibandingkan dengan jenis pati lainnya, yang ditunjukkan dengan hasil pengujian morfologi permukaan (SEM). Selain itu, sifat mekaniknya relatif lebih tinggi dibandingkan dengan campuran PP dengan jenis pati lainnya. Gabungan sifat elastis dan plastis yang dimiliki komposit PP dengan fraksi amilosa pati sagu asetat mampu menahan gaya yang lebih besar dibandingkan perlakuan lainnya, sebelum komposit tersebut rusak atau putus.

Daftar Pustaka

1. Fritz, H.G., T. Seidenstcks, U. Bolz dan M. Juzo. 1994. Study on Production of Thermo-Bioplastics and Fibers Based Mainly on Biological. Materials Science Research Devolopment, Agroindustrial Research Devision.
2. Griffin, G.J.L. US. Patent No. 4 016 117. 1977. *Di dalam* Gould, J.M., S.H. Gordon, L.B. Dexter, dan C.L. Swanson. 1990. Biodegradable of Starch-Containing Plastic. Agricultural and Synthetic Polymers : 65-75.
3. Ishizaki, A. 2002. Sago, an Attractive Renewable Resource for the "Lactate Industry". Di dalam. Kainuma K., M. Okazaki, Y. Toyoda dan J. E. Cecil (eds). 2002. New Frontiers of Sago Palm Studies. Frontiers Science Series No. 37. Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
4. Jarowenko, W. 1989. Acetylated Starch and Miscellaneous Organic Esters. *Di dalam*. Wurzburg, O.B. 1989. Modified Starches : Properties and Uses. CRC Press, Inc. Boca Rotan, Florida.
5. Khalil, M. I., A. Hashem dan A. Hebeish. 1995. Preparation and Characterization of Starch Acetate. Starch 47: 394-398.
6. Kiatkomjornwong, S., P. Thakeow dan M. Sonsuk. 2001. Chemical Modification of Cassava Starch for Degradable Polyethylene Sheets. Polymer Degradation and Stability 73 : 363 – 375.
7. Michler, G.H. 1992. Morphologie, Deformations und Bruchmechanismen. Kunststoff-Mikromechanik.
8. Mizukami, H., Y. Takeda dan S. Hizukuri. The Structure of The Hot-Water Soluble Components in The Starch Granules of New Japanese Rice Cultivars. Carbohydr. Poly. 38 : 329-335.
9. Noda, T., Y. Takahata, T. Sato, I. Suda, T. Morishita, K. Ishiguro dan O. Yamakawa. 1998. Relationships between Chain Length Distribution of Amylopectin and Gelatinization Properties within The Same Botanical Origin of Sweetpotato and Buckwheat. Carbohydr. Poly., 37 : 153 – 158.
10. SIRIM. 1992. Malaysian Standard. MS 470 : Specification for Edible Sago Starch (1st Revision) Standards & Industrial Research Institute of Malaysia.
11. Wattanachant, S., S.KS. Muhammad, D.M. Hashim dan R.A. Rahman. 2002. Suitability of Sago Starch as a Base for Dual-Modification. Songklanakarin J. Sci. Technol. Vol 24 (3) : 431 – 438.
12. Xu, Y. V. Miladinov dan M.A. Hanna. 2004. Synthesis and Characterization of Starch Acetates with High Substitution. American Association of Cereal Chemists, Inc., Vol. 81 (6) : 735 – 740.