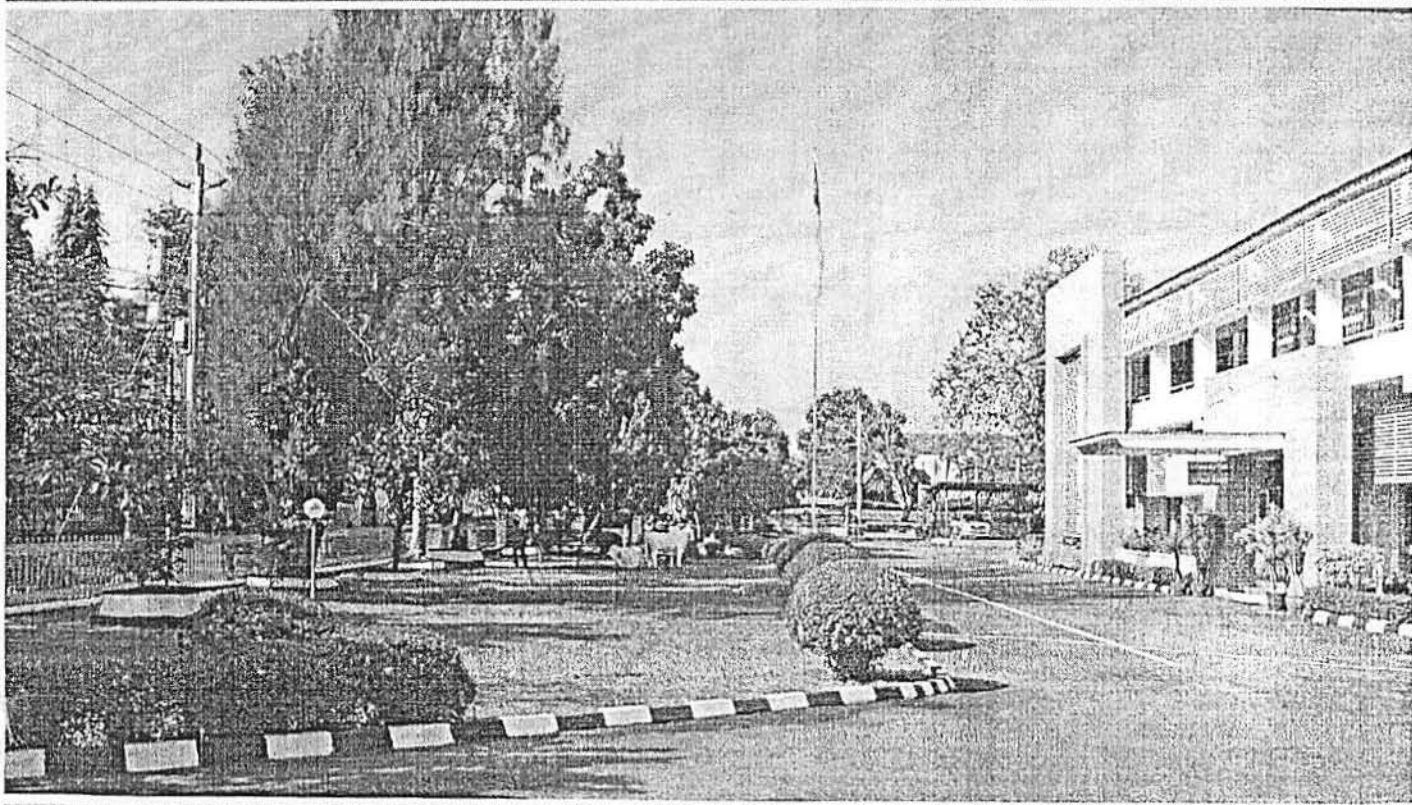


ISBN 978-979-8378-19-5

PROSIDING

**Seminar Nasional
Kulit, Karet, dan Plastik ke-3**

**PENELITIAN & PENGEMBANGAN
KULIT, KARET, DAN PLASTIK
DALAM MENDUKUNG HILIRISASI INDUSTRI**



**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL KULIT, KARET, DAN PLASTIK KE-3
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KULIT, KARET, DAN PLASTIK
DALAM MENDUKUNG HILIRISASI INDUSTRI**

ISBN:978-979-8378-19-5

© 2014 Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik

Hak cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian maupun seluruh tulisan tanpa izin tertulis dari Editor. Permintaan dan pertanyaan terkait penggandaan dan hak cipta ditujukan Drs. Ir. Prayitno, Apt, M.Sc. dan Muhammad Sholeh, M.Eng., Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik atau E-mail ke bbkkp_jogja@kemenperin.go.id

Hak kekayaan Intelektual setiap makalah dalam prosiding ini menjadi milik penulis sesuai yang tercantum pada makalah.

Diterbitkan oleh :

Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik

Jalan Sokonandi No. 9 Yogyakarta 55166

Telp : (0274) 512929, 563939

Fax : (0274) 563655

E-mail : bbkkp_jogja@kemenperin.go.id

Website : www.bbkkp.go.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkah dan rahmadNya sehingga kegiatan Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-3 yang bertemakan Penelitian dan Pengembangan Kulit, Karet dan Plastik dalam Mendukung Hilirisasi Industri dapat diselenggarakan dengan baik dan lancar pada tanggal 29 Oktober 2014.

Tujuan diselenggarakan Seminar Nasional adalah untuk mengkomunikasikan hasil litbang bidang kulit, karet dan plastik kepada para peneliti, praktisi dan pengguna. Kesempatan ini dapat digunakan sebagai forum saling tukar menukar informasi, ide kreatif dan inovatif dalam rangka pengembangan potensi para peneliti serta meningkatkan jejaring kerjasama antar institusi, lembaga litbang, perguruan tinggi dan industri, sehingga akan terjalin komunikasi ilmiah yang efektif dan efisien.

Dengan telah terselenggaranya Seminar Nasional tersebut maka disusunlah Prosiding yang bertujuan untuk mempercepat pemasyarakatan hasil-hasil litbang kepada industri, perguruan tinggi, lembaga litbang dan masyarakat luas. Prosiding ini menampilkan 24 makalah hasil seleksi dari Tim Editor yang mencakup bidang kulit, karet, plastik dan pencemaran. Makalah berasal dari berbagai lembaga litbang dan perguruan tinggi. Selain itu, prosiding juga memuat hasil diskusi selama kegiatan Seminar Nasional berlangsung.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-3 yang bertemakan Penelitian dan Pengembangan Kulit, Karet, dan Plastik dalam Mendukung Hilirisasi Industri tahun 2014 ini. Harapan kami, semoga prosiding ini dapat bermanfaat bagi industri, perguruan tinggi, lembaga litbang dan masyarakat luas.

Kepala Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik

Ramelan Subagyo, M.Eng., Sc

**PATI SAGU TERMODIFIKASI SEBAGAI BAHAN
STARCH-BASED PLASTICS**

Indah Yuliasih dan Titi Candra Sunarti
Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor
E-mail : ind_yul@yahoo.com

ABSTRAK

Pati sagu merupakan salah satu sumber pati potensial di Indonesia. Starch-based plastics didefinisikan sebagai penggunaan pati dalam memproduksi bioplastik. Modifikasi pati secara asetilasi dilakukan untuk meningkatkan karakteristik termoplastik pati. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan pati sagu asetat yang mempunyai sifat hidrofobik dan kompatibel dengan plastik sintetik.

Proses asetilasi pati alami dapat meningkatkan sifat hidrofobiknya, yang ditunjukkan dengan nilai % ORC. Nilai % ORC pati sagu alami, sagu pati asetat, fraksi amilosa dan fraksi amilosa asetat berturut-turut adalah 6,50; 8,67; 7,67; dan 16,33%. Dalam aplikasi pati dan modifikasinya sebagai bahan campuran plastik sintetik, campuran PP dengan pati asetat atau amilosa asetatnya menunjukkan sifat morfologi dan nilai tensile strength (kekuatan tarik) yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Campuran PP dengan amilosa asetat menunjukkan nilai E-modulus (elastisitas) lebih tinggi, yang berarti sifat elastisnya lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Campuran PP dengan pati asetat menunjukkan nilai elongation at break (perpanjangan putus) dan nilai toughness lebih tinggi, yang berarti bahan tersebut lebih bersifat plastis, kuat dan dapat mengabsorpsi energi lebih besar sebelum putus (patah) dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Kata kunci : pati sagu, asetilasi, plastik sintetik

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara tropis memiliki keunggulan dalam keragaman sumber pati. Salah satu sumber pati yang potensial di Indonesia adalah tanaman sagu. Berdasarkan hasil penelitian Oates dan Hichs (2002), menunjukkan bahwa lebih dari 2.500.000 ha tanaman sagu di dunia ditemukan di Asia, khususnya di PNG (41 %) dan di Indonesia (47%). Matanubun dan Maturbongs (2005) menambahkan bahwa produktivitas (ton/ha/th) sagu sangat besar dibandingkan dengan sumber pati lainnya, yaitu sagu (14-15), padi (5-6), jagung (3-4) dan ubi kayu (10-15).

Pati sagu dapat diaplikasikan sebagai bahan baku industri, baik pangan maupun non pangan. Salah satu aplikasinya adalah sebagai bahan *starch-based plastics*. Vilpoux dan Averous (2006) melaporkan potensi penggunaan pati sebagai bahan bioplastik berkisar 85-90% dari pasar bioplastik yang ada.

Karakteristik termoplastik pati dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi pati. Menurut Vilpoux dan Averous (2006), modifikasi pati secara esterifikasi dilakukan untuk meningkatkan karakteristik termoplastik pati, seperti sifat hidrofobik dan kristalinitas. Jarowenko (1989) di dalam Wurzburg (1989) menyatakan bahwa asetilasi merupakan salah satu modifikasi pati secara esterifikasi. Asetilasi terhadap pati dan amilopektin akan membentuk film yang lemah dan patah, sedangkan hasil pengujian terhadap film amilosa asetat menunjukkan sifat lebih fleksibel dan kuat. Menurut Nisperos-Carriedo (1994) di dalam Krochta *et al.* (1994), untuk membentuk film dan gel yang kuat, digunakan pati dengan kandungan amilosa yang tinggi.

Proses asetilasi ditujukan untuk mendapatkan pati asetat, yang dipengaruhi oleh jenis katalis, konsentrasi pereaksi, suhu dan lama waktu reaksi asetilasi. Menurut Sun dan Sun (2002), suhu dan lama waktu reaksi asetilasi berperan penting terhadap rendemen dan sifat-sifat pati asetat yang dihasilkan. Kedua faktor tersebut sangat menentukan besarnya derajat asetilasi yang dinyatakan sebagai derajat substitusi (DS). DS merupakan parameter yang menentukan penggunaan pati asetat secara komersial dan menentukan besarnya perubahan sifat fungsional pati asetat dari pati alaminya.

Mengingat pati dari sumber tanaman yang berbeda memiliki karakteristik yang berbeda, maka kondisi proses asetilasinya diduga tidak akan sama. Kondisi proses

tersebut mencakup lama dan waktu reaksi asetilasi pati. Informasi tentang proses tersebut masih sedikit ditemukan dalam literatur tentang penggunaan pati untuk bahan *starch-based plastics*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan pati sagu asetat sebagai bahan *starch-based plastics* yang mempunyai sifat hidrofobik dan kompatibel dengan plastik sintetik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Pati sagu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Bogor Jawa Barat yang merupakan hasil pengolahan masyarakat (secara tradisional) dan fraksi amilosanya. Bahan kimia untuk proses asetilasi adalah asam asetat glasial, asetat anhidrida dan katalis asam perklorat (HClO_4) dengan konsentrasi 2 % (v/v) dalam asam asetat glasial, serta bahan-bahan kimia yang digunakan untuk analisa.

Alat-alat yang digunakan untuk karakterisasi antara lain kertas saring, *Erlenmeyer*, tabung reaksi, cawan petri, gelas ukur, gelas piala, labu *Kjeldahl*, termometer, pipet volumetrik, oven, labu pendingin balik, labu ekstraksi *Soxhlet*, spektrofotometer, timbangan kasar, timbangan analitik, mikroskop polarisasi (Olympus model BHB, Nippon Kogaku, Jepang) dilengkapi dengan kamera (Olympus model C-35 A), *Colortec*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *vacuum filter*, *freezer*, penangas air, sentrifuse, inkubator. Peralatan yang digunakan untuk membuat campuran 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 analisisnya menggunakan alat *tensile strength test* (UTM Shimadzu AGS-10 KNG) dan *Scanning Electron Microscope* (Phillips XL 30) untuk analisa morfologi

Metode

Asetilasi Pati Sagu

Metode asetilasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi metode Khalil *et al.* (1995). *Aktivasi* : Sebanyak 12 g pati sagu dicampur dengan 30 ml asam asetat glasial. Campuran tersebut diaduk dengan pengaduk magnet selama satu jam pada suhu ruang ($\pm 28^\circ\text{C}$). Suspensi pati yang terbentuk disaring

dengan penyaring vakum. Hasil penyaringan dicampur dengan 18 ml larutan asam perklorat 2 % (v/v) (dalam asam asetat glasial) selama satu jam pada suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$). Kemudian disaring kembali sehingga dihasilkan pati sagu yang telah teraktivasi. *Asetilasi* : Asetilasi dilakukan dengan cara mencampur pati hasil aktivasi dengan 10 ml asetat anhidrida di dalam labu *Erlenmeyer* 100 ml. Campuran diasetilasi dalam *waterbath shaker*, untuk mendapatkan rendemen dan DS yang diinginkan (0,5-1,8). *Pengendapan dan Pemurnian* : Campuran hasil asetilasi dituang ke dalam air yang diaduk kuat menggunakan pengaduk magnet untuk mengendapkan pati yang terasetilasi. Endapan yang terbentuk dicuci dengan air dan disaring menggunakan penyaring vakum. Hasil penyaringan dikeringkan pada suhu 40°C selama 24 jam.

Untuk menentukan kondisi proses asetilasi yang baik berdasarkan pada rendemen, kadar asetil dan nilai DS (Ogawa *et al.*, 1989). Kadar asetil dan nilai DS menentukan dalam aplikasi pati asetat lebih lanjut. Penggunaan pati asetat sebagai bahan kemasan memerlukan nilai DS berkisar 0,5-1,8. Untuk meningkatkan rendemen dan mendapatkan nilai DS pati sagu asetat yang sesuai dengan aplikasinya, proses asetilasi yang dilakukan dalam penelitian ini memodifikasi suhu reaksi asetilasi (30, 35, 40 dan 45°C) dan lama waktu reaksi asetilasi (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit) secara bertahap. Analisa sifat fungsional pati asetat hasil reaksi asetilasi meliputi kelarutan dan *swelling power* pada suhu 70°C , *freeze-thaw stability*, kejernihan pasta, *water retention capacity* dan *oil retention capacity*.

Karakteristik Pati Sagu dan Modifikasinya

Untuk mengetahui karakteristik pati sagu dan modifikasinya (amilosa, pati asetat dan amilosa asetat) yang akan digunakan sebagai bahan campuran plastik sintetik, dilakukan analisis perbandingan sifat fungsionalnya, meliputi kelarutan dan *swelling power* pada suhu 70°C , *freeze-thaw stability*, kejernihan pasta, *water retention capacity* dan *oil retention capacity*.

Aplikasi Pati Sagu dan Modifikasinya sebagai Bahan Campuran Plastik Sintetik

Aplikasi pati sebagai bahan campuran plastik sintetik dilakukan dengan cara *blending* pati dan PP, dengan perbandingan 1 : 9 menggunakan *rheomix* pada suhu 210°C dan kecepatan putar 40 rpm selama 5 menit. Kondisi selama proses pencampuran (*blending*) dianalisis. Selama proses pencampuran PP dengan pati

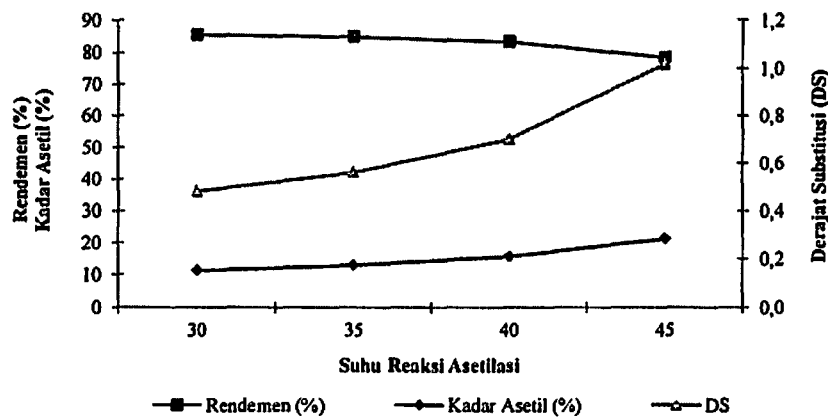
sagu dan modifikasinya dalam *Rheomix 600P* dapat diamati energi *torque* yang dibutuhkan oleh ulir untuk mencampur seluruh bahan yang berada di dalamnya. Menurut Thermo Haake (2001), dua nilai yang digunakan untuk menunjukkan energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampuran di dalam *rheomix*, 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 *Rheomix600P*. Nilai M menunjukkan energi *torque* minimum, dimana proses pencampuran telah selesai atau tercampur semuanya. Analisa sifat fisik campuran meliputi morfologi permukaan *Scanning Electrone Microscope* (SEM) dan *Tensile Strength* (ASTM D 638).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Asetilasi Pati Sagu

Pengaruh Suhu dan Lama Reaksi terhadap Rendemen, Kadar Asetil dan Nilai DS

Pada tahap pertama dilakukan pengujian proses asetilasi pati sagu pada suhu reaksi berbeda (30, 35, 40 dan 45°C) dan lama waktu reaksi tetap (30 menit). Hasil analisis rendemen, kadar asetil dan nilai DS pati asetat yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa secara keseluruhan rendemen pati asetat yang dihasilkan berkisar antara 78,59-85,64 %. Peningkatan suhu reaksi asetilasi menghasilkan rendemen pati asetat yang cenderung semakin rendah. Hal ini diduga disebabkan oleh adanya depolimerisasi pati selama proses asetilasi yang terjadi karena pati mengalami hidrolisis oleh air yang terdapat dalam pati sagu dengan bantuan asam dan panas selama proses asetilasi. Asam perklorat merupakan asam sangat kuat yang digunakan sebagai katalis dalam reaksi asetilasi. Sun dan Sun (2002) menyatakan bahwa penggunaan katalis asam mineral kuat dalam proses asetilasi dapat menyebabkan hidrolisis rantai polimer karbohidrat.

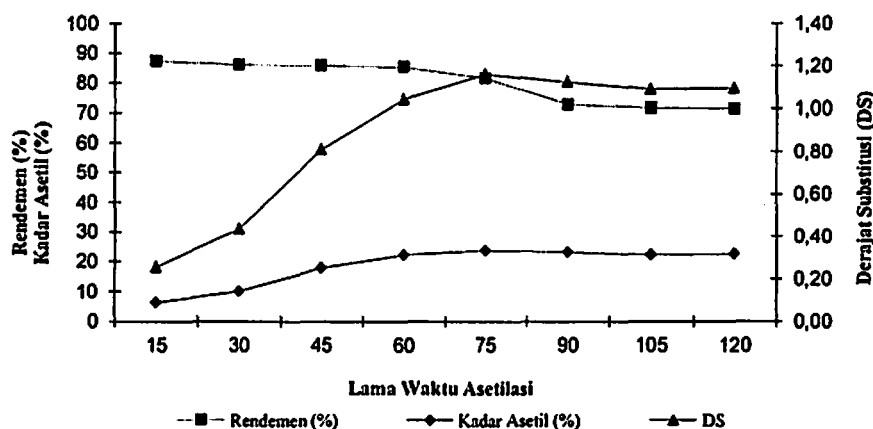


Gambar 1. Pengaruh suhu reaksi asetilasi ($^{\circ}\text{C}$) terhadap rendemen (%), kadar asetil (%) dan derajat substitusi (DS) pati sagu asetat

Selain asam perklorat, asam asetat yang berasal dari proses aktivasi (asam asetat glasial) maupun yang berasal dari produk samping reaksi asetilasi, diduga juga dapat menyebabkan terjadinya depolimerisasi rantai pati. Selain itu, semakin tinggi suhu reaksi asetilasi, kemungkinan terjadinya depolimerisasi pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil semakin besar. Semakin kecil molekul, peluang terjadinya reaksi asetilasi semakin besar. Di sisi lain, pada saat proses pencucian molekul-molekul kecil tersebut larut dalam air pencucian, sehingga mengurangi rendemen pati asetat yang dihasilkan.

Pada Gambar 1, juga disajikan grafik hubungan antara suhu reaksi asetilasi dengan kadar asetil dan DS pati asetat yang dihasilkan. Pada gambar tersebut terlihat bahwa secara keseluruhan kadar asetil dan DS pati asetat yang dihasilkan berturut-turut berkisar antara 11,38 – 21,38 % dan 0,48 – 1,02.

Berdasarkan rendemen, kadar asetil dan nilai DS pati asetat yang dihasilkan pada proses asetilasi tahap pertama, suhu reaksi 40°C digunakan dalam proses asetilasi tahap kedua. Pada tahap kedua dilakukan pengujian proses asetilasi pati sagu pada suhu 40°C dan lama waktu reaksi berbeda-beda, yaitu 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit. Hasil analisis terhadap rendemen, kadar asetil dan nilai DS pati asetat yang dihasilkan disajikan pada Gambar 2.



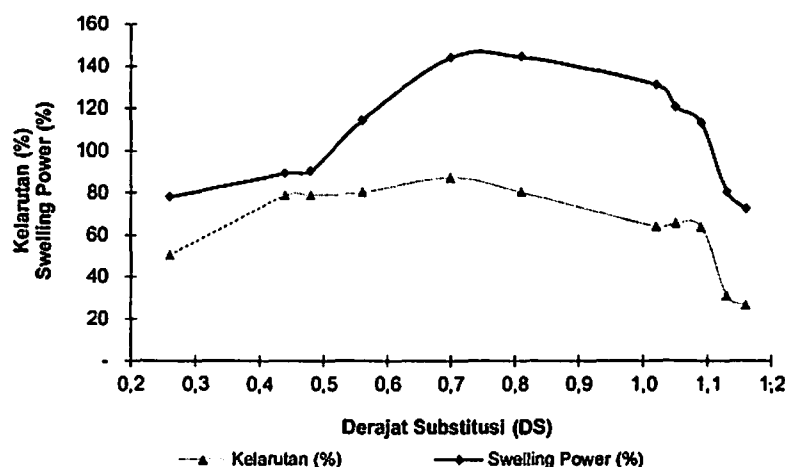
Gambar 2. Pengaruh lama waktu reaksi asetilasi (menit) terhadap rendemen (%), kadar asetil (%) dan derajat substitusi (DS) pati sagu asetat.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa rendemen pati asetat yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan meningkatnya lama waktu reaksi asetilasi. Secara keseluruhan rendemen pati asetat yang dihasilkan berkisar antara 71,46 – 87,50 %. Sama halnya dengan peningkatan suhu reaksi asetilasi, semakin lama waktu reaksi asetilasi, kemungkinan terjadinya depolimerisasi pati menjadi molekul-molekul yang lebih kecil semakin besar. Semakin kecil molekul, peluang terjadinya reaksi asetilasi juga semakin besar. Pada saat proses pencucian molekul-molekul kecil tersebut larut dalam air pencucian, sehingga mengurangi rendemen pati asetat yang dihasilkan.

Pada Gambar 2 juga terlihat bahwa peningkatan lama waktu reaksi asetilasi sampai 60 menit dapat meningkatkan kadar asetil dan nilai DS pati asetat yang dihasilkan, dimana kadar asetilnya meningkat dari 6,4 % sampai 22,33 %, dan nilai DS-nya meningkat dari 0,26 sampai 1,05. Peningkatan waktu reaksi asetilasi lebih lanjut (sampai 120 menit) menghasilkan pati asetat dengan kadar asetil dan nilai DS yang sama, dengan nilai rata-rata berturut-turut 22,62 % dan 1,10. Menurut Sun dan Sun (2002), pada suhu yang lebih tinggi dan waktu reaksi yang lebih lama, asetat anhidrida mampu membengkakan granula pati, menyebabkan daerah yang reaktif terhadap bahan kimia menjadi mudah untuk dicapai sehingga meningkatkan laju reaksi.

Pengaruh Nilai DS terhadap Sifat Fungsional Pati Asetat

Analisis lebih lanjut terhadap sifat fungsional pati asetat yang dihasilkan, menunjukkan bahwa sifat tersebut sangat ditentukan oleh kadar asetil atau nilai DS-nya. Pada Gambar 3 disajikan grafik pengaruh nilai DS terhadap kelarutan dan *swelling power* pati asetat yang menunjukkan pola unik. Peningkatan nilai DS dari 0,26 menjadi 0,44 dapat meningkatkan kelarutan pati asetat dari 50,24 menjadi 78,75 %. Peningkatan nilai DS dari 0,44 sampai 0,56 menunjukkan nilai kelarutan pati asetat yang sama, dengan nilai rata-rata 79,37 %, peningkatan nilai DS sampai 0,7 dapat meningkatkan kelarutan pati asetat menjadi 87,29 %. Peningkatan nilai DS lebih lanjut (sampai DS 1,16) ternyata menurunkan kelarutan pati asetat yang dihasilkan sampai 26,61 %.



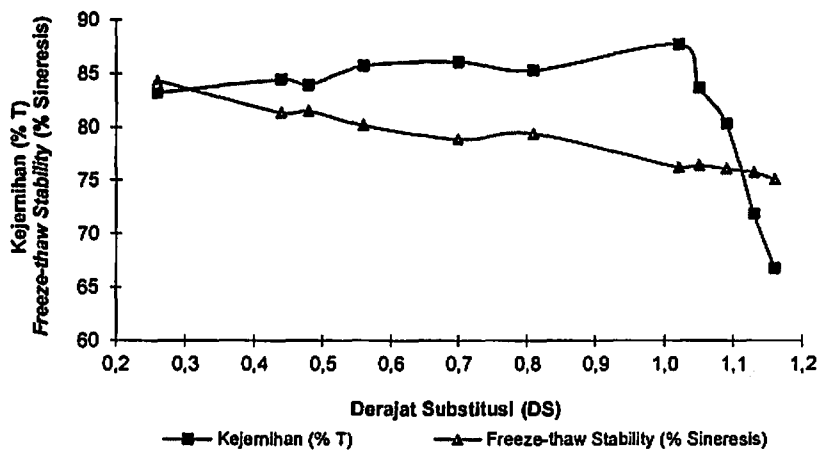
Gambar 3. Pengaruh derajat substitusi (DS) terhadap kelarutan (%) dan *swelling power* (%) pati sagu asetat

Untuk pati asetat dengan nilai DS sampai 0,48 menunjukkan nilai *swelling power* yang sama, dengan nilai rata-rata 85,85 %. Peningkatan nilai DS dari 0,48 menjadi 0,81 dapat meningkatkan nilai *swelling power* pati asetat dari 90,36 menjadi 144,46 %. Peningkatan DS lebih lanjut (sampai DS 1,16) ternyata menurunkan nilai *swelling power* pati asetat yang dihasilkan sampai 72,45 %.

Pengaruh nilai DS terhadap kelarutan dan *swelling power* pati asetat yang ditunjukkan pada Gambar 3 memperjelas bahwa pada dasarnya penambahan gugus asetil dalam pati yang dinyatakan sebagai derajat substitusi (DS) dapat merubah

sifat pati alami yang tadinya hidrofilik menjadi hidrofobik. Peningkatan nilai DS pati asetat akan mengakibatkan peningkatan sifat hidrofobiknya, sehingga mengurangi tingkat kelarutan pati asetat dalam air

Pada Gambar 4 disajikan pengaruh nilai DS terhadap sifat fungsional pati asetat, seperti kejernihan pasta 1 % (% T) dan nilai *freeze-thaw stability* (% sineresis). Peningkatan nilai DS sampai 1,02 menunjukkan kejernihan pasta pati asetat yang sama (rata-rata 85,1 % T) dan lebih jernih dibandingkan pati alaminya (76,1 %T). Peningkatan nilai DS lebih besar (1,16) dapat menurunkan kejernihannya (66,75 % T). Hal ini diduga karena penambahan gugus asetil dalam pati yang ditandai dengan meningkatnya nilai DS menyebabkan warna pati asetat *opaque* (tidak jernih).

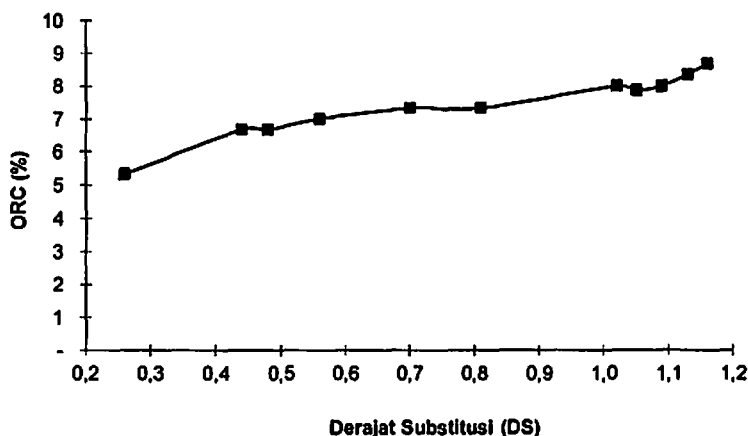


Gambar 4. Pengaruh derajat substitusi (DS) terhadap kejernihan pasta 1 % (%T) dan nilai *freeze-thaw stability* (% sineresis) pati sagu asetat

Pati asetat memiliki daya tahan yang tinggi untuk mengalami sineresis ketika pastinya didinginkan. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan gugus asetil dalam pati yang ditandai dengan meningkatnya nilai DS menyebabkan menurunnya % sineresis pati asetat, atau dengan kata lain meningkatnya nilai DS pati asetat memungkinkan kestabilan pasta pati selama pendinginan (*freeze-thaw stability*) menjadi lebih tinggi. Menurut Betancur *et al.* (1997), penambahan gugus asetil secara dratis dapat menurunkan atau menghilangkan terjadinya sineresis pada gel pati.

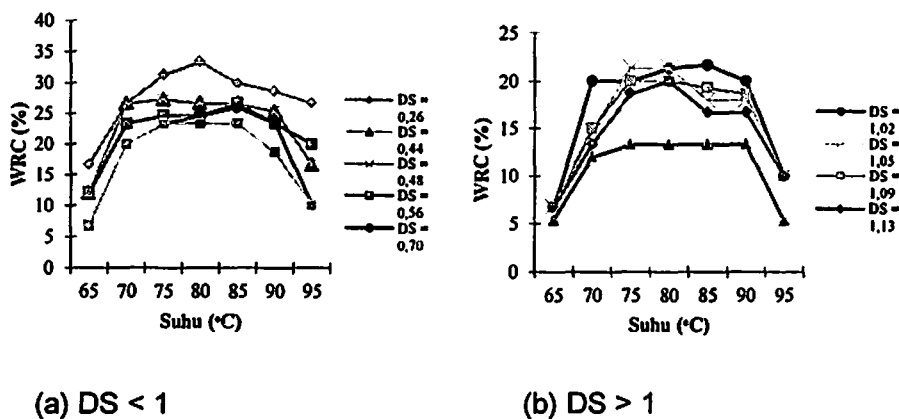
Pada Gambar 5 dapat dilihat kemampuan pati asetat menyerap minyak seiring dengan meningkatnya nilai DS. Pati asetat dengan nilai DS 1,13 dan 1,16

memiliki nilai ORC yang sama, dengan nilai ORC rata-rata 8,5. Nilai ORC tersebut lebih tinggi dibandingkan pati asetat dengan nilai DS yang lebih kecil. Peningkatan nilai DS pati asetat menyebabkan kemampuannya untuk menyerap minyak juga semakin meningkat.



Gambar 5. Pengaruh derajat substitusi (DS) terhadap nilai *oil retention capacity* (% ORC) pati sagu asetat.

Hasil analisis kemampuan pati asetat menyerap air (% WRC) disajikan pada Gambar 6. Umumnya, kemampuan pati alami menyerap air meningkat dengan meningkatnya suhu pemanasan, sedangkan kemampuan pati asetat menyerap air tergantung pada nilai DS-nya, dimana kemampuan pati asetat menyerap air pada berbagai suhu menurun dengan meningkatnya nilai DS.



Gambar 6. Grafik hubungan suhu pemanasan (°C) terhadap nilai *water retention capacity* (% WRC) pati sagu asetat pada nilai DS berbeda

Hasil penelitian ini menunjukkan sifat fungsional pati asetat dapat dikelompokkan dalam dua kelompok berdasarkan DS-nya, yaitu nilai DS kurang dari satu ($DS < 1$) dan lebih dari satu ($DS > 1$). Nilai DS kurang dari satu menunjukkan sifat fungsional, seperti kelarutan dan *swelling power*, kejernihan dan WRC relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pati asetat yang nilai DS-nya lebih dari satu. Sebaliknya, pati asetat yang nilai DS-nya lebih dari satu menunjukkan sifat fungsional, seperti *freeze-thaw stability* dan ORC relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pati asetat yang nilai DS-nya kurang dari satu.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, kondisi proses asetilasi pati sagu sangat menentukan kadar asetil dan DS pati sagu asetat yang dihasilkan. Untuk mendapatkan pati asetat dengan nilai DS *intermediate* (0,5 - 1,8), kondisi proses asetilasi yang digunakan adalah pada suhu dan lama waktu reaksi asetilasi berturut-turut 40°C dan 75 menit. Pati asetat yang dihasilkan memiliki derajat substitusi (DS) 1,16.

Proses asetilasi amilosa pati sagu dilakukan pada kondisi proses asetilasi pati sagu terpilih, yaitu pada suhu 40°C dan 75 menit. Pada kondisi proses asetilasi yang sama, rendemen amilosa asetat yang dihasilkan (67,82 %) relatif lebih rendah dibandingkan dengan pati asetat (81,67 %). Rendahnya rendemen amilosa asetat diduga disebabkan terjadinya depolimerisasi rantai amilosa menjadi molekul-molekul yang lebih kecil semakin besar dibandingkan dengan depolimerisasi rantai pati sagu alami. Pada saat proses pencucian molekul-molekul kecil tersebut larut dalam air pencucian, sehingga mengurangi rendemen amilosa asetat yang dihasilkan.

Pada kondisi proses asetilasi yang sama, nilai DS amilosa asetat (0,60) lebih kecil dibandingkan nilai DS pati sagu asetat (1,16). Hal ini diduga karena amilosa murni (hasil fraksinasi) dalam bentuk larutan memiliki kemampuan membentuk heliks (spiral) lebih kuat dibandingkan kemampuannya membentuk ikatan dengan gugus asetil.

Karakteristik Pati Sagu dan Modifikasinya

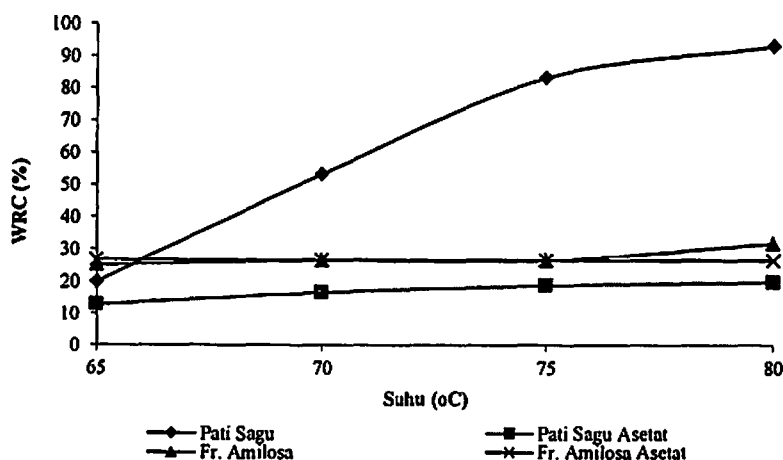
Perubahan struktur kimia molekul pati setelah melalui proses modifikasi kimiawi, menyebabkan perubahan sifat fisiko-kimia dan fungsionalnya. Hasil analisa sifat fisiko-kimia dan fungsional pati sagu dan modifikasinya disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar air pati asetat atau amilosa asetat lebih rendah dibandingkan pati alami dan amilosanya. Jika dikaitkan dengan hasil analisis nilai *water retention capacity*-nya (Gambar 7), pati alami menunjukkan kemampuan menyerap air relatif lebih besar dan berbanding lurus dengan peningkatan suhu pengamatan dibandingkan dengan pati asetat, amilosa dan amilosa asetatnya. Pati asetat dan amilosa menunjukkan nilai WRC yang meningkat pada berbagai suhu pengamatan, meskipun dengan nilai kemiringan (*slope*) yang kecil, sedangkan untuk amilosa asetat menunjukkan kecenderungan nilai WRC yang relatif sama (*stabil*) pada suhu pengamatan. Ini menunjukkan bahwa adanya gugus asetil dalam pati asetat atau amilosa asetat mengurangi kemampuannya menyerap air.

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

Sifat Fungsional	Fisiko-kimia & Pati Sagu	Pati Asetat	Amilosa	Amilosa Asetat
Kadar air (%)	14,08	9,63	12,60	9,97
Warna bubuk : Nilai L	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 (%)	25,84	26,61	23,37	9,90
<i>Swelling power</i> pada 70°C (%)	44,20	72,45	38,72	46,97
Kejernihan pasta 1 % (% T)	76,10	66,75	65,80	61,30
<i>Freeze-thaw stability</i> (% sineresis)	81,67	75,00	91,67	66,67
<i>Oil Retention Capacity</i> (%)	6,50	8,67	7,67	16,33

* Data rata-rata dua kali ulangan



Gambar 7. Grafik hubungan suhu pemanasan ($^{\circ}\text{C}$) terhadap nilai *water retention capacity* (% WRC) pati sagu dan modifikasinya

Hasil analisis sifat fungsional pati asetat dan amilosa asetat menunjukkan kecenderungan yang sama, dimana nilai *oil retention capacity* (ORC) menunjukkan peningkatan dibandingkan pati alami dan amilosanya atau dengan kata lain masuknya gugus asetil dalam pati dan amilosanya dapat meningkatkan kemampuannya menyerap minyak. Menurut Zhang *et al.* (1977), masuknya gugus asetil dalam molekul pati dapat meningkatkan sifat hidrofobiknya, sehingga dapat meningkatkan kemungkinan menjadi polimer hidrofobik

Aplikasi Pati Sagu dan Modifikasinya sebagai Bahan Campuran Plastik Sintetik

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa proses pencampuran PP dengan amilosa hasil fraksinasi membutuhkan energi *torque* (L dan M), yaitu 47,75 dan 12,00 Nm, lebih besar dibandingkan proses pencampuran PP dengan pati alaminya (40,45 dan 6,36 Nm). Hal ini diduga karena amilosa hasil fraksinasi memiliki gugus $-\text{OH}$ yang terbuka lebih banyak dibandingkan gugus $-\text{OH}$ pada pati alaminya. Menurut Hart (1983), gugus fungsi $-\text{OH}$ memiliki ikatan hidrogen yang mempunyai sifat sangat polar karena tingginya keelektronegatifan atom oksigen. Oleh karena itu dibutuhkan kalor yang tinggi untuk menguapkan setiap molekul dan untuk menguraikan ikatan hidrogen tersebut.

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

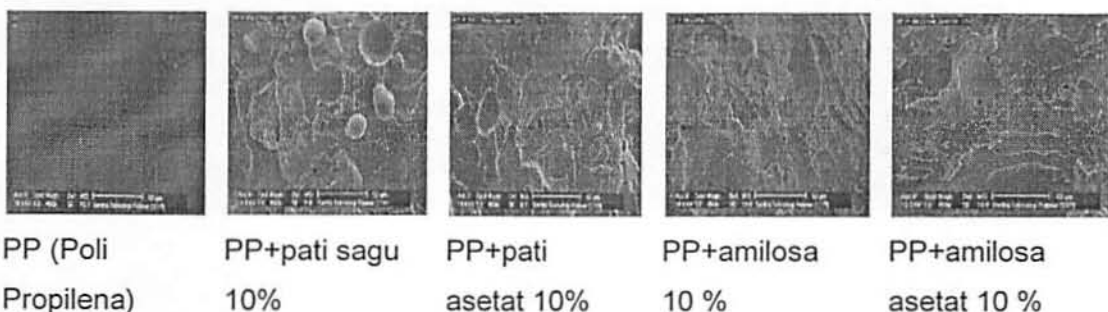
Perlakuan	Energi <i>Torque</i> (Nm)	
	<i>Loading Point</i> (L)	<i>Minimum Point</i> (M)
PP + Pati sagu	40,45	6,36
PP + Pati asetat	39,17	3,75
PP + Amilosa	47,75	12,00
PP + Amilosa asetat	41,81	3,63

Pada proses asetilasi pati atau amilosanya, gugus –OH digantikan oleh gugus asetil, namun tidak semua gugus –OH digantikan oleh gugus asetil. Berkurangnya gugus –OH pada pati asetat dan amilosa asetat menyebabkan energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampuran PP dengan pati asetat (39,17 dan 3,75 Nm) atau amilosa asetat (41,81 dan 3,63 Nm) relatif lebih rendah dibandingkan campuran PP dengan pati alami (40,45 dan 6,36 Nm) atau amilosanya (47,75 dan 12,00 Nm).

Berdasarkan uraian tersebut di atas, terlihat bahwa campuran PP dengan amilosa hasil fraksinasi membutuhkan energi *torque* (nilai L dan M) lebih besar dibandingkan campuran PP dengan pati alaminya, sedangkan campuran PP dengan pati asetat atau amilosa asetat relatif membutuhkan energi *torque* lebih kecil dibandingkan campuran PP dengan pati alami atau amilosanya. Semakin kecil energi *torque* yang dibutuhkan menunjukkan proses pencampurannya lebih mudah atau dengan kata lain perbedaan sifat bahan yang dicampur relatif kecil, sehingga sifat mekanik campurannya relatif lebih baik.

Morfologi Permukaan

Pengujian morfologi permukaan campuran PP dengan pati sagu dan modifikasinya dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electrone Microscope* (SEM) pada perbesaran 450x. Hasil pengujian morfologi permukaan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. SEM campuran PP dengan pati sagu dan modifikasinya (perbesaran 450x)

Morfologi permukaan PP murni menunjukkan morfologi yang sangat homogen. Penambahan pati sagu dan modifikasinya dalam matriks PP menunjukkan perubahan morfologi permukaannya. Morfologi permukaan campuran PP dengan pati alami menunjukkan adanya granula pati yang masih utuh dan terperangkap dalam matriks PP. Ukuran granula pati yang lebih besar dibandingkan partikel PP menyebabkan campuran tersebut tidak homogen. Selama proses pencampuran, perbedaan ukuran granula pati alami dan partikel PP menyebabkan tumbukan antar keduanya, sehingga energi *torque* yang dibutuhkan berfluktuasi.

Proses modifikasi pati menyebabkan perubahan bentuk dan struktur granulanya, dimana bentuknya tidak beraturan dan strukturnya menjadi bersifat amorf (sifat *birefringent*-nya hilang). Perubahan inilah yang menyebabkan hasil analisis morfologi permukaan campuran PP dengan pati modifikasi menunjukkan sifat yang lebih homogen dibandingkan campuran PP dengan pati alaminya.

Secara umum, hasil analisis morfologi permukaan campuran PP dengan pati sagu dan modifikasinya terlihat bersifat porous. Hal ini diduga disebabkan tidak adanya penambahan bahan aditif dalam campuran tersebut, seperti *plasticizer*, sehingga campuran tersebut tidak homogen.

Sifat Mekanik

Analisis sifat mekanik bahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kekuatan tarik. Pengujian kekuatan tarik akan menghasilkan kurva tegangan-regangan (*stress-strain*). Hasil analisa uji kekuatan tarik disajikan pada Tabel 4, yang

meliputi nilai *tensile strength* (kekuatan tarik), *E-modulus* (elastisitas), *elongation at break* (perpanjangan putus), dan *toughness*.

Tabel 4. Hasil pengujian kekuatan tarik campuran PP dengan pati sagu dan modifikasinya*

Perlakuan	Parameter			
	Kekuatan Tarik (MPa)	Elastisitas (MPa)	Perpanjangan Putus(%)	<i>Toughness</i> (MPa)
PP + Pati Sagu	26,3 (0,6)	921 (21)	11,6 (0,4)	232
PP + Pati Asetat	27,2 (0,4)	888 (73)	29,6 (2,0)	720
PP + Amilosa	21,3 (1,1)	907 (28)	7,6 (0,5)	124
PP + Amilosa Asetat	27,5 (0,3)	928 (16)	15,0 (1,3)	360

* Data rata-rata tiga kali pengukuran

Tensile strength (kekuatan tarik) menunjukkan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan, sebelum bahan tersebut putus atau patah. Nilai kekuatan tarik campuran PP dengan pati asetat (27,2 MPa) atau dengan amilosa asetat (27,5 MPa) relatif sama, dan nilai tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan campuran PP dengan pati alami dan amilosanya. Hal ini menunjukkan adanya muatan gugus asetil dalam pati dan amilosa dapat meningkatkan sifat kesesuaiannya dengan PP.

E-modulus (elastisitas) menunjukkan perbandingan antara tegangan dan regangan atau disebut laju tegangan. *E-modulus* juga mengindikasikan sifat elastis bahan, artinya bahan yang mengalami regangan dapat kembali ke kondisi semula bila tidak ada gaya yang diberikan (Surdia dan Saito, 1995). Pada Tabel 4 terlihat bahwa campuran PP dengan amilosa asetat menunjukkan nilai elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan campuran PP dengan amilosa asetat memiliki sifat lebih elastis dibandingkan perlakuan lainnya.

Strain at break (perpanjangan putus) menunjukkan regangan maksimum sebelum bahan tersebut putus atau patah. *Strain at break* juga mengindikasikan sifat bahan plastis (Rosa *et al.*, 2004). Pada Tabel 4 dapat dilihat campuran PP dengan

pati asetat menunjukkan nilai perpanjangan putus yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan campuran PP dengan pati asetat bersifat lebih plastis dibandingkan perlakuan lainnya. Masuknya gugus asetil dalam pati diduga dapat meningkatkan sifat plastis bahan. *Toughness* menunjukkan absorpsi energi oleh bahan sebelum bahan tersebut putus (patah), yang biasanya diekspresikan sebagai *energy absorbed* dalam pengujian benturan (*impact test*). Luas daerah dibawah kurva tegangan-regangan juga menentukan kekerasan bahan (*toughness*). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa campuran PP dengan pati asetat memiliki nilai *toughness* yang relatif lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Ini menunjukkan bahwa campuran PP dengan pati asetat memiliki sifat lebih keras dan dapat mengabsorpsi energi lebih besar sebelum bahan tersebut putus (patah) dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

KESIMPULAN

Pada proses asetilasi, peningkatan suhu reaksi asetilasi sampai 40°C menghasilkan rendemen pati sagu asetat yang sama, dengan nilai rata-rata 84,76 %. Peningkatan suhu lebih lanjut menghasilkan rendemen pati asetat yang lebih rendah, yaitu 78,59 %. Peningkatan lama waktu reaksi asetilasi cenderung menurunkan rendemen pati asetat, tetapi meningkatkan kadar asetil dan nilai DS-nya. Untuk mendapatkan pati asetat dengan nilai DS *intermediate* (0,5 – 1,8), kondisi proses asetilasi yang digunakan adalah pada suhu 40°C dan lama waktu reaksi asetilasi 75 menit.

Proses asetilasi pati alami dapat meningkatkan sifat fungsionalnya, seperti nilai *freeze-thaw stability* (dari 83,33 menjadi 75 % sineresis) dan *oil retention capacity* (dari 6,67 menjadi 8,87 %). Demikian juga dengan proses asetilasi amilosanya, dimana nilai *freeze-thaw stability* meningkat dari 83,33 menjadi 66,67 % sineresis, dan *oil retention capacity* meningkat dari 6,67 menjadi 16,33 %.

Energi *torque* yang dibutuhkan selama proses pencampuran PP dengan pati alami, pati asetat atau amilosa asetat lebih kecil dibandingkan campuran PP dengan amilosa atau dengan kata lain proses pencampurannya lebih mudah. Hasil analisis sifat mekanik (kekuatan tarik, perpanjangan putus dan nilai *toughness*) campuran PP

dengan pati alami, pati asetat atau amilosa asetat juga lebih baik dibandingkan campuran PP dengan amilosa.

Campuran PP dengan amilosa asetat menunjukkan nilai elastisitas lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Campuran PP dengan pati asetat menunjukkan nilai perpanjangan putus dan *toughness* lebih tinggi, yang berarti bahan tersebut lebih bersifat plastis, kuat dan dapat mengabsorpsi energi lebih besar sebelum bahan tersebut putus (patah) dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansharullah. 1997. *Characteristic and Extruction of Metroxylon Sago Starch*. Ph.D. Thesis. University of Western, Sidney.
- AOAC. 1994. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. AOAC, Int., Virginia, USA.
- AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. AOAC, Int., Virginia, USA.
- ASTM D 638 – 08. 2008. *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, USA.
- Arbakariya, A., B.A. Asbi dan R. Norjehan. 1990. *Rheological Behaviour of Sago Starch during Liquefaction and Saccharification*. *Food Eng.* 10 : 610 – 613.
- Azudin, M.N. dan N. Noor. 1992. *Effect of Processing Technology on The Quality of Sago Starch*. *ASEAN J. Sci. Technol. Develop.* 9 (1) : 127 – 132.
- Betancur, A. D., G. L. Chel, dan H.E. Cañizares. 1997. *Acetylation and Characterization of *Canavalia ensiformis* Starch*. *J. Agri. Food. Chem.* 45 : 378 – 382.
- Hart, H. 1983. *Organic Chemistry, a Short Course Sixth Edition*. Houghton Mifflin Co. *Terjemahan*. Achmadi, S. 1990. *Kimia Organik, Suatu Kuliah Singkat*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Jarowenko, W. 1989. *Acetylated Starch and Miscellaneous Organic Esters*. *Di dalam*. Wurzburg, O.B (ed). *Modified Starches : Properties and Uses*. CRC Press, Inc, Boca Rotan, Florida.
- Khalil, M. I., A. Hashem dan A. Hebeish. 1995. *Preparation and Characterization of Starch Acetate*. *Starch* 47 (10) : 394 – 398.

- Krochta, J. M., E. A. Baldwin dan M. O. Nisperos-Carriedo. 1994. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Pub. Co. Inc., Lancaster-Basel.
- Matanubun, H. dan L. Maturbongs. 2005. Sago Palm Potential, Biodiversity and Sociocultural Considerations for Industrial Sago Development in Papua, Indonesia. *Di dalam*. Karafir Y.P., F.S. Jong dan V.E. Fere (ed). Sago Palm Development and Utilization. Proceeding of the Eight International Sago Symposium : 41 – 54.
- Nisperos-Carriedo, M. O. 1994. Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides. *Di dalam*. Krochta, J. M., E. A. Baldwin dan M. O. Nisperos-Carriedo (eds). Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Technomic Pub. Co. Inc., Lancaster-Basel.
- Oates, C. dan A. Hicks. 2002. Sago Starch Production in Asia and the Pasific – Problems and Prospects. *Di dalam*. Kainuma K., M. Okazaki, Y. Toyoda dan J. E. Cecil (eds). New Frontiers of Sago Palm Studies. Frontiers Science Series 37. Universal Academy Press, Inc., Tokyo, Japan.
- Ogawa, K., K. Hirai, C. Shimasaki, T. Yoshimura dan S. Ono. 1999. Simple Determination Method of Degree of Substitution for Starch Acetate. Bull. Chem. Soc. Jpn. 72 : 2785 – 2790.
- Perez, L.A.B., E.A. Acevedo, L.S. Hernandez dan O.P. Lopez. 1999. Isolation and Partial Characterization of Banana Starches. J. Agric. Food Chem. 47 : 854 – 857.
- Rosa, D. S., C. G. F. Guedes, dan A. G. Pedroso. 2004. Gelatinized and Nongelatini-zed Corn Starch/Poly (ϵ -Caprolactone) Blends : Characterization by Rheologi-cal, Mechanical and Morphological Properties. J. Polimeros 14 (3) : 1 – 13.
- Sapri. 2005. Pengaruh Suhu dan Waktu Asetilasi Pati Sagu (*Metroxylon* sp.) dengan Katalis Asam Perklorat terhadap Karakteristik Produknya. Skripsi. Fateta – IPB., Bogor.
- Singh, N., J. Singh., L. Kaur, N.S. Sodhi dan B.S. Gill. 2003. Morphological, Thermal dan Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources. Food Chem. 81 : 219 – 231.

- SIRIM. 1992. Malaysian Standard. MS 470 : Specification for Edible Sago Starch (1st Revision) Standards & Industrial Research Institute of Malaysia.
- SNI. 1995. Standar Nasional Indonesia 01-3729 : Pati Sagu. Departemen Perindustrian, Jakarta.
- Sun, R.C. dan X.F. Sun. 2002. Structural and Thermal Characterization of Acetylated Rice, Wheat, Rye and Barley Straws and Poplar Wood Fibre. *Industrial Crops and Products*. 160 : 225 – 235.
- Surdia, T. dan S. Saito. 1985. Pengetahuan Bahan Teknik. PT. Dainippon Gitakarya Printing, Jakarta.
- Swinkels, J. J. M. 1985. Sources of Starch, its Chemistry and Physics. *Di dalam*. Van Beynum, G. M. A. dan J. A. Roels. *Starch Conversion Technology*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Wattanachant, S., S.KS.Muhammad, D.M. Hashim dan R.A. Rahman. 2002. Suitability of Sago Starch as a Base for Dual-Modification. *Songklanakarini J. Sci. Technol.* 24 (3) : 431 – 438.
- Zhang, L. L., X. M. Deng, S. J. Zhao, dan Z. T. Huang. 1977. Biodegradable Polymer Blends of Poly (3-hydroxybutyrate) and Starch Acetate. *Polym. Int.* 44 : 104 – 110.
- Zhou, M., K. Robards, M. Glennie-Holmes dan S. Helliwell. 1998. Structure and Pasting Properties of Oat Starch. *Cereal Chem.* 75 : 276 – 281.