

Modifikasi Pati Ketela Pohon Secara Kimia dengan Oleoresin dari Minyak Jahe

Diah Susetyo Retnowati*, Andre Cahyo Kumoro, Sri Budiayati
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto SH. Tembalang
Semarang

Abstract

Recently, starch modifications have been developed and are applied for food, paper and textile industries. In general, chemical modification has been done to improve starch functionality, especially for bread, cake and snack making. In the present work, suspension method was used to modify cassava starch by gingerol of crude ginger rhizome extract at room temperature. The effect of starch/water/gingerol (w/v/v) ratio on swelling power, water solubility, and cross-link density of the modified starch was investigated. In addition, scanning electron microscopy (SEM) analysis were also conducted to observe possible structural changes of the resulting starch. The experimental results showed that reactant composition that had a starch/water/gingerol (w/v/v) ratio of 300:400:0.4 produced modified starch suitable for edible coating with swelling power of 7.3 times, solubility of 6.662 mg/mL and cross-link density of 780.69 chains/cm³. Meanwhile, reactant having starch/water/gingerol (w/v/v) ratio of 300:300:0.3 produced modified starch that could be used for food with swelling power, solubility and cross-linking density of 8.96, 10.55 mg/mL and 203.85 chains/cm², respectively. The cross-link densities achieved in this modification process were high and reproducible that indicated a strong interaction between starch and gingerol molecules in water as dispersant. However, there were no noticeable changes found from the micrograph of the SEM analysis on the external surface of the cassava starch.

Keywords: suspension method, cassava starch, gingerol, swelling power, cross-link

Abstrak

Modifikasi pati akhir-akhir ini banyak dikembangkan dan dipakai untuk keperluan industri makanan, kertas dan tekstil. Modifikasi pati, khususnya secara kimia dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat fungsional pati, terutama jika untuk keperluan bahan dasar makanan. Modifikasi pati ketela pohon dilakukan dengan mereaksikan suspensi pati dengan minyak jahe yang mengandung zat aktif gingerol pada suhu kamar. Hasil percobaan modifikasi menunjukkan bahwa meningkatnya perbandingan antara pati/air/minyak jahe (b/v/v), menghasilkan pati termodifikasi dengan *swelling power*, kelarutan dan kerapatan *cross-link* yang lebih tinggi. Pada komposisi pati terhadap air dan minyak jahe, 300:400:0,4 (b/v/v) menghasilkan pati termodifikasi yang cocok digunakan sebagai bahan pengemas makanan yang dapat dimakan (*edible food packaging*) dengan nilai *swelling power*, kelarutan dan kerapatan *cross-link* adalah 7,3 kali; 6,662 mg/mL dan 780,69 rantai/cm³. Sedangkan komposisi pati:air:miyak jahe sebesar 300:300:0,3 (b/v/v) merupakan komposisi terbaik untuk menghasilkan pati termodifikasi sebagai bahan pangan dengan nilai *swelling power*, kelarutan dan kerapatan *cross-link* berturut-turut adalah 8,96 kali; 10,55 mg/mL, 203,85 rantai/cm³. Hasil analisis dengan *scanning electron microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa modifikasi pati ketela pohon dengan teknik *cross-linking* ternyata tidak mengubah struktur permukaan butir pati.

Kata kunci: reaksi suspensi, pati ketela pohon, gingerol, *swelling power*, *cross-link*

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil ketela pohon terbesar di dunia, dan ketela pohon mempunyai nilai fisiologis dan ekonomis sebagai sumber karbohidrat. Pati ketela pohon mempunyai keunggulan pada kejernihan pasta/gel, suhu gelatinisasi dan kecenderungan sineresis (keluarnya cairan dari gel) yang rendah (Sedas dan Kubiak, 1994). Namun, pati

ketela pohon juga mempunyai sifat-sifat yang kurang diminati seperti: kisaran kekentalan yang rendah, tekstur yang kurang menarik dan kurangnya stabilitas (Mali dan Grossmann, 2001). Untuk memperbaiki sifat-sifat fungsionalnya, maka pati ketela pohon perlu dimodifikasi. Pati termodifikasi banyak dipakai untuk keperluan industri, diantaranya adalah sebagai pengikat, pengisi, pengental, stabilisator emulsi dan perekat (Guilbot dan Mercier, 1985; Ogura, 2004). Ada empat cara modifikasi pati yang biasa dilakukan, yaitu: fisika, kimia, *enzym*

* Alamat korespondensi: email: diahsusetyo@gmail.com

dan biologi (BeMiller dan Lafayette, 1977; Yiu dkk., 2008). Namun, dengan pertimbangan keragaman sifat fungsional produk yang diperoleh, maka cara modifikasi yang paling banyak dilakukan adalah cara kimia (John dan Raja, 1999).

Akhir-akhir ini, isu lingkungan begitu sensitif sehingga usaha-usaha untuk menggantikan bahan kimia sintetik dengan bahan alam banyak dilakukan, khususnya untuk bahan pangan. Komponen aktif yang terdapat pada bahan alami dapat dijadikan salah satu alternatif pengganti bahan kimia untuk memodifikasi pati. Salah satu contohnya adalah oleoresin dalam minyak jahe yang banyak mengandung gingerol dan shogaol (Shadmani dkk., 2004). Yonei dkk. (1995) menyatakan bahwa [6]-, [8]-, [10]-gingerol, dan [6]-shogaol adalah komponen yang menyebabkan rasa pedas pada minyak jahe. Kandungan gugus asetil dalam gingerol mempunyai potensi untuk bereaksi dengan molekul pati, sehingga dapat memperbaiki struktur dan sifat-sifat pati. Masuknya gugus asetil dalam pati diharapkan dapat memperbaiki daya bengkak (*swelling power*) (Rutenberg dan Solarek, 1984) dan kelarutan pati dalam air (Azis dkk., 2004). Tujuan dari penelitian ini adalah memodifikasi pati tapioka secara kimia dengan minyak jahe dengan air sebagai dispersan, serta menentukan *swelling power*, kelarutannya dalam air dan derajat *cross-link* dari pati yang termodifikasi.

Pelaksanaan Penelitian

Bahan

Pati ketela pohon yang digunakan dalam penelitian ini dibeli dari pasar tradisional yang berdekatan dengan kampus Universitas Diponegoro, dengan nilai *swelling power* 8,70, kelarutan 8,10 mgr/mL, kandungan lemak 0,06%, protein 0,34%, abu 0,50%, air 16% dan karbohidrat 83,6%. Komposisi kimia pati ketela pohon ini mirip dengan yang dilaporkan oleh Agboola dkk (1990) dan Siroth dkk (2000). Minyak jahe diperoleh dari industri rumah tangga dari daerah Yogyakarta. Air suling diambil dari hasil Unit Reverse Osmosis yang tersedia di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Alat

Alat utama yang digunakan adalah reaktor yang berupa gelas beaker yang dilengkapi dengan pengaduk mekanik. Kromatografi gas spektrometri massa (GS-MS) untuk menganalisis

komposisi kimia minyak jahe, sedangkan mikroskop elektron penerawang/*scanning electron microscopy* (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi pati.

Cara kerja

Minyak jahe dengan volum tertentu dicampur dan diaduk dengan air suling dalam gelas beaker yang isinya 500 mL dan dilengkapi dengan pengaduk mekanik untuk membentuk emulsi. Kemudian sejumlah pati dimasukkan ke dalam emulsi minyak jahe dalam air, dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 30 menit pada suhu kamar. Pati termodifikasi yang diperoleh kemudian dicuci dengan air suling dan disaring dengan penyaring hampa. Selanjutnya, pati termodifikasi dikeringkan dalam oven dan dihaluskan. Pati termodifikasi yang sudah kering dan halus kemudian dianalisis nilai *swelling power*, kelarutan dalam air dan derajat *cross-link*nya. Analisis dengan SEM juga dilakukan untuk mengetahui perubahan pada struktur pati.

Analisis pati

Pati asli dan termodifikasi dianalisis kadar air, kadar abu, lemak, protein dan karbohidratnya menurut cara AOAC (1980). Sementara itu, sifat fungsional pati yang meliputi *swelling power*, kelarutan dalam air dan derajat *cross-link* atau kerapatan *cross-link* ditentukan dengan cara-cara berikut ini.

Menentukan *swelling power*

Karakteristik pembengkakan pati dianalisis dengan metode yang dilakukan oleh Leach dkk (1959) dengan sedikit modifikasi. Sampel sebanyak 0,1 gram dimasukkan ke dalam tabung gelas, kemudian ditambahkan 10 mL aquadest dan dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit sambil diaduk. Selanjutnya, campuran dipusingkan dengan alat pemusing pada 1000 × g selama 15 menit untuk memisahkan antara padatan dengan cairannya. Pasta pati yang diperoleh ditimbang beratnya dan *swelling power* dihitung dengan persamaan:

$$\text{Swelling power} = \frac{\text{Berat pasta pati}}{\text{Berat sampel pati kering}} \quad (1)$$

Menentukan indeks kelarutan

Indeks kelarutan, diukur dengan mencampur 1 gram pati dengan 20 mL air suling dalam tabung gelas. Campuran dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit, karena pada suhu kamar tidak ada pati yang terlarut. Selanjutnya dilakukan

proses pemusingan pada kecepatan $1200 \times g$ selama 20 menit. Sepuluh milliliter fraksi atas larutannya dikeringkan sampai berat tetap dan dinyatakan sebagai persen berat pati yang terlarut (Kainuma dkk, 1967).

Menentukan derajat *cross-link*

Derajat *cross-link* atau kerapatan *cross-link* ditentukan dengan menggunakan cara *swelling* (Mark, 1982), seperti yang dilakukan pada karet, dengan sedikit modifikasi. Kerapatan *cross-link* dihitung dengan persamaan Flory-Rehner. Persamaan ini menghubungkan sifat-sifat *swelling* dengan parameter interaksi polymer-pelarut (χ), faktor Huggins, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$-\ln(1 - V_r) - V_r - \chi V_r^2 = 2V_s \eta_{\text{swell}} \left(V_r^{1/3} - \frac{2V_r}{f} \right) \quad (2)$$

dengan

- V_r : fraksi volume pati dalam kondisi bengkak (swollen)
- V_s : molar volume pelarut (air), cm^3/mol
- X : parameter interaksi pati-air
- η_{swell} : jumlah rantai jejaring efektif/ cm^3 pati (*cross-link* density)
- f : jumlah kemungkinan terbentuknya *cross-link* pada gugus fungsional

Menentukan morfologi pati

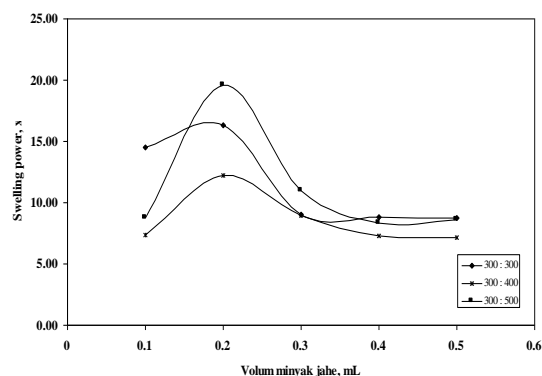
Morfologi pati ditentukan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM), yaitu JEOLJSM – 64691.V.SEM. Partikel dilapis dengan emas untuk memperbaiki konduktivitas sebelum proses *scanning* dilakukan (Srisuwan dkk, 2009).

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada berbagai komposisi pati/air (b/v), bertambahnya volume minyak jahe (gingerol) yang ditambahkan akan menaikkan *swelling power* sampai nilai tertentu, yaitu 0,2 mL. Naiknya *swelling power* disebabkan karena semakin besarnya hidrofilitas pati, karena berinteraksi dengan air. Monomer yang terdapat dalam minyak jahe menyebabkan matriks polimer mempunyai gugus fungsional yang bersifat hidrofilik pada tulang punggungnya, yaitu: -OH-, >C=O dan -O-, yang mana gugus fungsional ini cenderung menyerap air (da Silva, dkk., 2008) dan mengakibatkan terjadi pembengkakan. Namun, jika volume minyak yang ditambahkan dinaikkan, menyebabkan nilai

swelling power menurun setelah mencapai maksimum.

Hal ini disebabkan terjadinya proses *cross-link* antara gugus fungsional yang terdapat dalam minyak jahe dengan pati. Makin kecil perbandingan pati terhadap air, makin kecil juga nilai *swelling power*-nya, karena konsentrasi minyak jahe dalam larutan pati mengecil dan kesempatan untuk berinteraksi dengan minyak jahe menjadi berkurang. Akan tetapi nilai *swelling power* tetap lebih tinggi (rata-rata 9,9 kali) dibandingkan dengan pati asli yaitu 8,7 kali. Pada penyerapan air yang cukup tinggi, rantai polimer akan mengalami relaksasi dan mengakibatkan terjadi pembengkakan. Mula-mula, adanya air akan melunakkan jaringan polimer dan mengurangi gaya friksi antar rantai polimer. Setelah proses relaksasi, monomer yang tidak bereaksi terjebak di dalam jaringan polimer, yang kemudian akan dilepaskan ke sekeliling dengan kecepatan yang dikontrol oleh proses pembengkakan polimer dan kapasitas relaksasi (da Silva, dkk., 2008). Derajat pembengkakan pada polimer yang sudah mengalami *cross-link* tergantung pada struktur butir pati, suhu, komposisi kimia pati dan pH, yang masing-masing mempunyai kontribusi yang sulit untuk dibedakan antara satu dengan lainnya. Pembengkakan meningkat seiring dengan meningkatnya porositas, sedangkan pengaruh pelarut meningkat sebagai reaksi atas naiknya pengaruh interaksi antara molekul polimer dengan pelarut dan fraksi volum polimer dalam larutan polimer (Ramaraj, 2007).

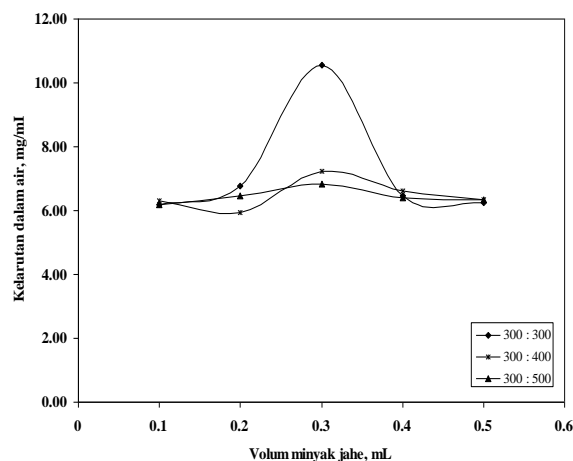


Gambar 1. Pengaruh komposisi pati, air, minyak jahe terhadap *swelling power* pati termodifikasi

Sedangkan Gambar 2 menunjukkan nilai kelarutan pati ketela pohon yang termodifikasi dalam air (rata-rata 6,68 mg/mL), atau hampir dua kali lipat dari kelarutan pati asli (3,1 mg/mL) (Kainuma dkk, 1967). Perbedaan ini penting, mengingat adanya perbedaan ini menunjukkan

ketahanan pati terhadap air yang sangat diperlukan dalam pemanfaatan pati ketela pohon sebagai bahan baku pada pembuatan plastik yang dapat diuraikan secara biologi (*biodegradable plastic*).

Kelarutan pati ketela pohon termodifikasi yang tinggi juga menunjukkan kemudahannya untuk dicerna dalam sistem pencernaan tubuh manusia, dan keragaman pemanfaatannya sebagai bahan pangan. Pada komposisi pati/air (300:300 (b/v)), kenaikan penambahan jumlah minyak jahe, sampai 0,3 mL, juga meningkatkan kelarutan pati dalam air sampai suatu nilai maksimum (10,55 mg/mL). Namun, jika penambahan minyak jahe dilanjutkan, maka kelarutan pati termodifikasi yang diperoleh justru menurun. Sementara itu, kenaikan jumlah minyak jahe yang ditambahkan ke dalam suspensi pati-air pada komposisi 300:400 (b/v) dan 300:500 (b/v) tidak mengakibatkan perubahan kelarutan dalam air yang berarti.

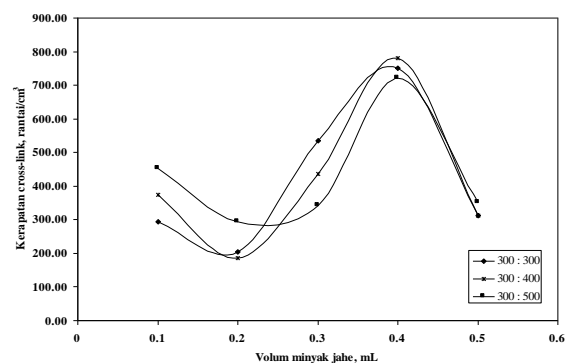


Gambar 2. Pengaruh komposisi pati, air, minyak jahe terhadap kelarutan pati termodifikasi

Bertambahnya jumlah molekul gingerol dalam minyak jahe yang ditambahkan ke dalam suspensi pati-air yang cukup pekat menyebabkan meningkatnya intensitas molekul-molekul gingerol untuk mendegradasi kristal pati dan memudahkan molekul air untuk masuk ke dalam bagian internal butir pati. Oleh karena itu, pati termodifikasi yang diperoleh menjadi lebih mudah larut di dalam air. Namun, karena jumlah bagian pati yang bisa terdegradasi sangat terbatas, maka penambahan minyak jahe yang berlebihan tidak akan melanjutkan proses degradasi butir pati. Semua pati yang termodifikasi menunjukkan kelarutan dalam air yang lebih rendah dibandingkan dengan pati asalnya. Nilai kelarutannya dalam air juga berkurang dengan bertambahnya minyak jahe

yang ditunjukkan dengan bertambahnya kepadatan *cross-link* seperti tersaji pada Gambar 3. Teori ini sesuai dengan data yang diperoleh pada penelitian ini, dengan penambahan minyak jahe yang berlebihan justru akan menurunkan kelarutan pati dalam air.

Pengaruh komposisi reaktan pada derajat *cross-link* pati ketela pohon termodifikasi dapat dilihat pada Gambar 3. Jenis modifikasi kimia yang ditunjukkan oleh gingerol dalam minyak jahe terhadap pati ketela pohon adalah *cross-linking*. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus fungsional-gugus fungsional yang mengandung ikatan rangkap dua dan sisa gugus hidroksil/metoksi fenil (Stauffer, 1990) yang terdapat dalam bahan bioaktif minyak jahe gingerol, dehydroginger-dione dan shogaol (Kikuzaki dan Nakatani, 1993).

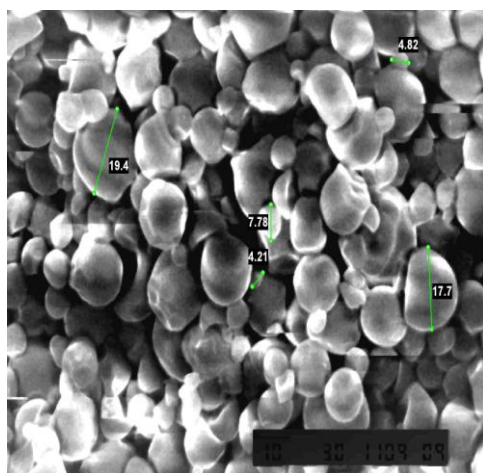


Gambar 3. Pengaruh komposisi pati, air, minyak jahe terhadap kerapatan *cross-link* pati termodifikasi

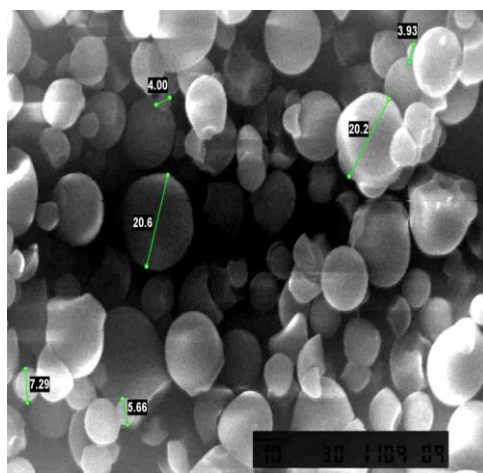
Jika gugus asetil dimasukkan ke dalam molekul pati, maka gugus ini cenderung menyebabkan pati mengalami penurunan yang signifikan pada kejernihan pasta, tekstur, dan terjadinya sineresis pada suhu rendah. Gugus pengganti ini akan menstabilkan pati dengan memotong linieritas amilose dan segmen cabang amilopektin. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perubahan stereoskopi intramolekuler pati termodifikasi (Harper, 1981). Tingginya interaksi antara molekul pati-air, yaitu 0,3647 menunjukkan banyaknya intensitas kontak antara molekul pati-air yang terjadi. Jumlah kontak molekuler ini akan semakin banyak dengan meningkatnya konsentrasi suspensi pati-air. Jika gagasan ini benar, maka seharusnya akan ada lebih sedikit kesempatan molekul air untuk masuk ke molekul pati dan menurunkan kualitas pembengkakan. Nilai kerapatan *cross-link* tertinggi adalah 780,69 rantai/cm³, dicapai pada reaksi suspensi pati-air dengan perbandingan 300:400 (b/v) menggunakan minyak jahe

sebanyak 0,4 mL. Pada sistem suspensi pati-air yang lain (300:300 (b/v) dan 300:500 (b/v)), penambahan minyak jahe sebanyak 0,4 mL juga mengakibatkan *cross-link* yang terbanyak. Semakin banyak minyak jahe yang ditambahkan, maka semakin banyak gingerol sebagai bahan aktif *cross-link* yang tersedia untuk berinteraksi dengan suspensi pati-air secara molekuler dan bereaksi membentuk pati termodifikasi. Namun, penambahan minyak jahe lebih dari 0,4 mL nilai kerapatan *cross-link* menurun. Selain karena keterbatasan jumlah bagian internal butir pati yang bisa dimodifikasi, maka sifat gugus asetil yang sangat reaktif justru dapat menyebabkan pecahnya rantai molekul pati termodifikasi menjadi struktur glukosida yang lebih pendek.

Morfologi butir pati ketela pohon



(a)



(b)

Gambar 4. Hasil analisis SEM: (a) pati asli ; (b) pati termodifikasi

Mikrograf hasil terawangan butir pati asli dan pati yang sudah dimodifikasi menggunakan mikroskop elektron dapat dilihat pada Gambar 4,

yang menunjukkan bahwa tidak terlihat adanya perubahan struktur permukaan yang cukup berarti antara butir pati asli dan pati termodifikasi sehingga dapat disimpulkan bahwa pati mengalami proses *cross-link* yang ditunjukkan oleh sifat-sifat pati termodifikasi.

Kesimpulan

Minyak jahe yang mengandung gingerol mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai bahan modifikasi pati. Modifikasi pada penelitian ini menyebabkan kenaikan *swelling power*, yang dapat mempengaruhi *tekstur*, yang merupakan tolok ukur dapat diterimanya pati sebagai bahan pangan, dan kenaikan nilai kelarutan akan memperbaiki kemampuan pati untuk lebih mudah diserap tubuh. Kerapatan *cross-link* cukup tinggi dan tidak ada perbedaan yang berarti dari tampak luar butir pati asli dibandingkan dengan granula pati yang termodifikasi. Perbandingan komposisi pati:air:miyak jahe sebesar 300:400:0,4 (b/v/v) menghasilkan pati termodifikasi yang cocok digunakan sebagai bahan pengemas makanan yang dapat dimakan (*edible food packaging*) dengan nilai *swelling power*, kelarutan dan kerapatan *cross-link* adalah 7,3 kali; 6,662 mg/mL, 780,69 rantai/cm³. Komposisi pati:air:miyak jahe sebesar 300:300:0,3 (b/v/v) merupakan komposisi terbaik untuk menghasilkan pati termodifikasi sebagai bahan pangan dengan nilai *swelling power*, kelarutan dan kerapatan *cross-link* berturut-turut adalah 8,96 kali; 10,55 mg/mL, 203,85 rantai/cm³.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang sudah menyediakan dana sehingga bisa terlaksananya penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Galih dan Aditya yang sudah membantu pelaksanaan percobaan di laboratorium sampai penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

- Agboola, S.O., Akingbala, J.O., Oguntimehin, G.B., 1990. Production of low substituted cassava starch acetates and citrates. *Starch*, 43 (1): 13 –15.
- Asaoka, M., Blanshard, M.V., and J. E. Rickard, 1992. Effects of cultivar and growth season on the gelatinization properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. *J. Sci. Food Agric.*, 59: 53 – 58.
- Association of Official Analytical Chemists, 1980. *Official Methods of Analysis*. 13thed., Association of Official Analytical Chemists.

- Aziz, A., R. Daik, R. M. A. Ghani, M.A., Daud, N.I. N, Yamin, B. M., 2004. Hydroxypropylation and acetylation of sago starch. *Malay. J. Chem.*, 6(1): 48-54. Available from: http://www.ikm.org.my/downloads/JournalPDFs/MJC6_048_054_RusliDaik.pdf [Accessed 19 October 2009].
- BeMiller, J. N. and Lafayette, W., 1997. Starch modification: challenges and prospects. *Starch*, 49(2): 127 – 131. DOI: 10.1002/star.19970490402.
- da Silva, E. M., Almeida, G.S., Poskus, L.T., and Guimaraes, J.G.A., 2008. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite: influence of the light-activation mode. *J. Appl. Oral Sci.*, 16 (2): 161-166. www.fob.usp.br/jaos or www.scielo.br/jaos
- Guilbot, A. and Mercier, C., 1985. Starch. In: *The polysaccharides*, Aspinall, G. O., (Eds.). Academic Press, Inc., pp: 210-244.
- John, J. K. and K. C. M. Raja, K. C. M., 1999. Properties of cassava starch–dicarboxylic acid complexes. *Carbohydr. Polym.*, 39: 181–186.
- Kainuma K, Odat T. and Cuzuki, S. 1967. Study of starch phosphates monoesters. *J. Technol. Soc. Starch*, 14: 24 – 28.
- Leach, H.W, Mc Cowen L. D and Schoch, T.J., 1959. Structure of the starch granules. In: *swelling and solubility patterns of various starches*. *Cereal Chem.* 36: 534 – 544. Available from: http://www.Aaccnet.org/cerealchemistry/backissues/1962/Chem39_318.pdf [Accessed 19 October 2009].
- Mali. S. and Grossmann, M.V.E., 2001. Preparation of acetylated distarch adipates by extrusion. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 34 (6): 384-389.
- Rutenberg, M. W. and Solarek, D., 1984. Starch Derivatives: Production and Uses. In: *Starch: Chemistry and Technology*, Whistler R. L., J. N. BeMiller and E. F. Paschall (Eds.). Academic Press, pp: 312–388.
- Shadmani, A., Azhar, I., Mazhar, F., Hassan, M. M., Ahmed, S.W., Ahmad, I., Usmanghani, K., and Shamim, S., 2004. Kinetic studies on zingiber officinale. *Pak. J. Pharm. Sci.*, 17 (1): 47-54. Available from: <http://www.pjps.pk/CD-PJPS-17-1-04/Paper-7.pdf> [Accessed 20 October 2009].
- Sedas, V. T. P. and Kubiak, K. N.W., 1994. Cassava starch in the food industry. *Food Marketing & Technol.*, 8:18-20.
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K. Wanpatit, S and Oates, C.G., 2000. Cassava starch technology: the thai experience, *Starch*, 52: 439-449. DOI: 10.1002/1521-379X(200012)52:12<439::AID-STAR439>3.0.CO;2-E.
- Srisuwan, Y., Srihanam, P., and Baimark, Y., 2009. Preparation of silk fibroin microspheres and its application to protein adsorption. *J. Macromol. Sci. Part A*, 46: 521-525.
- Yiu, P. H., Loh, S.L., Rajan, A., Wong, S. C and Bong, C. F., 2008. Physicochemical properties of sago starch modified by acid treatment in alcohol. *Am. J. Appl. Sci.*, 5 (4): 307-311. Available from: www.scipub.org/fulltext/ajas/ajas54307-311.pdf [Accessed 19 October 2009].
- Yonei, Y., Ohinata, H., Yoshida, R., Shimizu, R. *Fluids*, 8: 156-161.