

MODIFIKASI DAN KARAKTERISASI PATI JAGUNG (*Zea mays* [L]) DAN XANTHAN GUM DENGAN *CROSSLINKING AGENT* ASAM SITRAT

MODIFICATION AND CHARACTERIZATION OF CORN STARCH (*Zea mays* [L]) AND XANTHAN GUM WITH *CITRIC ACID* *CROSSLINKING AGENT*

Septian Rizki Pratama¹, Suprpto^{1*}

¹Laboratorium Farmasetika, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl A Yani No 157, Sukoharjo, Indonesia

*E-mail: suprpto@ums.ac.id

Abstrak

Pati jagung adalah excipien yang telah banyak digunakan dalam pembuatan sediaan tablet sebagai *filler*, *binder* dan *disintegrant*. Pati memiliki dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin. Kedua molekul tersebut berperan terhadap sifat fisik dan kimia pada pati yang berpengaruh pada tingkat pembengkakan granula pati. Pati alami mengandung banyak amilosa sehingga bersifat kering, kurangnya daya lekat, dan cenderung menyerap banyak air. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pati dan xanthan gum (XG) dengan *crosslinking agent* asam sitrat untuk memperbaiki kekurangan pada sifat fungsional pati agar aplikasinya lebih luas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian XG terhadap pembentukan kopolimer *crosslinking* dan karakterisasinya. Penelitian ini menggunakan XG dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, dan 20% dengan asam sitrat, dan kontrol positif (XG 5% tanpa asam sitrat). Kopolimer *crosslinking* hasil modifikasi dikarakterisasi meliputi uji FTIR, daya mengembang (*swelling*), kecepatan alir dan sudut diam. Hasil modifikasi pati jagung menunjukkan adanya pembentukan *crosslink* pada formula 1, 2, dan 3 ditandai dengan terbentuknya gugus C=O (ester) dengan uji FTIR pada peak 1713,94 cm⁻¹, 1714,38 cm⁻¹, dan 1714,63 cm⁻¹. Hasil analisis menunjukkan nilai *swelling power* yang semakin besar, kecepatan alir yang semakin meningkat yaitu 6,52 g/detik, 9,90 g/detik dan 11,62 g/detik dan sudut diam yang semakin tinggi 23,934°, 24,564°, dan 26,543°.

Kata Kunci: asam sitrat, *crosslink*, xanthan gum, pati jagung

Abstract

Corn starch is an excipient that has been widely used in the manufacture of tablet preparations as a *filler*, *binder* and *disintegrant*. Starch has two components, namely amylose and amylopectin. These two molecules play a role in the physical and chemical properties of starch which affect the swelling level of starch granules. Natural starch contains a lot of amylose so it is dry, lacks adhesion, and absorbs a lot of air. Therefore, it is necessary to modify starch and xanthan gum (XG) with citric acid crosslinking agent to correct deficiencies in the functional properties of starch for wider application. The purpose of this study was to determine the effect of giving XG on the formation of copolymer crosslinks and their characterization. This study used XG with various concentrations of 5%, 10%, and 20% with citric acid and positive control (XG 5% without citric acid). The modified crosslinking copolymers were characterized including FTIR test, swelling power, flow rate and angle of repose. The modified corn starch showed the formation of crosslinks in formulas 1, 2, and 3 which was characterized by the formation of a C=O (ester) group with this test. FTIR at peak 1713,94 cm⁻¹, 1714,38 cm⁻¹, and 1714,63 cm⁻¹. The results of the analysis show that the swelling power value is getting bigger, the flow velocity is increasing, namely 6,52 g/s, 9,90 g/s and 11,62 g/s and higher angles of repose 23,934°, 24,564°, and 26,543°.

Keywords: citrit acid, *crosslink*, xanthan gum, corn starch

PENDAHULUAN

Eksipien adalah bahan selain zat aktif yang ditambahkan dalam formulasi sediaan farmasi. Eksipien digunakan untuk memperbaiki sifat zat aktif sehingga mempermudah dalam

proses produksi sediaan farmasi. Pati jagung adalah eksipien yang banyak digunakan dalam pembuatan sediaan tablet (Adebayo & Itiola, 1998). Pati merupakan komponen utama dalam biji jagung, sekitar 72-73% dari total berat (Wani *et al.*, 2010). Pati memiliki dua komponen yaitu amilosa dan amilopektin (Pudjihastuti, 2010), kedua molekul tersebut berperan atas sifat fisik dan kimia pada pati yang berpengaruh pada tingkat kelarutan dan pembengkakan granula pati. Amilum yang sering digunakan dalam industri farmasi dapat dibagi menjadi 2 yaitu amilum alami dan amilum modifikasi. Amilum alami (*native starch*) adalah amilum yang dihasilkan dari sumber umbi-umbian dan belum mengalami perubahan sifat fisika dan kimia atau diolah secara fisika-kimia. Jika amilum alami digunakan sebagai eksipien dalam tablet maka terdapat dua kekurangan yang berpengaruh terhadap sifat fisik granul yaitu mempunyai daya alir dan kompaktilitas yang kurang baik (Septiantoro dkk., 2009). Dalam memperbaiki kekurangan tersebut maka diperlukan modifikasi kimia menggunakan Xanthan Gum (XG) dan asam sitrat sebagai *crosslinking*.

XG merupakan salah satu bahan yang diperlukan untuk modifikasi pati jagung. XG memiliki karakteristik yang unik sehingga termasuk dalam suatu eksipien multifungsi. XG sangat larut air, stabil pada kondisi asam dan basa serta stabil pada berbagai suhu. Selain itu, XG juga diketahui tahan terhadap degradasi enzimatis dan menunjukkan interaksi sinergis dengan hidrokoloid lainnya (Benny *et al.*, 2014). Asam sitrat sebagai *crosslinking agent* karena gugus karboksilat pada asam sitrat dapat membentuk ikatan yang kuat dari gugus hidroksil pada pati sehingga mampu memperbaiki sifat termal, mengatur stabilitas air dan mengurangi retrogradasi (Jiugao *et al.*, 2005). Menurut (Reddy & Yang, 2010) penggunaan asam sitrat sebagai *crosslinking agent* dapat menghasilkan kopolimer yang memiliki struktur dan sifat yang lebih baik, memiliki ketahanan yang baik terhadap air, dan dapat menaikkan sifat mekanik.

Perlakuan *crosslinking* umumnya digunakan untuk memodifikasi pati, untuk menambahkan ikatan intramolekul dan antar molekul pati (Acquarone & Rao, 2003). Zat *crosslink* dimasukkan ke dalam jembatan antar molekul antara lapisan biopolimer selama reaksi *crosslink*, yang dapat mengubah sifat struktural dan kimia permukaan kerangka polimer. Selain itu, *crosslinking* telah terbukti menjadi pendekatan yang layak untuk meningkatkan afinitas polimer pati untuk adsorbat (Chai *et al.*, 2018). Metode *crosslinking* juga dapat menghasilkan pati yang tahan tekanan mekanis, tahan asam dan mencegah penurunan viskositas pati selama pemasakan (Somboonpanyakul *et al.*, 2006).

Kopolimer pati jagung dan XG dengan *crosslinking agent* asam sitrat yang terbentuk, kemudian dilihat karakteristik kimia hasil *crosslink* dengan FTIR, uji *swelling*, uji kecepatan alir dan uji sudut diam.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ayakan no. 80, timbangan analitik, *waterbath*, oven, sentrifugase, dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Bahan-bahan yang digunakan adalah pati jagung, XG, aquades, dan asam sitrat.

Jalannya Penelitian

Pemeriksaan Organoleptis Pati Jagung

Pati jagung dilakukan pemeriksaan organoleptis meliputi: bentuk, warna, rasa, dan bau.

Pencucian Pati Jagung

Pati jagung 1 kg ditimbang dan dilarutkan dengan aquades sebanyak 2 liter dalam baskom diaduk sampai tidak ada endapan, didiamkan selama 30 menit sampai terdapat endapan, bagian air yang terdapat pada bagian atas endapan dibuang dan bagian endapan dilakukan pencucian kembali sebanyak 2 kali. Endapan yang dihasilkan kemudian dikeringkan pada suhu 40°C selama 48 jam. Pati jagung yang dihasilkan setelah pengeringan berupa serbuk kasar kemudian dihaluskan dan disaring dengan ayakan no 40 mesh.

Modifikasi Pati Jagung

Formula modifikasi pati sagu (Tabel 1)

Tabel 1. Formulasi Modifikasi Pati Jagung

Bahan	Kontrol (g)	Formula 1 (g)	Formula 2 (g)	Formula 3 (g)
Pati jagung	50	50	50	50
XG	2,5	2,5	5	10
Asam sitrat	0	50	50	50
Aquades	250	250	250	250

Pati jagung sebanyak 50 gram dimasukkan bekkor glass 1000 mL ditambahkan aquades 250 mL lalu dipanaskan pada suhu 90 °C dan diaduk selama 20 menit. Hasil pengadukan ditambahkan 50 gram asam sitrat dan XG sebanyak 2,5 g, 5 g, dan 10 g dengan temperatur 65 °C. Bahan selanjutnya dipanaskan pada suhu 90 °C selama 20 menit. Kopolimer dicetak dan dipanaskan pada suhu 40 °C.

Karakterisasi Kopolimer Pati Jagung

Uji FTIR

Kopolimer pati yang sudah dikeringkan diambil dari masing masing sampel berupa serbuk secukupnya. Sampel dibaca dengan menggunakan spektrofotometri FTIR dengan rentang 450-4000 cm⁻¹ (Singh and Nath, 2011).

Uji Swelling

Amilum jagung ditimbang sebanyak 1 gram lalu dimasukkan tabung sentrifus dengan aquades. Tabung tersebut dipanaskan pada suhu 45 °C, 60 °C, dan 75 °C pada *waterbath*. Tabung didinginkan sampai suhu kamar dan disentrifugasi selama 20 menit (Singh and Nath, 2011).

Uji Kecepatan Alir

Sampel serbuk kopolimer sebanyak 100 gram diuji sifat alirnya menggunakan corong uji. Sampel dimasukkan corong melalui dinding corong secara melingkar. Corong dibuka hingga semua granul mengalir dan dicatat waktu alirnya menggunakan *stopwatch* (Voight, 1995).

Uji Sudut Diam

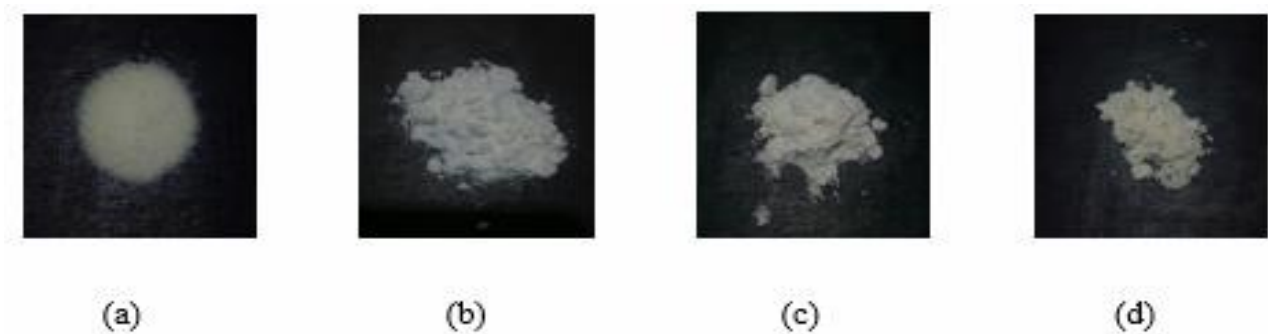
Serbuk sampel 100 g dimasukkan corong uji waktu alir. Penutup corong dibuka sehingga serbuk keluar semua dan ditampung pada bidang datar. Sudut diam dihitung dengan mengukur diameter dan tinggi tumpukan granul yang keluar dari mulut corong (Depkes RI, 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian organoleptis pati jagung yang digunakan yaitu berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa. Pati jagung setelah dicuci, lebih berwarna putih, tidak berasa dan tidak berbau hal ini sesuai dengan persyaratan amilum (Depkes RI,1995).

Modifikasi Pati Jagung

Modifikasi pati jagung dengan *crosslinking agent* asam sitrat bertujuan membentuk ikatan ester pada pati jagung, ikatan terjadi pada gugus karboksil dan gugus hidroksil. Ikatan tersebut akan membuat sifat ketahanan dan sifat mekanik dari kopolimer meningkat. Hasil dari modifikasi pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil Kopolimer Modifikasi: (a). Pati Jagung-XG 2,5g, (b), Pati jagung-Asam Sitrat-XG 2,5g, (c), Pati jagung-Asam Sitrat-XG 5g, dan (d) Pati jagung-asam Sitrat-XG 10g

Penambahan konsentrasi XG akan didapatkan hasil modifikasi yang semakin keras dan kuat. Pada kontrol didapatkan hasil modifikasi yang mudah rapuh daripada formula 1, 2, dan 3 .sementara pada formula 3 didapatkan hasil modifikasi yang paling kuat dan keras.

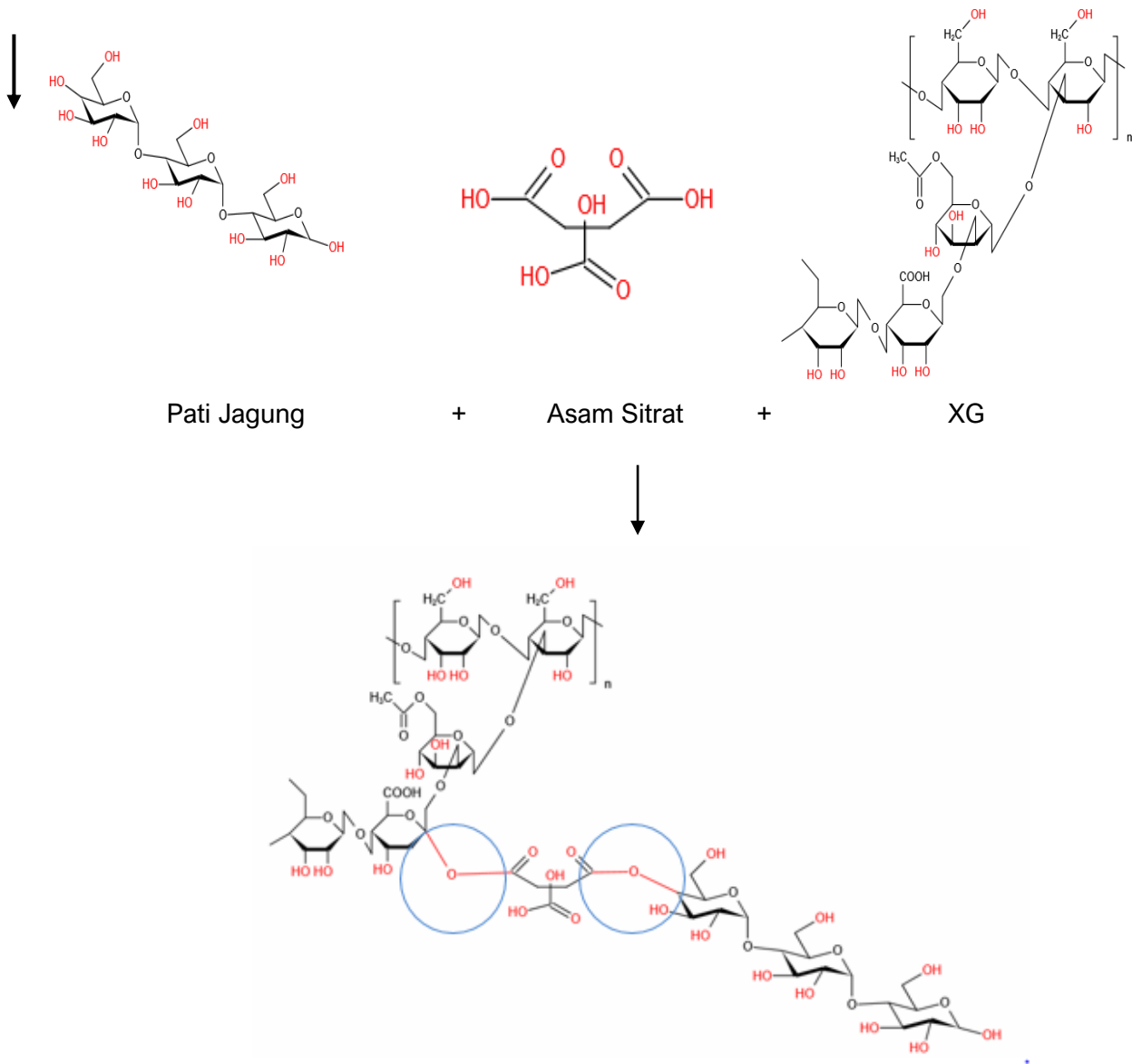
Karakterisasi Pati Jagung

Hasil modifikasi pati jagung berupa kopolimer diuji secara kimia dengan uji FTIR dan secara fisika dengan *swelling*, sifat alir, sudut diam.

Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

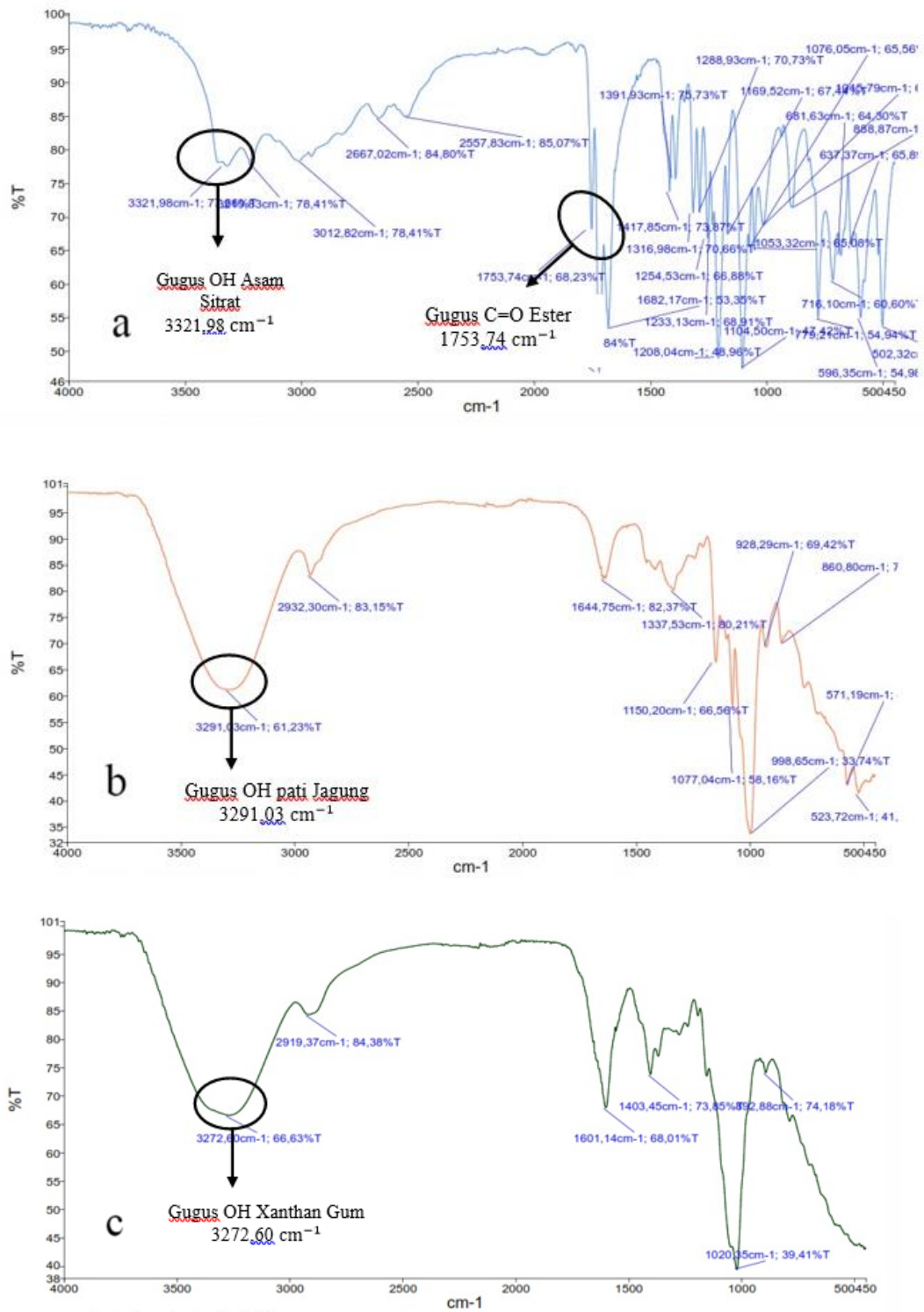
Karakterisasi kopolimer hasil dari modifikasi pati jagung diuji menggunakan FTIR. Hal ini bertujuan untuk melihat perubahan gugus fungsional pada gugus C=O. Hasil dari modifikasi pati jagung dengan XG dan asam sitrat dihasilkan gugus ester dari reaksi esterifikasi, pada gambar 2 adalah skema dari reaksi esterifikasi dari pati jagung, asam sitrat, dan XG.

Reaksi esterifikasi yang terjadi akan menghasilkan gugus ester dari gugus asam karboksilat yang ada pada asam sitrat, dengan gugus OH yang ada pada pati jagung dan XG. Penggunaan asam sitrat bertujuan untuk menghubungkan pati jagung dan XG agar dapat terjadi *crosslink*. Gambar 3 merupakan hasil uji FTIR pada kontrol.

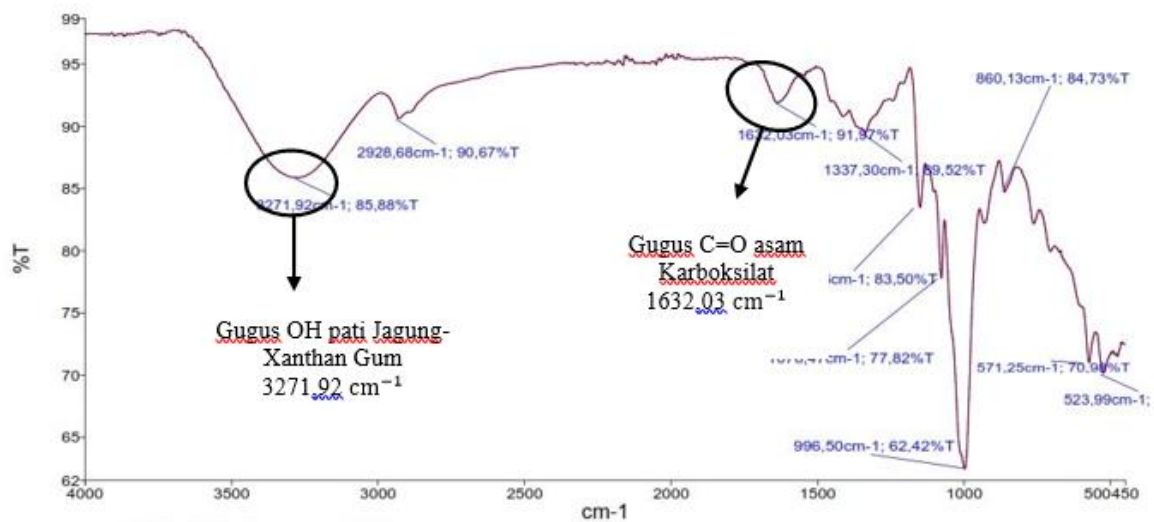


Gambar 2. Skema Reaksi Esterifikasi Pati Jagung, asam sitrat dan XG

Gambar 4 menunjukkan adanya gugus OH pati jagung pada gelombang $3291,03\text{ cm}^{-1}$, sementara gugus OH pada XG berada pada gelombang $3272,60\text{ cm}^{-1}$. Gugus OH asam sitrat berada pada gelombang $3321,98\text{ cm}^{-1}$ dan gugus C=O asam karboksilat pada gelombang $1753,74\text{ cm}^{-1}$.



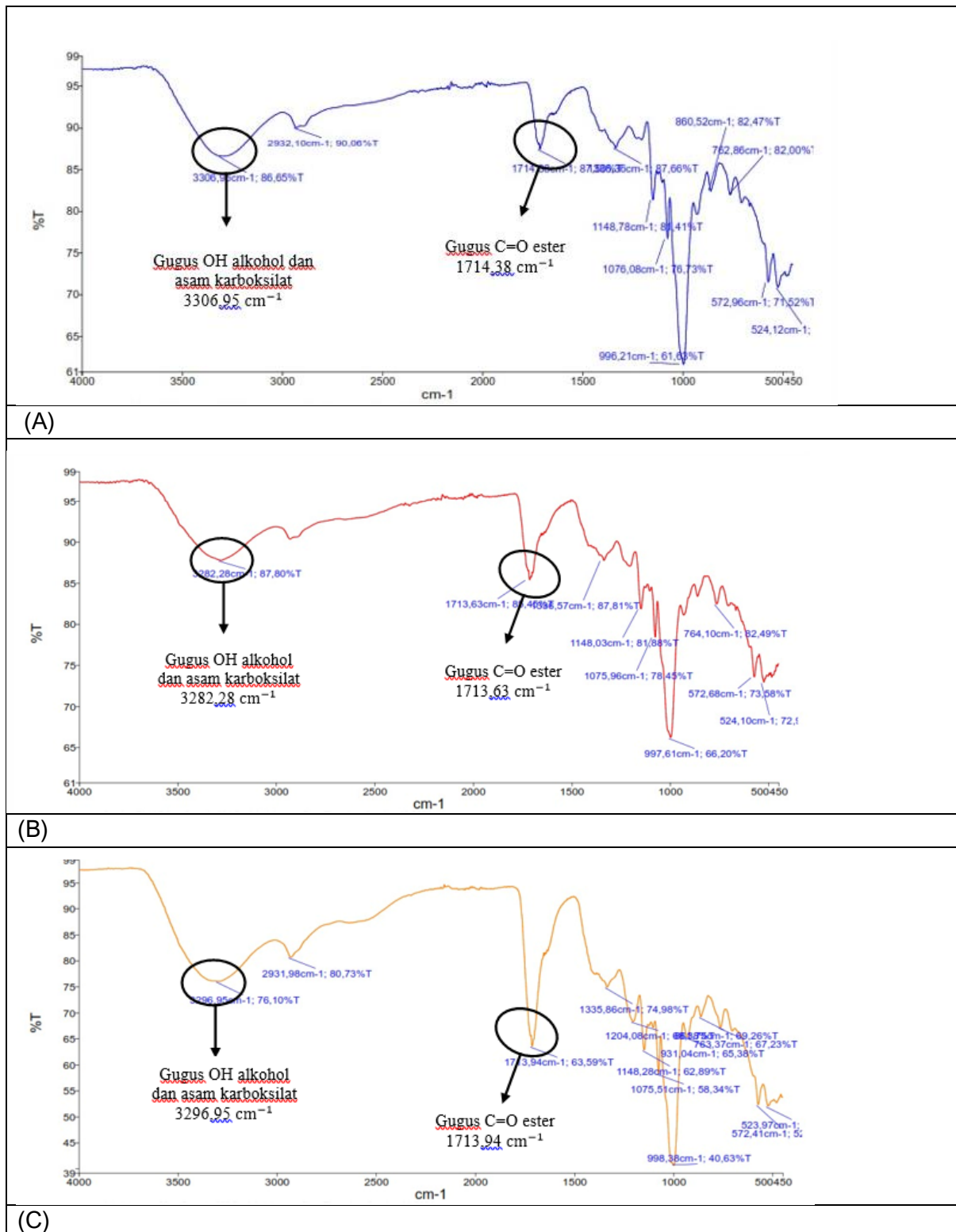
Gambar 3. Hasil FTIR (a) Asam sitrat, (b) Pati Jagung dan (c) XG



Gambar 4. Hasil FTIR Kontrol (Pati Jagung-XG 2,5g)

Gambar 5 menunjukkan bahwa perbedaan variasi konsentrasi XG tidak signifikan berbeda antar gugus OH kontrol dengan gugus OH hasil modifikasi. Sementara pada gugus C=O terlihat perbedaan yang jelas antara gugus kontrol dibandingkan hasil modifikasi. Pada kontrol terdapat gugus OH pati jagung dan OH XG pada gelombang 3271,92 cm^{-1} .

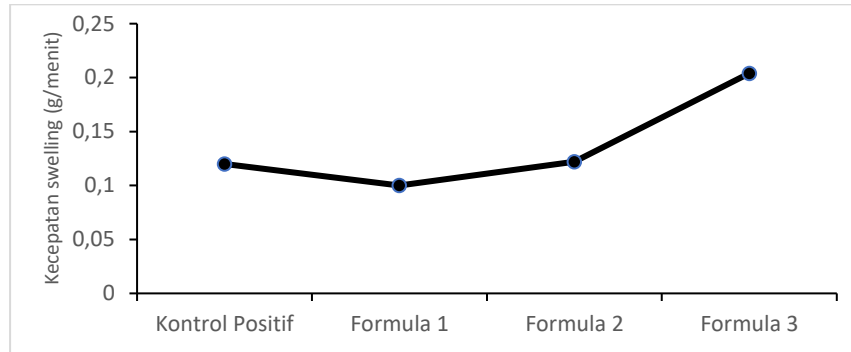
Hasil modifikasi didapatkan gelombang OH pada rentang 3250-3300 cm^{-1} , yang menandakan bahwa pada gelombang tersebut terdapat gugus asam karboksilat dan gugus OH alkohol. Pada formula satu didapatkan gugus asam karboksilat dan gugus OH alkohol pada gelombang 3271,92 cm^{-1} dan gugus C=O pada gelombang 1714,38 cm^{-1} pada formula dua gugus OH alkohol dan gugus asam karboksilat terletak pada gelombang 3306,95 cm^{-1} dan gugus C=O pada gelombang 1714,63 cm^{-1} dan formula tiga gugus OH alkohol dan gugus asam karboksilat terletak pada gelombang 3296,95 cm^{-1} sementara gugus C=O ditemukan pada gelombang 1713,94 cm^{-1} . Menurut Garcia *et al.* (2011) gugus ester biasanya dapat ditemukan pada rentang gelombang 1800-1650 cm^{-1} . Menurut penelitian yang dilakukan Peidayesh *et al.* (2020) ditemukan gugus ester pada gelombang 1716,94 cm^{-1} . Kesimpulan pada gambar bahwa terbentuk *crosslink* ditandai dengan terbentuk gugus C=O pada formula 1 pada gelombang 1714,38 cm^{-1} , formula 2 pada gelombang 1714,38 cm^{-1} dan formula 3 pada gelombang 1713,94 cm^{-1} .



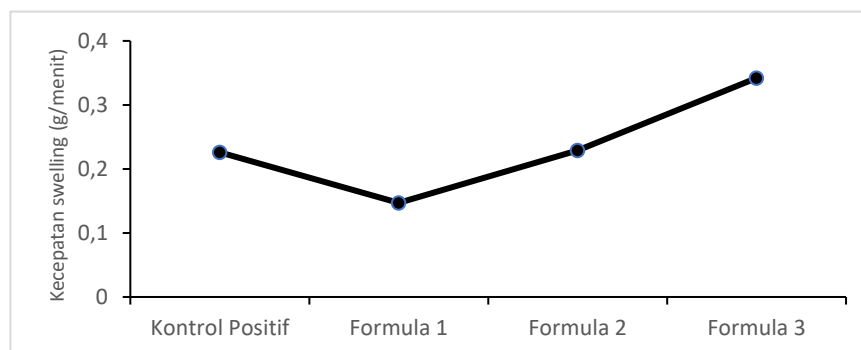
Gambar 5. Hasil FTIR Kontrol (Pati Jagung-XG 2,5g) (A), Kontrol (Pati Jagung-XG 5g) (B), FTIR Kontrol (Pati Jagung-XG 10g) (C)

Uji Swelling

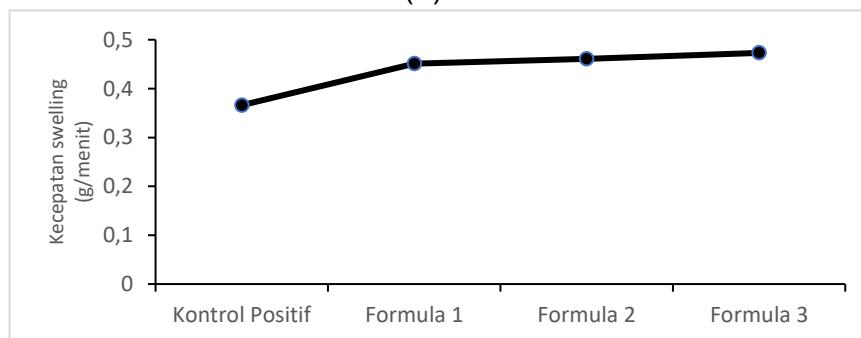
Uji *swelling index* dilakukan untuk mengetahui kemampuan tablet mengembang dalam lambung. *Swelling* diuji pada 3 variasi suhu yaitu 45°, 60° dan 75°. Waktu yang digunakan pada pengujian *swelling* adalah 20 menit (Singh and Nath, 2011).



(A)



(B)

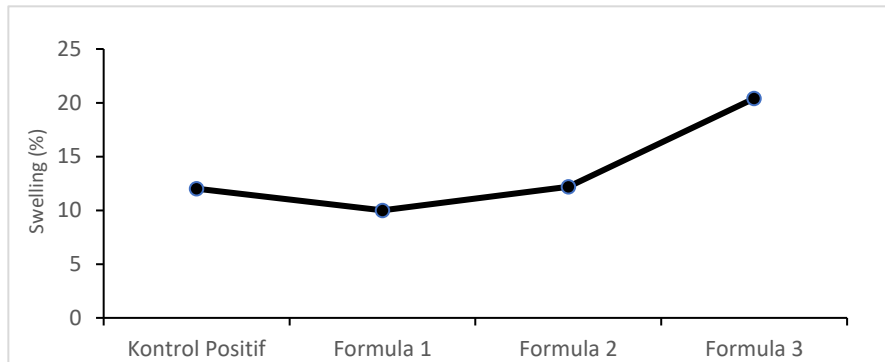


(C)

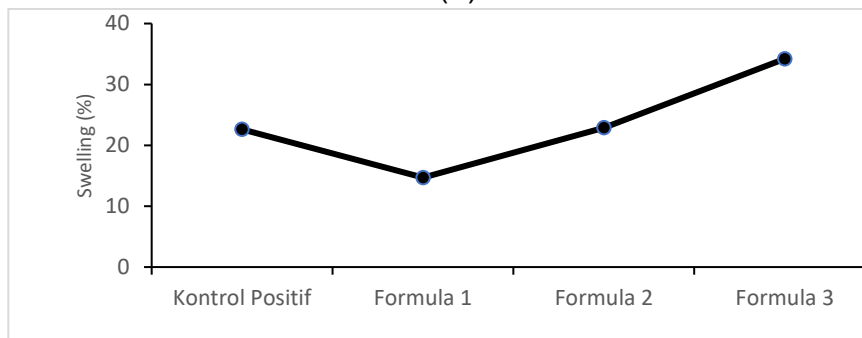
Gambar 6. Grafik kecepatan *swelling* kopolimer pada suhu 45 °C (A), 60 °C (B), dan 75 °C (C)

Pada gambar 6 menunjukkan pada semua formula uji, kecepatan *swelling* yang paling tinggi pada formula 3. XG dapat menurunkan mobilitas fraksi air dalam sistem dan mengurangi hidrasi bagian *amorphous* granula pati (Weber *et al.*, 2009). Hal ini dapat mempengaruhi ikatan hidrogen inter dan intra molekul amilosa dan amilopektin dalam granula pati sehingga dapat mengganggu keteraturan struktur granula pati. Ikatan hidrogen merupakan ikatan kimia

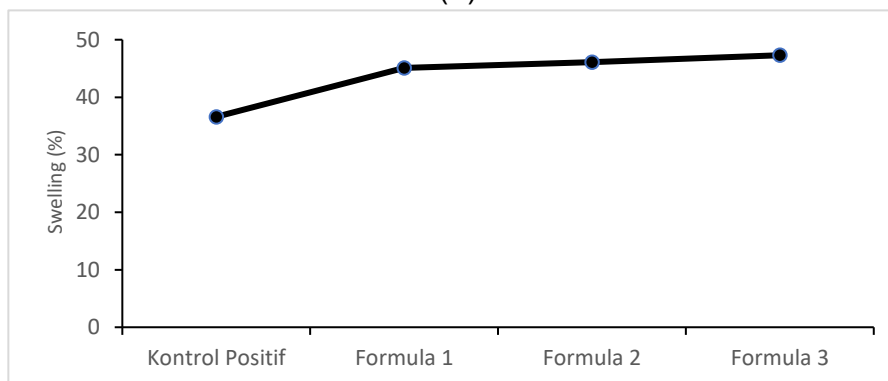
yang lemah. Kondisi ini memberi peluang air untuk mengimbibisi granula pati sehingga dapat meningkatkan nilai *swelling*, sehingga semakin tinggi konsentrasi XG yang digunakan maka semakin tinggi pula nilai *swelling* yang didapatkan.



(A)



(B)



(C)

Gambar 7. Grafik kecepatan *swelling* kopolimer pada suhu 45 °C (A), 60 °C (B), dan 75 °C (C)

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa derajat *swelling* formula 1 dan 2 lebih kecil dari pada formula 3 pada suhu yang berbeda, sedangkan formula kontrol memiliki derajat *swelling* yang lebih tinggi dari formula 1 pada suhu 45 °C dan 60 °C. Hal ini menunjukkan bahwa derajat *swelling* semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi XG.

Uji Sifat Alir

Kecepatan alir dapat mempengaruhi keseragaman kandungan suatu sediaan (Armstrong, 2008). Uji kecepatan alir dilakukan dengan sampel sebanyak 5 gram karena keterbatasan dari hasil kopolimer pati jagung. Hasil uji kecepatan alir dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Kecepatan Alir Kopolimer

Replikasi	Kecepatan alir (g/detik)			
	Kontrol positif	Formula 1	Formula 2	Formula 3
1	9,09	6,41	9,25	11,36
2	8,33	6,49	9,61	11,62
3	9,43	6,66	10,86	11,90
Rata-rata	8,95	6,52	9,90	11,62

Tabel 2 menunjukkan bahwa formula 3 memiliki kecepatan alir yang lebih besar dibandingkan formula 1 dan formula 2, sedangkan formula 1 lebih kecil dari formula 2 dan 3. Menurut penelitian (Rukmana, 2016) kecepatan alir semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi XG. Sifat alir granul dikatakan mempunyai sifat alir yang baik jika mempunyai waktu alir ≤ 10 detik atau mempunyai kecepatan alir 10 g/detik sehingga formula 1 dan 2 memenuhi persyaratan sifat alir yang baik.

Uji Sudut Diam

Sudut diam merupakan uji granul yang penting untuk mengetahui sifat alir dari granul. Serbuk akan membentuk kerucut, semakin datar kerucut yang dihasilkan maka sudut diamnya makin kecil (Voight, 1995). Pada uji sudut diam digunakan kopolimer sebanyak 5 gram dikarenakan keterbatasan sampel. Hasil uji sudut diam dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Sudut Diam Kopolimer

Replikasi	Sudut diam ($^{\circ}$)			
	Kontrol Positif	Formula 1	Formula 2	Formula 3
1	35,921	23,417	24,970	28,458
2	41,077	24,970	24,970	25,586
3	41,077	23,417	23,752	25,586
Rata -rata	39,358	23,934	24,564	26,543

Tabel 3 menunjukkan bahwa formula kontrol memiliki sudut diam yang paling tinggi di antara semua formula dan formula 1 memiliki sudut diam yang lebih kecil dari formula 2 dan 3. Hal ini terjadi karena XG dapat mengadsorpsi uap air (Hadisoewignyo, 2007) yang mengakibatkan terjadinya ikatan antar partikel sehingga granul tidak mengalir dengan baik dan dapat menaikkan sudut diam granul, sehingga semakin bertambah konsentrasi XG maka semakin tinggi nilai sudut diam yang diperoleh. Persyaratan sudut diam tidak melebihi 40° . Pada formula 1, 2, dan 3 tidak ada sudut diam yang melebihi 40° sehingga tidak mengalami kesulitan mengalir.

KESIMPULAN

Hasil penelitian modifikasi pati jagung dan XG dengan *crosslinking agent* asam sitrat menunjukkan bahwa terjadi proses *crosslink* yang ditunjukkan dengan adanya proses

esterifikasi. Hal ini dapat dilihat dari hasil FTIR yang menunjukkan adanya gugus C=O (ester) pada peak $1713,94\text{ cm}^{-1}$, $1714,38\text{ cm}^{-1}$ dan $1714,63\text{ cm}^{-1}$ pada formula 1, 2, dan 3. Hasil karakterisasi lainnya, nilai *swelling* yang semakin tinggi, sudut diam dan kecepatan alir yang memenuhi persyaratan. Hasil modifikasi pati jagung lebih baik pada formula 1 dan 2 dari sebelum dilakukan modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Acquarone, V. M., and Rao, M. A., 2003. Influence of Sucrose on The Rheology and Granule Size of Cross-linked Waxy Maize Starch Dispersions Heated at Two Temperatures, *Carbohydrate Polymers*, 51(4), 451–458.
- Adebayo, A. S., and Itiola, O. A., 1998. Evaluation of Breadfruit and Cocoyam Starches as Exodisintegrants in a Paracetamol Tablet Formulation, *Pharmacy and Pharmacology Communications*, 4(8), 385–389.
- Armstrong, A., 2008. Pharmaceutical Dosage Forms-Tablets, *Pharmaceutical Dosage Forms-Tablets*, Vol. 3.
- Benny, I. S., Gunasekar, V., and Ponnusami, V., 2014. Review on Application of Xanthan Gum in Drug Delivery, *International Journal of PharmTech Research*, 6(4), 1322–1326.
- Chai, K., Lu, K., Xu, Z., Tong, Z., and Ji, H., 2018. Rapid and Selective Recovery of Acetophenone from Petrochemical Effluents by Crosslinked Starch Polymer, *Journal of Hazardous Materials*, 348 (2010), 20–28.
- Departemen Kesehatan Indonesia, 1995. *Farmakope Indonesia*, Edisi ke-4, Departemen Kesehatan RI, Jakarta.
- Garcia, P. S., Eiras Grossmann, M. V., Yamashita, F., Mali, S., Dall'Antonia, L. H., and Barreto, W. J., 2011. Citric Acid as Multifunctional Agent in Blowing Films of Starch/PBAT, *Quimica Nova*, 34 (9), 1507–1510.
- Hadisoewignyo, L., 2007. Studi Pelepasan In Vitro Ibuprofen dari Matriks Xanthan Gum yang Dikombinasikan dengan Suatu Crosslinking Agent, *Magnesium*, 18 (3), 133–140.
- Jiugao, Y., Ning, W., and Xiaofei, M., 2005. The Effects of Citric Acid on The Properties of Thermoplastic Starch Plasticized by Glycerol, *Starch/Staerke*, 57 (10), 494–504.
- Peidayesh, H., Ahmadi, Z., Khonakdar, H. A., Abdouss, M., and Chodák, I., 2020. Baked Hydrogel from Corn Starch and Chitosan Blends Cross-linked by Citric Acid: Preparation and Properties, *Polymers for Advanced Technologies*, 31 (6), 1256–1269.
- Pudjihastuti, I., 2010. Pengembangan Proses Inovatif Kombinasi Reaksi Hidrolisis Asam dan Reaksi Fotokimia UV untuk Produksi Pati Termodifikasi dari Tapioka, (Tesis, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang).
- Reddy, N., and Yang, Y., 2010. Citric Acid Cross-Linking of Starch Films, *Food Chemistry*, 118 (3), 702–711.
- Rukmana, N. F., 2016. Identifikasi Pengaruh pH Terhadap Sifat Reologi Polimer (Karbopol 940, Xanthan Gum, Na CMC, Na Alginat dan Tragakan) Tunggal dan Kombinasi, (Skripsi, FKIK UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta).
- Septiantoro, A. A., Soebagio, B., and Sriwidodo, 2009. Pengujian Sifat Fisikokimia Pati Biji Durian (*Durio zibethinus* Murr) Alami dan Modifikasi Secara Hidrolisis Asam, *Jurnal Ilmiah Fakultas Farmasi*,

Universitas Padjadjaran, 2–7.

Singh, A. V., and Nath, L. K., 2011. Synthesis and Evaluation of Physicochemical Properties of Cross-linked Phaseolus Aconitifolius Starch, *Starch/Staerke*, 63 (10), 655–660.

Somboonpanyakul, P., Wang, Q., Cui, W., Barbut, S., and Jantawat, P., 2006. Malva Nut Gum. (Part I): Extraction and Physicochemical Characterization, *Carbohydrate Polymers*, 64 (2), 247–253.

Voight, R., 1995. Buku Pelajaran Teknologi Farmasi, diterjemahkan oleh Soendari Noerono, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Wani, I. A., Sogi, D. S., Wani, A. A., Gill, B. S., and Shivhare, U. S., 2010. Physico-Chemical Properties of Starches from Indian Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*) Cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, 45 (10), 2176–2185.

Weber, F. H., Clerici, M. T. P. S., Collares-Queiroz, F. P., and Chang, Y. K., 2009. Interaction of Guar and Xanthan Gums with Starch in the Gels Obtained from Normal, Waxy and High-amylose Corn starches. *Starch/Staerke*, 61 (1), 28–34.