




Characterization and Modification of Corn Starch (*Zea mays* [L.]) and HPMC with Sodium Tripolyphosphate as Crosslinking Agent

Muhammad Abdillah , Suprpto

Department of Pharmacy, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

 mhmmmdabdillah@gmail.com

 <https://doi.org/10.53017/ujhs.170>

Received: 15/02/2022

Revised: 25/03/2022

Accepted: 26/03/2022

Abstract

Corn starch is one type of starch that has the potential to be developed as an excipient in the manufacture of pharmaceutical preparations. However, this corn starch still has shortcomings in its flowability and compactibility. Based on this, corn starch needs to be modified physically and chemically by using the crosslinking method, namely changing the hydroxy group (OH-) with a phosphate group with sodium tripolyphosphate as the crosslink agent and HPMC as the polymer. The purpose of this study was to determine the physical and chemical characterization in the modification of corn starch-HPMC to various concentrations of sodium tripolyphosphate as a crosslinking agent. This study made 4 formulas with HPMC 10% and various concentrations of STPP (without treatment, 0.5%, 1%, and 2%). The modified starch will be characterized including FTIR test, SEM, swelling test, flow properties, and angle of repose. The results obtained in the FTIR test that the crosslink formed was at a concentration of 1% and 2% STPP which was indicated by the presence of an absorption band of the P-O-C group in the 1018cm⁻¹ wave. The SEM test results showed that the addition of HPMC and STPP affected the physical form of starch with a rough and tight surface. In the swelling test, the modified starch increased with increasing STPP. In the flow properties test and the angle of repose, the modified starch has good flow properties and meets the requirements for a good angle of repose.

Keywords: *Corn Starch; Crosslinking; Sodium Tripolyphosphate (STPP); HPMC*

Karakterisasi dan Modifikasi Amilum Jagung (*Zea mays* [L.]) dan HPMC dengan *Crosslinking Agent* Sodium Tripolyphosphate

Abstrak

Pati jagung termasuk dari salah satu jenis pati yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai eksipien dalam pembuatan sediaan farmasi. Namun pati jagung ini masih memiliki kekurangan dalam daya alir dan kompaktilitasnya. Berdasarkan hal tersebut, pati jagung perlu dimodifikasi secara fisika dan kimia dengan salah satunya menggunakan metode *crosslinking* yaitu merubah gugus hidroksi (OH-) dengan gugus fosfat dengan sodium tripolifosfat sebagai *crosslink agent* dan HPMC sebagai polimernya. Tujuan penelitian ini adalah agar dapat mengetahui karakterisasi fisik dan kimia dalam modifikasi pati jagung-HPMC terhadap berbagai variasi konsentrasi sodium tripolifosfat yang sebagai *crosslinking agent*. Penelitian ini dibuat 4 formula dengan HPMC 10% dan berbagai variasi konsentrasi dari STPP (tanpa perlakuan, 0,5%, 1%, dan 2%). Pati yang telah termodifikasi dikarakterisasi meliputi uji FTIR, SEM, uji swelling, kecepatan alir, dan sudut diam. Hasil yang didapatkan pada uji FTIR yang terbentuk crosslink ada pada konsentrasi STPP 1% dan 2% yang ditandai dengan adanya pita serapan gugus P-O-C pada gelombang 1018cm⁻¹. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa penambahan HPMC dan STPP mempengaruhi bentuk fisik pada granul pati dengan bentuk permukaan yang kasar dan rapat. Pada uji swelling dari pati termodifikasi

mengalami kenaikan seiring bertambahnya STPP. Pada uji sifat alir dan sudut diam pati termodifikasi memiliki sifat alir yang baik dan memenuhi persyaratan sudut diam yang baik.

Kata kunci: Pati Jagung; *Crosslinking*; Sodium Tripolifosfat (STPP); HPMC

1. Pendahuluan

Pati merupakan polimer alam yang terdiri dari struktur bercabang yang disebut amilopektin dan struktur lurus yang disebut amilosa. Pati dapat diperoleh dengan mengekstraknya dari tanaman yang kaya karbohidrat seperti sagu, singkong, jagung, gandum dan ubi jalar [1]. Jagung (*Zea mays* [L.]) merupakan salah satu komoditas strategis, memiliki nilai ekonomi, dan berpotensi untuk dikembangkan karena posisinya sebagai sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras [2].

Pati tersusun dari campuran dua polimer yang disebut amilosa dan amilopektin [3]. Amilosa adalah polimer linier yang mengikat dengan α -(1 \rightarrow 4) unit glukosa berkisar antara 500-6000 unit glukosa yang ditemukan pada derajat polimerisasi amilosa yang tergantung pada sumbernya. Amilopektin ialah polimer unit glukosa α -(1 \rightarrow 4) dengan rantai samping unit glukosa α -(1 \rightarrow 6). Ikatan glukosa dalam molekul pati yaitu ikatan α -(1 \rightarrow 6) ini sangat pendek yaitu berkisar antara 4-5%. Jumlah molekul rantai bercabang yang disebut amilopektin jauh lebih besar dengan derajat polimerisasi 10^5 - 3×10^6 [4].

Pati telah digunakan sebagai bahan tambahan untuk pengikat atau *binder* yang baik dalam bentuk serbuk kering atau musilago. Meskipun sering digunakan sebagai eksipien dalam pembuatan sediaan tablet, para peneliti mencoba mengembangkan pati jagung untuk memaksimalkan penggunaan pati dari tanaman untuk penggunaan eksipien dari sediaan tablet [5]. Jagung adalah salah satu sumber tanaman yang menghasilkan pati. Ditemukan sekitar 72-73% dari total berat pati dalam komponen utama pada biji jagung. Amilosa dan amilopektin pada pati jagung ditemukan dengan konsentrasi rendah hingga tinggi [6].

Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) dikenal sebagai hipromelosa, diproduksi oleh modifikasi sintesis dari selulosa polimer alami dan dianggap aman untuk konsumsi normal pada manusia. Fungsi HPMC adalah sebagai zat pengental, dalam sistem pelepasan terkontrol dan sebagai polimer pelapis, sebagai bioadhesif, dalam dispersi padat untuk meningkatkan kelarutan obat dan sebagai pengikat [7]. Hydroxypropyl Methylcellulose adalah polimer turunan selulosa yang biasa digunakan untuk mendapatkan *biodegradable film*, dan memiliki kekuatan mekanik yang bagus, inert, biokompatibel dan banyak digunakan dalam sistem penghantaran obat [8], [9].

Pati adalah bahan tambahan atau eksipien serbaguna yang digunakan dalam formulasi terutama pada dosis padat oral yang digunakan sebagai pengisi, pengikat, dan penghancur [10]. Pati terkenal dengan biokompatibilitas, biodegradabilitas, biaya rendah dan inert (tidak beracun), namun pati memiliki keterbatasan karena sifatnya yaitu mempunyai daya alir dan kompaktilitas yang kurang baik, dan tidak larut dalam air sehingga dapat mempengaruhi sifat fisik granula, maka dari itu pati penting dimodifikasi baik secara kimiawi, fisik atau genetik. Beberapa penelitian terakhir, pati telah dimodifikasi dengan cara menggantikan gugus hidroksil dengan kelompok fungsional yang berbeda. Ada banyak metode untuk modifikasi kimiawi pati, diantaranya adalah hidrolisis asam, *crosslinking*, asetilasi/esterifikasi, modifikasi ganda, oksidasi, dan pencangkakan [11], [12].

Ada banyak *crosslinking agent* yang terkenal seperti fosfor oksiklorida, epiklorohidrin, sodium tripolifosfat, dan sodium trimetafosfat [11]. Sodium tripolifosfat adalah senyawa non-organik dengan rumus $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, merupakan garam dari natrium polifosfat yang berasal dari panca anion dan termasuk asam trifosfor, yang bersifat basa yang berasal dari reaksi anorganik dan termasuk salah satu garam fosfat. Organoleptis dari STPP berupa

serbuk butiran yang berwarna putih, higroskopis, larut dalam air tetapi dengan kelarutan rendah. Sodium tripolifosfat umumnya digunakan sebagai emulsifier, stabilizer, dan pelarut [13]. Tujuan penelitian ini adalah agar dapat mengetahui karakterisasi fisik dan kimia dalam modifikasi pati jagung-HPMC terhadap berbagai variasi konsentrasi sodium tripolifosfat yang sebagai *crosslinking agent*.

2. Metode

2.1. Kategori dan Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini penelitian eksperimental murni dengan rancangan acak pola satu arah.

2.2. Alat dan bahan yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu timbangan analitik OHAUS Pioneer dengan sensitivitas 0,0001 g, timbangan analitik OHAUS Scout Pro, pH meter OHAUS Starter 3100, *waterbath*, pengaduk disolusi *single*, sentrifugasi PLC series, loyang, sendok tanduk, batang pengaduk, mortir, stamper, gelas ukur 10mL, gelas beker 50mL, gelas beker 100mL, gelas beker 250mL, gelas beker 500mL, gelas beker 1000mL, tabung sentrifus 15mL, kertas saring, pipet tetes, ayakan no 14 *mesh*, dan ayakan no 18 *mesh*.

Bahan yang digunakan adalah amilum jagung, Hydroxypropil Methylcellulose yang diambil dari laboratorium farmasi UMS, Sodium tripolifosfat yang dibeli dari toko agung jaya yang berada di surakarta, NaOH, HCl, dan akuades.

2.3. Pemeriksaan Organoleptis

Amilum jagung dilakukan pemeriksaan organoleptis secara visual seperti: bentuk, warna, rasa, dan bau.

2.4. Pencucian Amilum Jagung

Amilum jagung diambil sebanyak 250 gram, dimasukkan kedalam akuades sekitar 500mL lalu diaduk perlahan selama 15-20 menit. Setelah itu didiamkan selama 15 menit dan air dibuang secara perlahan, dimasukkan akuades sekitar 250mL, diaduk kembali selama 15 menit lalu diendapkan selama 15 menit. Air dibuang sampai sisa endapan, lalu endapan yang dihasilkan dikeringkan dengan oven selama 3-4 hari dengan suhu 40°C.

2.5. Modifikasi Amilum Jagung

Formula modifikasi pati jagung (Tabel 1) yang dibedakan pada *crosslinking agent*, HPMC, dan pati jagung.

Tabel 1. Formula modifikasi pati jagung dengan HPMC dan STPP

Bahan	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
Amilum Jagung	10g	10g	10g	10
HPMC	10%	10%	10%	10%
STPP	-	0,5%	1%	2%
NaOH ad pH	10,5	10,5	10,5	10,5
HCl ad pH	5,5	5,5	5,5	5,5
Akuades	q.s	q.s	q.s	q.s

Amilum jagung ditimbang sebanyak 50gram, dimasukkan ke dalam gelas beker 500mL lalu tambahkan 150mL akuadest dipanaskan diatas *hotplate* dengan suhu 100°C sambil diaduk pelan sampai terbentuk mucilago. Lalu 5gram HPMC dilarutkan dengan 50mL akuades berbeda, dan STPP dilarutkan dengan 50mL akuades berbeda. ditambahkan HPMC sedikit demi sedikit sambil diaduk pelan dan tambahkan STPP sambil pelan. Akuades

ditambahkan sebanyak 150mL, lalu dilakukan pengaturan pH dengan NaOH 1M sampai menunjukkan pH 10,5. Amilum termodifikasi yang sudah menunjukkan pH 10,5 lalu diaduk selama 45 menit dengan suhu 40°C, lalu dilakukan pengaturan pH dengan HCl 1M sampai pH 5,5. Amilum yang sudah termodifikasi dikeringkan dengan oven pada suhu 40°C selama kurang lebih 4-5 hari. Amilum yang sudah kering digerus menggunakan mortir lalu diayak dengan ayakan 14-mesh.

2.6. Uji Sifat Alir dan Sudut Diam

Uji sifat alir dan sudut diam dilakukan dengan metode corong, ditimbang 10 gram amilum jagung yang sudah termodifikasi lalu dimasukkan ke dalam corong. Bagian bawah corong dibuka sampai amilum tidak tersisa, lalu dihitung waktu awal-akhir, diukur lebar dan tinggi amilum yang dihasilkan. Dihitung kecepatan alir dan sudut diam.

2.7. Uji FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Amilum yang sudah termodifikasi diambil sedikit lalu diletakkan di atas detektor, discan dan ditekan sampai *gauge* menunjukkan angka 80, dan dilanjutkan scan kembali sampai muncul spektra FTIR.

2.8. Uji SEM (Scanning Electron Microscope)

Bentuk permukaan kopolimer diamati pada formula yang terjadi *crosslink* dengan *scanning electron microscopy* (SEM) yang sudah dilapisi oleh emas dan direkam pada mikrograf perbesaran 1000x dan 2500x.

2.9. Uji Swelling

Amilum yang sudah termodifikasi ditimbang 1 gram lalu dimasukkan ke dalam tabung sentrifus 15mL lalu tambahkan air 10mL, dipanaskan dengan *waterbath* dengan suhu 45°C, 60°C, dan 75°C selama 30 menit. Tabung sentrifus diambil dan didiamkan pada suhu ruang sekitar 10 menit, lalu disentrifus dengan kecepatan 8000 rpm selama 10 menit. Air dalam tabung dibuang secara perlahan lalu hasil ditimbang.

3. Hasil dan Pembahasan

Amilum yang digunakan dalam penelitian ini memiliki karakteristik berupa bentuk serbuk halus yang berwarna putih, tidak berasa, dan tidak berbau. Untuk menghilangkan pengotor pada pati jagung maka dilakukan pencucian sebelum pati digunakan. Setelah dilakukan pencucian amilum maka didapatkan amilum jagung yang memiliki karakteristik dengan bentuk serbuk yang lebih halus dan warna yang lebih putih, tidak berasa dan tidak berbau.

3.1. Modifikasi Amilum Jagung

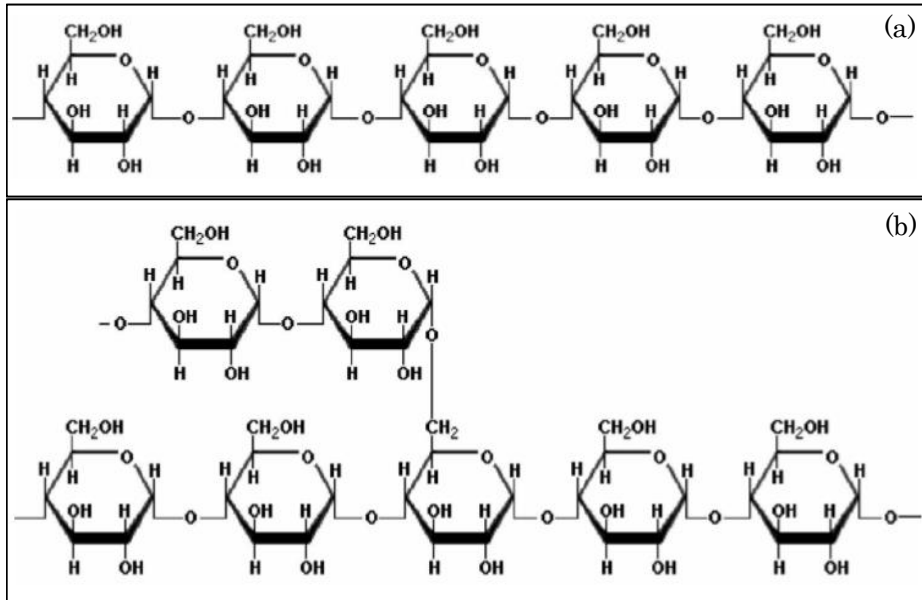
Amilum jagung yang telah termodifikasi didapatkan hasil dalam bentuk kopolimer. Pemilihan sodium tripolyphosphate sebagai agen *crosslink* karena adanya pembentukan gugus fosfat yang menggantikan gugus hidroksil (OH) pada saat modifikasi pati. Interaksi amilum jagung dengan STPP mengarah pada pembentukan ikatan silang yang biokompatibel. Adanya penambahan HPMC didapatkan kopolimer semakin kuat, setiap kenaikan konsentrasi STPP maka kopolimer yang dihasilkan akan semakin kuat, keras, dan tidak mudah patah.

3.2. Karakterisasi Amilum Jagung

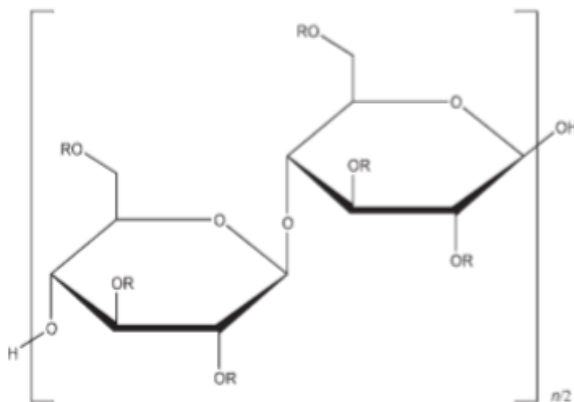
Hasil amilum jagung yang telah termodifikasi dilihat karakterisasinya secara kimia dengan Uji FTIR dan secara fisika dengan Uji SEM (*scanning electron microscope*), uji *swelling power*, uji sifat alir, dan uji sudut diam.

3.3. Uji FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

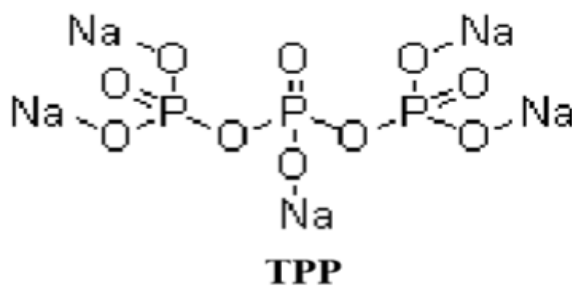
Uji FTIR dilakukan pada pati jagung yang sudah termodifikasi untuk melihat adanya perubahan pada gugus fosfat pada saat dilakukannya modifikasi pati jagung dengan HPMC dan Sodium Tripolifosfat. Struktur senyawa pada pati jagung tersaji pada [Gambar 1](#), struktur HPMC tersaji pada [Gambar 2](#), dan struktur STPP tersaji pada [Gambar 3](#).



Gambar 1. Struktur Kimia (a) Amilosa (b) Amilopektin [14]

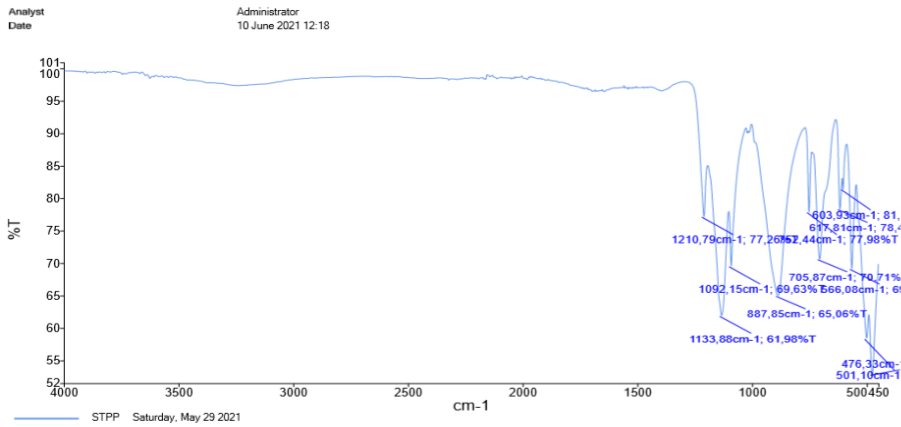


Gambar 2. Struktur Kimia HPMC [10]

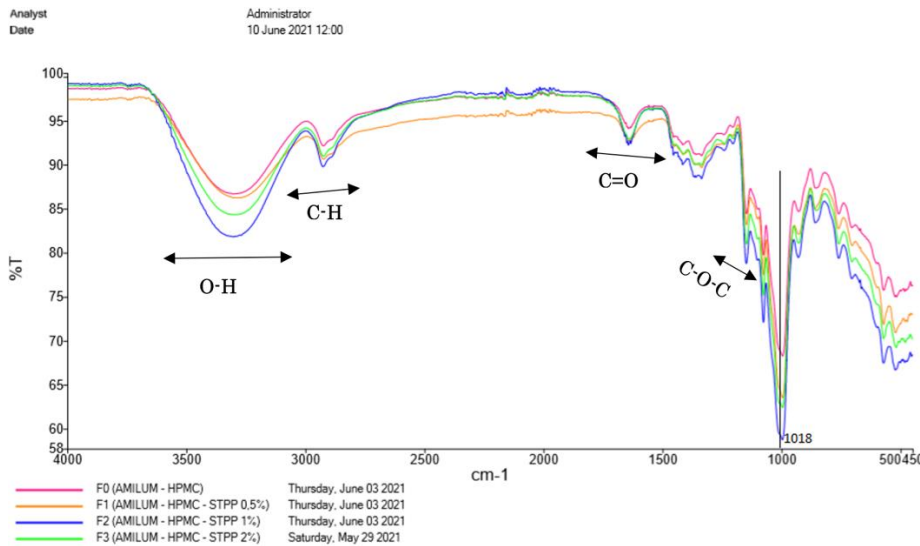


Gambar 3. Struktur Kimia Sodium Tripolifosfat [15]

Reaksi fosfat yang terjadi pada modifikasi ini menghasilkan gugus OH pada pati jagung dan HPMC terganti dengan gugus fosfat dari STPP. STPP sebagai *crosslinking agent* yang digunakan untuk menghubungkan pati jagung dan HPMC agar dapat terjadi proses *crosslink* ([Gambar 4](#)). Hasil uji FTIR dalam pengujian ini ditunjukkan pada [Gambar 5](#), [Gambar 6](#), [Gambar 7](#) dan [Gambar 8](#).



Gambar 7.
Hasil FTIR dari STPP



Gambar 8.
Hasil FTIR Formula 0, 1, 2, dan 3

Menurut penelitian Gao et al [16], Carvalho et al [17] dan Aulya [18] puncak yang lebar dan kuat pada kisaran gelombang 3750-3300 cm^{-1} dikaitkan dengan getaran gugus O-H yang terikat dengan hidrogen, peregangan pada gugus C-O-C ditemukan pada sekitar 1158 cm^{-1} , gelombang C=O berada pada gelombang 1635 cm^{-1} . Puncak antara 2945 cm^{-1} dikaitkan dengan gugus C-H, ditemukan ikatan P=O pada gelombang 1212 cm^{-1} , dan puncak P-O-C meregang pada gelombang 1018 cm^{-1} (Tabel 2).

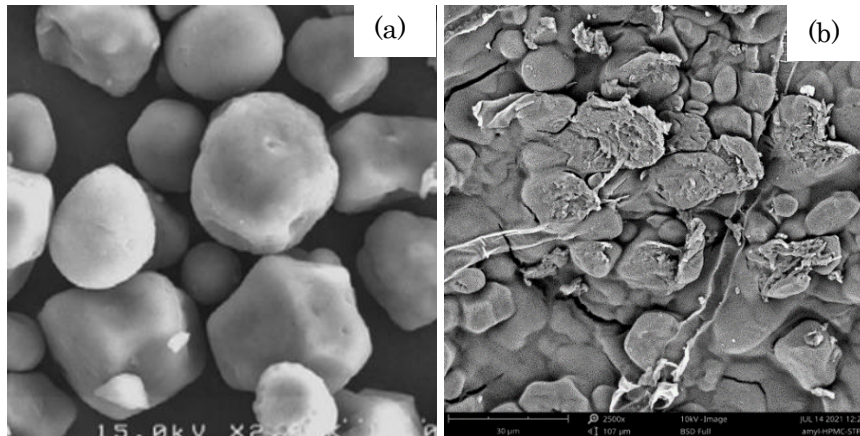
Tabel 2. Nilai bilangan gelombang hasil Uji FTIR

Sampel	OH	C-H	C=O	C-O-C	P=O	P-O-C
Pati jagung	3291	2932	1644	1150	-	-
HPMC	3392	2902	1644	-	-	-
STPP	-	-	-	-	1210	-
Formula 0	3306	2927	1644	1148	-	-
Formula 1	3289	2924	1644	1148	-	-
Formula 2	3307	2928	1644	1149	-	1018
Formula 3	3299	2926	1641	1148	-	1018

Pada penelitian Aulya [18] pada analisis FTIR pati fosfat menunjukkan puncak vibrasi pada daerah panjang gelombang 1018,41 cm^{-1} dengan adanya gugus P-O-C asimetrik yang terbentuk. Serapan ini berasal dari agen mengikat silang yang ditambahkan yaitu natrium trimetafosfat yang menggantikan gugus O-H pada molekul pati. Hal ini menunjukkan telah terjadinya penambahan gugus baru pada pati termodifikasi. Pada formula 2 dan formula 3 terjadi munculnya sedikit vibrasi pada panjang gelombang 1018 cm^{-1} , hal ini menandakan bahwa telah terjadi reaksi *crosslinking* antara pati jagung dan HPMC dengan Sodium tripolifosfat.

3.4. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Uji analisis SEM dilakukan untuk melihat bentuk morfologi dari pati jagung yang sudah termodifikasi dapat dilihat pada **Gambar 9**.

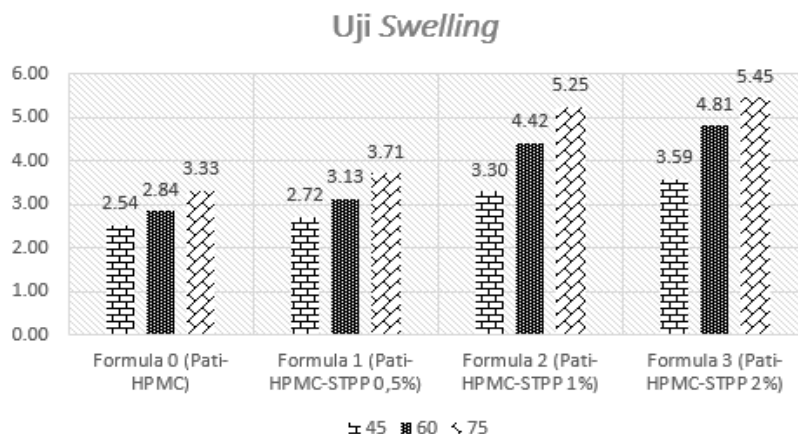


Gambar 9.
(a) Hasil uji *Scanning Electron Microscopy* pada pati alami [19]; (b) pati yang sudah termodifikasi dengan perbesaran 2500x

Bentuk morfologi pada pati jagung yaitu berbentuk granula poligonal. Menurut penelitian Koo et al [19] pada granula pati jagung asli berbentuk poligonal dengan tepi yang jelas, sedangkan pati yang sudah di-*crosslinking* menunjukkan permukaan yang agak kasar dan terdapat zona hitam di permukaan. Zona hitam menunjukkan adanya fragmentasi ringan dan pembentukan alur yang ada didalam granula pati. Pati yang sudah termodifikasi dapat dilihat pada gambar b, pati jagung termodifikasi didapatkan morfologi yang sedikit kasar, hal ini sejalan dengan penelitian Singh dan Nath [20] yang mengatakan bahwa granula pati yang sudah termodifikasi akan kehilangan kehalusan dan integritas strukturalnya. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk permukaan yang kasar dan rapat karena adanya pengaruh dari *crosslinking* beserta dengan adanya HPMC sebagai polimer yang memiliki daya ikat yang cukup kuat.

3.5. Uji *Swelling Power*

Uji *Swelling* menunjukkan secara tidak langsung daya ikat air dari pati atau daya kembang dari suatu kopolimer [20]. Semakin tinggi kemampuan pati untuk mengembang dalam air maka semakin tinggi pula nilai *swelling power* yang didapatkan. Pembengkakan terjadi di daerah amorf butir pati. Butir-butir pati jika dipanaskan akan mengakibatkan ikatan hidrogen yang lemah pada daerah amorf pati akan terputus, sehingga terjadi hidrasi air oleh butiran pati. Butir-butir pati akan terus mengembang sampai mencapai volume hidrasi maksimum yang dapat dicapai oleh butir-butir pati sehingga akan meningkatkan viskositasnya [13].



Gambar 10.
Perbandingan hasil uji *swelling pati* yang sudah termodifikasi dengan berbagai seri konsentrasi STPP

Gambar 10 merupakan hasil uji *swelling* untuk pati jagung sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi. Untuk menentukan nilai *swelling* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\text{Swelling index} = \frac{\text{Sedimen Weight}}{\text{Dry Weight}} \quad (1)$$

Dapat dilihat bahwa seiring dengan kenaikan suhu maka *swelling power* semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Amin [13] yang mengatakan semakin tinggi suhu pada pemanasan pati maka semakin banyak molekul pati yang akan keluar dari granula pati. Selama pemanasan akan terjadi pemecahan granula pati, sehingga amilosa akan dilepaskan lebih banyak pada pati yang kandungan amilosa yang lebih tinggi. Pati jagung diberikan perlakuan dengan berbagai suhu yaitu 45°C, 60°C, dan 75°C selama 30 menit lalu didinginkan pada suhu kamar dan didiamkan ±10 menit lalu disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 8000 rpm.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi STPP maka semakin besar pembengkakannya, hal ini sesuai dengan penelitian Novitasari et al [21] yang mengatakan semakin tinggi penambahan konsentrasi STPP akan meningkatkan nilai *swelling power*, hal ini disebabkan karena saat pati bereaksi dengan STPP dapat menghasilkan gugus fosfat yang bersifat polar sehingga gugus fosfat ini mudah mengikat air. Air akan berpenetrasi masuk ke dalam granula pati pada saat pemanasan sehingga akan meningkatkan nilai *swelling power*. Ion yang bersifat hidrofilik (ion suka air) dihasilkan ketika pati direaksikan dengan STPP. Semakin banyak konsentrasi STPP yang ditambahkan maka semakin banyak gugus fosfat yang mengikat air, sehingga saat pati dipanaskan akan meningkatkan nilai *swelling*. Menurut Putri [22] HPMC memberikan pengaruh dalam pengembangan karena HPMC adalah polimer golongan non-ionic yang memiliki kemampuan untuk mengembang.

Nilai dari *swelling index* akan mempengaruhi waktu hancur tablet, mekanisme hancurnya tablet yang mengandung pati adalah melalui mekanisme *swelling* atau mengembang. Tablet akan semakin cepat larut dan hancur seiring dengan bertambahnya jumlah bahan penghancur yang ditambahkan, sehingga semakin lambat mekanisme tablet dalam mengabsorpsi air, maka semakin lama pula bahan penghancur bekerja, dan akan mengakibatkan semakin lama pula waktu hancurnya [23].

3.6. Uji Sifat Alir dan Sudut Diam

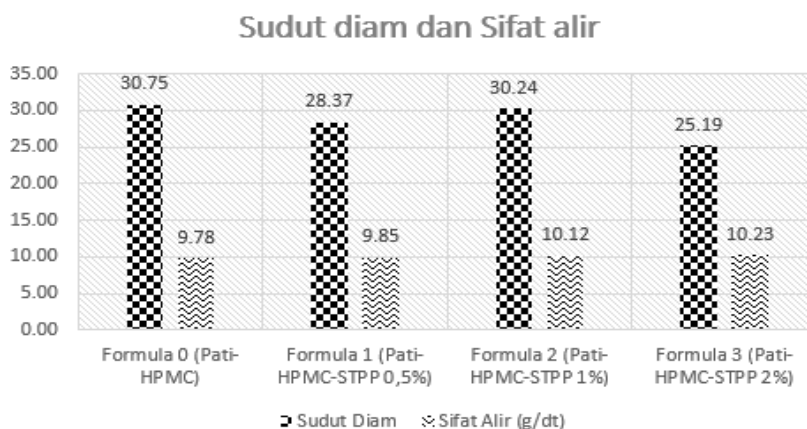
Uji sifat alir dan sudut diam dilakukan untuk mengetahui baik atau tidaknya aliran serbuk dikarenakan sifat alir serbuk yang baik penting untuk pembuatan tablet yang efisien.

Sifat aliran serbuk sangat penting untuk produksi tablet yang efisien. Aliran yang baik dari serbuk atau granul untuk kompresi sangat penting untuk memastikan pencampuran yang efisien dari tablet terkompresi dan keseragaman berat yang dapat diterima. Sifat aliran serbuk yang baik penting untuk pengisian ke dalam lubang cetakan mesin yang seragam dan pergerakan material yang mudah di dalam fasilitas produksi. Sifat alir dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk partikel, partikel yang lebih besar dan bulat menunjukkan aliran yang lebih baik [24].

Kategori sudut diam yang sangat baik ialah <30°, 31-35° Baik, 36-30° Sedang, dan 41-45° Cukup [23]. Pada formula 0 dan formula 2 didapatkan data sudut diam diatas angka 30° yang termasuk dalam kategori sudut diam yang baik, sedangkan formula 1 dan formula 2 menunjukkan angka kurang dari 30° dan formula tersebut termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil uji data statistika shapiro-wilk menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari

pengukuran sudut diam menunjukkan data terdistribusi normal dengan nilai p lebih besar dari 0,05.

Menurut Murtini dan Elisa [25] sifat alir yang sangat baik ketika laju alir (gram/detik) lebih dari 10, laju alir 4-10 (gram/detik) termasuk kategori baik, dan <4 termasuk dalam kategori sukar mengalir. Dilihat pada **Gambar 11**, formula 0 dan 1 menunjukkan sifat alir yang baik, sedangkan pada formula 2 dan 3 menunjukkan sifat alir yang sangat baik. Hasil uji data statistika shapiro-wilk menunjukkan bahwa data yang diperoleh dari pengukuran sifat alir menunjukkan data terdistribusi normal dengan nilai p lebih besar dari 0,05. Evaluasi sudut diam sama dengan evaluasi kecepatan alir, dimana pati dituangkan ke dalam corong, diukur tinggi kerucut, dan diukur diameter kerucut. Menurut Elisabeth et al [26] sudut diam yang terbentuk $\geq 40^\circ$ menyatakan bahwa sediaan memiliki daya alir yang kurang baik. **Gambar 11** menunjukkan bahwa pati termodifikasi dengan penambahan STPP dan tanpa STPP memiliki persyaratan sudut diam yang baik.



Gambar 11. Grafik sudut diam dan sifat alir tiap formula

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari modifikasi pati jagung dengan HPMC dan STPP sebagai *crosslinking agent*. Pada hasil uji FTIR terjadinya *crosslink* didapatkan pada formula 2 dan 3. Pati jagung yang sudah termodifikasi memiliki permukaan yang kasar dan berbentuk rapat dari pada pati jagung yang alami. Hasil uji *swelling* semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi STPP karena STPP bersifkat hidrofilik sehingga lebih banyak mengikat air. Pada uji sifat alir dan sudut diam pati yang sudah termodifikasi memiliki sifat alir yang baik dan memenuhi persyaratan sudut diam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada LPPM UMS yang memberikan kesempatan penulis dalam publikasi ini, para *reviewer* dan *proofreader*. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Farmasi yang telah memfasilitasi pengambilan data penelitian di Laboratrium Teknologi Farmasi.

Referensi

- [1] M. Cornelia, R. Syarieff, H. Effendi, and B. Nurtama, "Pemanfaatan Pati Biji Durian (*Durio zibethinus* Murr.) dan Pati Sagu (*Metroxylon* sp.) Dalam Pembuatan Bioplastik," *Jurnal Kimia dan Kemasan*; Vol. 35 No. 1 April 2013, 2013.
- [2] N. Alam and D. Nurhaeni, "Pati Jagung Berbagai Varietas Yang Diekstrak Dengan Pelarut Natrium Bikarbonat," *J. Agroland*, vol. 15, no. 2, pp. 89–94, 2008.
- [3] A. Shalvir, Q. Liu, M. J. Abdekhodaie, and X. Y. Wu, "Novel modified starch-xanthan

- gum hydrogels for controlled drug delivery: Synthesis and characterization," *Carbohydrate Polymers*, vol. 79, no. 4, pp. 898–907, 2010, doi: 10.1016/j.carbpol.2009.10.016.
- [4] H. Jacobs and J. A. Delcour, "Hydrothermal Modifications of Granular Starch, with Retention of the Granular Structure: A Review," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 46, no. 8, pp. 2895–2905, Aug. 1998, doi: 10.1021/jf980169k.
- [5] A. S. Adebayo and O. A. Itiola, "Evaluation of breadfruit and cocoyam starches as exodisintegrants in a paracetamol tablet formulation," *Pharmacy and Pharmacology Communications*, vol. 4, no. 8, pp. 385–389, 1998, doi: 10.1111/j.2042-7158.1998.tb00716.x.
- [6] I. A. Wani, D. S. Sogi, A. A. Wani, B. S. Gill, and U. S. Shivhare, "Physico-chemical properties of starches from Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars," *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 45, no. 10, pp. 2176–2185, 2010, doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02379.x.
- [7] M. M. Al-Tabakha, "HPMC capsules: Current status and future prospects," *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, vol. 13, no. 3, pp. 428–442, 2010, doi: 10.18433/J3K881.
- [8] R. Ortega-Toro, A. Jiménez, P. Talens, and A. Chiralt, "Properties of starch-hydroxypropyl methylcellulose based films obtained by compression molding," *Carbohydrate Polymers*, vol. 109, pp. 155–165, 2014, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.03.059.
- [9] D. L. Ali, M. Ahmad, and M. Minhas, "Evaluation of cross-linked hydroxypropyl methylcellulose graft-methacrylic acid copolymer as extended release oral drug carrier," *Cellulose Chemistry and Technology*, vol. 49, pp. 143–151, Feb. 2015.
- [10] R. C. Rowe, P. J. Sheskey, and M. E. Quinn, *Handbook of Pharmaceutical Excipient*, Sixth. 2009.
- [11] F. Haq *et al.*, "Advances in chemical modifications of starches and their applications," *Carbohydrate Research*, vol. 476, pp. 12–35, 2019, doi: 10.1016/j.carres.2019.02.007.
- [12] B. Soebagio, Sriwidodo, and A. Aditya, "Penguajian Sifat Fisikokimia Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*) Alami dan Modifikasi Secara Hidrolisis Asam," *Jurnal Universitas Padjajaran*, pp. 2–10, 2009.
- [13] N. U. R. A. Amin, "Pengaruh Suhu Fosforilasi Terhadap Sifat Fisikokimia Pati Tapioka Termodifikasi," *Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar*, 2013.
- [14] A. Zulaidah, "Modifikasi ubi kayu secara biologi menggunakan starter bimo-cf menjadi tepung termodifikasi pengganti gandum." Universitas Diponegoro, 2011.
- [15] J. Varshosaz and S. Karimzadeh, "Development of cross-linked chitosan films for oral mucosal delivery of lidocaine," *Research in Pharmaceutical Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 43–52, 2007.
- [16] F. Gao, D. Li, C. H. Bi, Z. H. Mao, and B. Adhikari, "Preparation and characterization of starch crosslinked with sodium trimetaphosphate and hydrolyzed by enzymes," *Carbohydrate Polymers*, vol. 103, no. 1, pp. 310–318, 2014, doi: 10.1016/j.carbpol.2013.12.028.
- [17] F. G. de Carvalho *et al.*, "Synthesis and characterization of TPP/chitosan nanoparticles: Colloidal mechanism of reaction and antifungal effect on *C. albicans* biofilm formation," *Materials Science and Engineering C*, vol. 104, no. May, 2019, doi: 10.1016/j.msec.2019.109885.
- [18] M. Aulya, "Biodegradasi Dan Sifat Termal Biokomposit Polikaprolakton (Pcl)/ Pati Sukun Yang Diikatsilang Dengan Trinatrium Trimetaposfat," 2018.
- [19] S. H. Koo, K. Y. Lee, and H. G. Lee, "Effect of cross-linking on the physicochemical and physiological properties of corn starch," *Food Hydrocolloids*, vol. 24, no. 6–7, pp. 619–625, 2010, doi: 10.1016/j.foodhyd.2010.02.009.
- [20] A. V. Singh and L. K. Nath, "Synthesis and evaluation of physicochemical properties of cross-linked *Phaseolus aconitifolius* starch," *Starch/Staerke*, vol. 63, no. 10, pp. 655–660, 2011, doi: 10.1002/star.201100034.
- [21] S. Novitasari, I. W. Rai Widarta, and A. A. I. Sri Wiadnyani, "Pengaruh Penambahan Sodium Tripolifosfat (Stpp) Terhadap Karakteristik Pati Sente (*Alocasia Macrorrhiza* (L.) Schoot) Yang Dimodifikasi Dengan Metode Cross-Linking," *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA): Vol 5 No 2 (2016): Jurnal ITEPA*, 2016.
- [22] A. N. Putri, T. N. Saifullah, and M. Murrukmihadi, "Pengaruh Carbopol 934P,

- Hydroxy Propyl Methyl Cellulose, dan Polietilen Glikol Terhadap Swelling Indexs Pada Sediaan Tablet Bukal Bilayer Simvastatin,” *Jurnal Pharmascience*, vol. 03, no. 02, pp. 9–13, 2016.
- [23] S. Rahayu, N. Azhari, and I. Ruslinawati, “Penggunaan Amylum Manihot Sebagai Bahan Penghancur Dalam Formulasi Tablet Ibuprofen Secara Kombinasi Intragranular-Ekstragranular,” *Journal of Current Pharmaceutical Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 2598–2095, 2017.
- [24] R. Khairunnisa *et al.*, “Evaluasi Sifat Alir Dari Pati Talas Safira (*Colocasia esculenta* var *Antiquorum*) Sebagai Eksipien Dalam Formulasi Tablet,” *Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 22–26, 2016.
- [25] G. Murtini and Y. Elisa, *Teknologi Sediaan Solid*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2018.
- [26] V. Elisabeth, P. P. Y. Yamlean, and H. S. Supriati, “Formulasi Sediaan Granul Dengan Bahan Pengikat Pati Kulit Pisang Goroho (*Musa Acuminata* L.) Dan Pengaruhnya Pada Sifat Fisik Granul,” *Pharmacoin*, vol. 7, no. 4, pp. 1–11, 2018, doi: 10.35799/pha.7.2018.21416.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
