

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL POLI (VINIL ALKOHOL) MALEAT (PVAM) DENGAN PATI TAPIOKA TERMODIFIKASI EKSTRAK JAHE

Ediningsih¹, Joko Pitono¹, Ani Mardiana², dan Erizal³

¹Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111

²Jurusan Kimia Insitut Pertanian Bogor

³Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya Ps. Jumat PO BOX 7002, JKSKL 12070

E-mail : ediningsih1217@gmail.com

Received : 28 Desember 2017; revised : 22 Januari 2018 ; accepted : 24 Oktober 2018

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL POLI (VINIL ALKOHOL) MALEAT (PVAM) DENGAN PATI TAPIOKA TERMODIFIKASI EKSTRAK JAHE. Modifikasi hidrogel dengan polimer alami mulai banyak dikembangkan. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan hidrogel dengan kualitas mutu yang lebih baik dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pati tapioka yang telah dimodifikasi dengan ekstrak jahe pada hidrogel PVAM hasil sintesis PVA dengan maleat anhidrida (MA) menggunakan inisiator aluminium persulfat ($K_2S_2O_8$). Sintesis hidrogel dilakukan dengan reaksi kopolimerisasi cangkok. Parameter yang diamati meliputi analisis gugus fungsi dengan spektroskopi FTIR (*Fourier transform infrared*), fraksi gel, derajat pengembangan, dan derajat *grafting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak serapan dari hidrogel PVAM-g-tapioka jahe lebih lemah dibandingkan PVAM yang ditandai dengan ikatan C=C pada bilangan gelombang 1625 cm^{-1} . Nilai fraksi gel dan derajat *grafting* hidrogel PVAM-g-tapioka jahe (85,42% dan 97,62%) lebih tinggi dibandingkan PVAM-g-tapioka (76,56% dan 92,19%). Akan tetapi, derajat pengembangan hidrogel PVAM-g-tapioka jahe lebih rendah (275,72%) dibandingkan PVAM-g-tapioka (286,58%). Penelitian ini memberikan informasi bahwa penambahan ekstrak jahe dapat meningkatkan sifat fisik dari hidrogel PVAM-g-tapioka.

Kata kunci : Hidrogel, PVA, Maleat anhidrida, Pati tapioka, Ekstrak jahe

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERISATION OF POLY HYDROGEL (VINYL ALCOHOL) MALEIC (PVAM) WITH GINGER EXTRACT MODIFIED STARCH. Modification of hydrogels with natural polymers has been extensively developed. In order to get a hydrogel with better quality and environmental friendly. Therefore, this research aims to determine the effect of the addition of modified tapioca starch with ginger extract on PVAM hydrogel as the result of PVA synthesis with maleic anhydride (MA) using aluminum persulfate initiator ($K_2S_2O_8$). The hydrogel synthesis was carried out by the reaction of the graft copolymerization. The parameters observed included functional group analysis with FTIR (*Fourier transform infrared*) spectroscopy, gel fraction, the degree of swelling, and degree of grafting. The results showed that the absorption peak of PVAM-g-tapioca ginger extract is weaker than PVAM which is characterized by the C=C bond at the wave number 1625 cm^{-1} . Gel fraction value and degree of grafting PVAM-g- tapioca ginger extract hydrogel (85,42% and 97,62%) are higher than PVAM-g-tapioca (76,56% and 92,19%). The degree of swelling PVAM-g-tapioca ginger extract hydrogel is lower (275,72%) than PVAM-g-tapioca (286,58%). This research provides information that the addition of ginger extract could increase the physical properties of PVAM-g-tapioca.

Keywords : Hydrogel, PVA, Maleic anhydride, Starch tapioca, Ginger extract

PENDAHULUAN

Hidrogel merupakan polimer hidrofilik yang dapat menahan air dalam jaringan tiga dimensinya (Ahmed 2015). Hidrogel telah dimanfaatkan sebagai plester penurun demam (Darmawan and Lely 2010), sensor implan untuk meminimalkan peradangan (Tavakoli and Tang 2017) dan mengontrol laju pelepasan pupuk (Mahdavinia *et al.* 2009). Hidrogel berbahan polimer sintesis seperti polietilen oksida (PEO), polivinil piroolidon (PVP), asam poliakrilat (PAA), polimetakrilat (PMA), polietilen glikol (PEG) dan polivinil alkohol (PVA) telah banyak dikembangkan (Gulrez *et al.* 2011). Sukhlaaied *et al.* (2013) melaporkan bahwa PVA dapat digunakan sebagai bahan dasar hidrogel karena memiliki resistensi tinggi terhadap pelarut organik, gaya adhesi yang baik, dan tidak beracun. Namun, hidrogel berbahan dasar polimer ini memiliki kekuatan mekanik yang rendah yaitu mudah terdegradasi apabila berada di dalam larutan berair (Riyajan *et al.* 2015).

Salah satu cara yang digunakan untuk memperbaiki kekurangan PVA adalah melalui reaksi kopolimerisasi cangkok yang melibatkan pembentukan situs aktif berupa radikal bebas pada polimer induk. Kelebihan dari teknik ini antara lain memperbaiki sifat-sifat seperti kemampuan menyerap air, elastisitas, kemampuan tukar ion, ketahanan termal, dan ketahanan terhadap serangan mikroba (McDowall *et al.* 1984). Reaksi ini dapat dilakukan dengan menambahkan suatu pengkompatibel seperti asetat anhidrida, maleat anhidrida, dan suksinat anhidrida untuk memadukan polimer tidak kompatibel menjadi campuran stabil melalui ikatan intermolekuler dan membentuk ekor polimer yang larut dalam komponen lain. Menurut Riyajan *et al.* (2015), sintesis hidrogel dari PVA dengan maleat anhidrida (MA) membentuk hidrogel PVAM tanpa pelarut organik pada larutan berair merupakan teknik yang murah dan ramah lingkungan. Namun, tingkat biodegradasi PVA terhadap lingkungan sangat rendah, sehingga Riyajan *et al.* (2015) mereaksikan hidrogel PVAM dengan polimer yang memiliki derajat degradasi tinggi salah satunya adalah pati tapioka. Akan tetapi pati tapioka memiliki sifat mekanik yang kurang baik, di antaranya tidak larut dalam air dan viskositas yang tinggi sehingga membatasi kemampuan alami pati dalam berbagai aplikasi (Chin *et al.* 2012).

Modifikasi pati tapioka secara kimia dapat dilakukan dengan reaksi esterifikasi, *cross linking*, eterifikasi, oksidasi, kationisasi, dan pencangkokan (Neelam *et al.* 2012). Pati yang dimodifikasi akan memiliki viskositas yang lebih stabil, kelarutan dan daya pengembangan yang

tinggi (Rao dan Parimalavalli 2013), (Daramola dan Osanyinlusi 2006). *Cross-linking* memperkuat ikatan hidrogen pada pati dengan membentuk ikatan kovalen baru (Rao dan Parimalavalli 2013). Rao dan Parimalavalli (2013) melaporkan, tapioka yang di *crosslinking* dengan jahe konsentrasi 5% pada suhu 80 °C memiliki daya pengembangan dan kelarutan yang lebih tinggi ($14,5 \pm 0,45$ g/g) dan ($8,8 \pm 1,55\%$) bila dibandingkan dengan pati asli ($11,2 \pm 20,84$ g/g) dan ($7,1 \pm 0,45\%$). Hal ini diduga karena adanya senyawa yang mengandung ikatan rangkap aktif seperti hidroksil fenil atau metoksi fenil yang ada dalam senyawa jahe seperti gingerol, dehydroginger-dione, dan shogaol (Kikuzaki and Nakatani, 1993). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pati yang telah dimodifikasi dengan reagen *crosslinking* alami ekstrak jahe terhadap karakteristik hidrogel PVAM dengan menggunakan inisiator kalium persulfat ($K_2S_2O_8$).

BAHAN DAN METODE

Bahan

Pati tapioka (Rose brand), jahe emprit, polivinil alkohol (Merck), anhidrida maleat (Merck), kalium persulfat (Merck), dan aquades.

Metode

Penelitian terdiri dari empat tahap, yaitu ekstraksi jahe, modifikasi pati tapioka dengan ekstrak jahe, sintesis hidrogel PVAM, dan sintesis hidrogel PVAM dengan pati tapioka termodifikasi ekstrak jahe. Dilanjutkan dengan karakterisasi terhadap produk hidrogel yang meliputi analisis gugus fungsi menggunakan spektroskopi FTIR (*Fourier transform infrared*), fraksi gel, derajat pengembangan, dan derajat *grafting*.

Ekstraksi Jahe

Serbuk jahe emprit sebanyak 500 gram diekstraksi maserasi selama 3 jam dengan pelarut etanol 70%. Perbandingan pelarut dengan serbuk jahe adalah 1:5. Kemudian ekstrak dipekatkan dengan *evaporator* Buchi 461 (BÜCHI Labortechnik AG, Switzerland) untuk mendapatkan ekstrak kental.

Modifikasi Pati Tapioka dengan Ekstrak Jahe (Indra dan Wibowo 2013)

Pati Tapioka sebanyak 300 gram dicampur dengan 500 ml akuades dan 0,4 mL ekstrak jahe. Selanjutnya campuran dipanaskan pada suhu 30 °C selama 30 menit dan dikeringkan pada suhu 50 °C selama 24 jam.

Setelah itu, pati tapioka dan pati tapioka yang sudah dimodifikasi dengan ekstrak jahe dikarakterisasi dengan parameter pengamatan meliputi kadar air (SNI 01-2891-1992), kadar abu (SNI 01-2891-1992), protein (SNI 01-2891-1992), lemak (SNI 01-2891-1992), dan karbohidrat yang merupakan hasil pengurangan dari beberapa parameter yang dilakukan.

Sintesis Hidrogel PVAM (Riyajan et al. 2015)

Maleat anhidrida sebanyak 20 ml 3% b/v ditambahkan ke dalam 50 ml 7% b/v larutan PVA. Kemudian diaduk pada suhu 70 °C selama 2 jam sampai terbentuk gel pada campuran tersebut dan didinginkan pada suhu ruang.

Sintesis PVAM-g-tapioka jahe (Riyajan et al. 2015)

Kalium persulfat sebanyak 10 ml 2,5% b/v ditambahkan ke dalam larutan PVAM, diaduk pada suhu 70 °C selama 5 menit. Kemudian ditambahkan pati tapioka yang telah dimodifikasi ekstrak jahe dengan konsentrasi 10% b/v ke dalam larutan KPS/PVAM. Selanjutnya campuran diaduk pada suhu 70 °C selama 1 jam dan didinginkan. PVAM-g-tapioka jahe dituangkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 7 hari pada suhu ruang. Hasil cetakan direndam dalam akuades selama 3 hari pada suhu kamar untuk menghilangkan kotoran dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40 °C selama 1 hari.

Karakterisasi Hidrogel

Analisis Gugus Fungsi dengan Spektroskopi FTIR (Fourier transform infrared)

Sampel hidrogel PVAM-g-tapioka jahe dianalisis menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000 cm⁻¹ sampai dengan 500 cm⁻¹ dengan sampel yang dibuat dalam bentuk tablet atau pelet.

Fraksi Gel

Hidrogel dimasukkan ke dalam kantong kertas dan ditimbang (W1), kemudian direndam dalam 100 ml akuades selama 24 jam, lalu dikeringkan di oven pada suhu 60 °C selama ±24 jam sampai bobot konstan. Selanjutnya hidrogel ditimbang (W2). Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Fraksi gel dihitung menggunakan persamaan (1) berikut :

$$\text{fraksi gel(\%)} = \frac{W_2}{W_1} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

- W1 = Bobot awal hidrogel kering (g)
- W2 = Bobot akhir hidrogel setelah perendaman (g)

Derajat Pengembangan

Evaluasi derajat pengembangan dilakukan untuk mengetahui kapasitas penyerapan cairan yang dapat masuk ke dalam jaringan hidrogel. Sampel hidrogel kering dengan bobot konstan direndam di dalam air destilasi pada suhu ruang (27 °C) sampai pengembangan maksimum. Permukaan sampel hidrogel yang telah mengembang dihilangkan kandungan airnya menggunakan tisu. Perlakuan ini dilakukan sebanyak tiga kali ulangan dan rerata berat pengembangan ditentukan, mengikuti persamaan (2) di bawah ini :

$$\text{Derajat pengembangan} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

- W1 = Bobot awal hidrogel sebelum direndam
- W2 = Bobot hidrogel setelah direndam

Derajat Grafting

Sampel hidrogel kering dengan bobot konstan diekstrak menggunakan metanol selama 24 jam untuk menghilangkan homopolimer dari Polivinil alkohol. Sampel hasil ekstraksi tersebut dicuci dengan air destilasi dan aseton untuk menghilangkan kandungan air. kemudian sampel yang telah kering ditimbang kembali. Perlakuan ini dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing sampel (Persamaan 3).

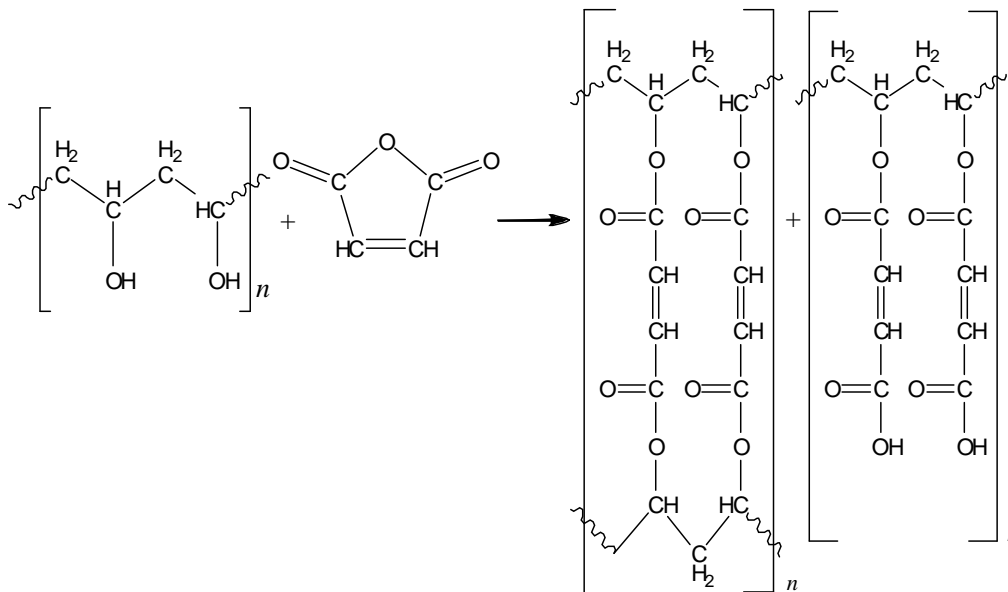
$$\text{Derajat grafting (\%)} = \frac{\text{berat sampel ekstraksi dalam metanol}}{\text{berat kering sampel}} \times 100 \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

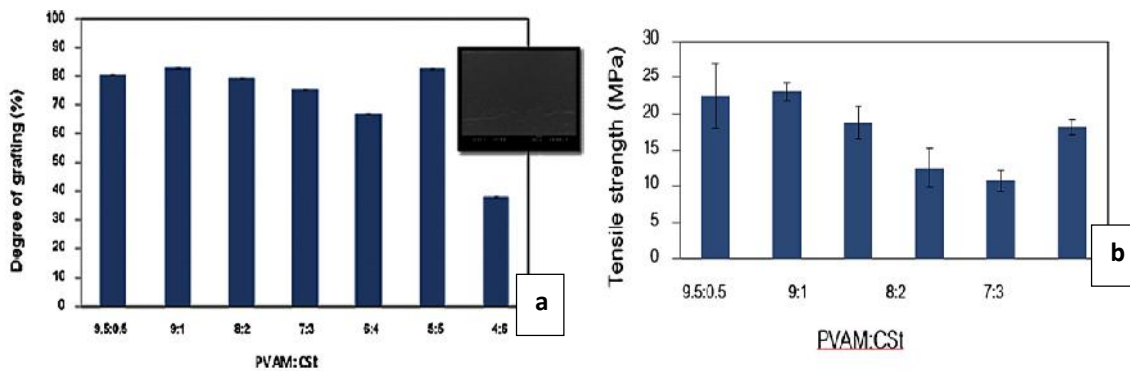
Hidrogel PVAM dibuat dengan menggunakan nisbah PVA:MA 7:3. Sukhlaaied dan Riyajan (2014) melaporkan, maleat anhidrida (MA) akan mencapai nilai pencangkakan tertinggi pada nisbah PVA:MA 7:3. Dalam larutan berair, polivinil alkohol (PVA) dan maleat anhidrida (MA) dapat bereaksi tanpa memerlukan inisiator. Maleat anhidrida (MA) akan mengalami pembukaan cincin dan bereaksi dengan gugus hidroksil dari polivinil alkohol (PVA). Reaksi antara polivinil alkohol (PVA) dan maleat anhidrida (MA) akan menghasilkan produk campuran, yaitu polivinil alkohol (PVA) tercangkok maleat anhidrida (MA) (PVA-g-MA) dan PVA tertaut silang oleh asam maleat (Gambar 1) (Sukhlaaied and Riyajan 2014). Hidrogel PVAM-g-tapioka disintesis dengan nisbah volume PVAM:tapioka 9:1 menggunakan kalium persulfat (K₂S₂O₈) sebagai inisiator. Nisbah 9:1 dipilih berdasarkan hasil penelitian (Riyajan et al. 2015) yang membuktikan bahwa hidrogel hasil perbandingan 9:1 memiliki derajat pencangkakan yang besar serta daya regang yang baik (Gambar 2).

Reaksi pembuatan hidrogel PVAM-g-tapioka melibatkan reaksi inisiasi dan propagasi. Pada reaksi inisiasi akan terbentuk radikal SO_4^\bullet dari kalium persulfat. Radikal ini akan mengabstraksi radikal hidrogen dari gugus karboksil PVAM, sehingga terbentuk radikal PVAM (Gambar 3). Pada tahap reaksi

propagasi, radikal PVAM akan bereaksi dengan gugus hidroksil pati tapioka melalui reaksi esterifikasi. Reaksi ini akan terus berlanjut sampai pada tahap terminasi. Pada proses pembentukan PVAM-g-tapioka, maleat anhidrida (MA) berfungsi sebagai penaut silang antara polivinil alkohol (PVA) dengan pati tapioka.

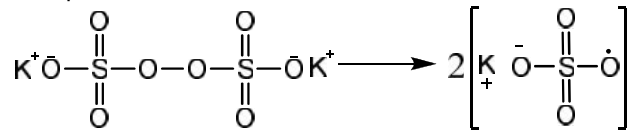


Gambar 1. Reaksi PVA dan MA (Sukhlaaied dan Riyajan 2014)

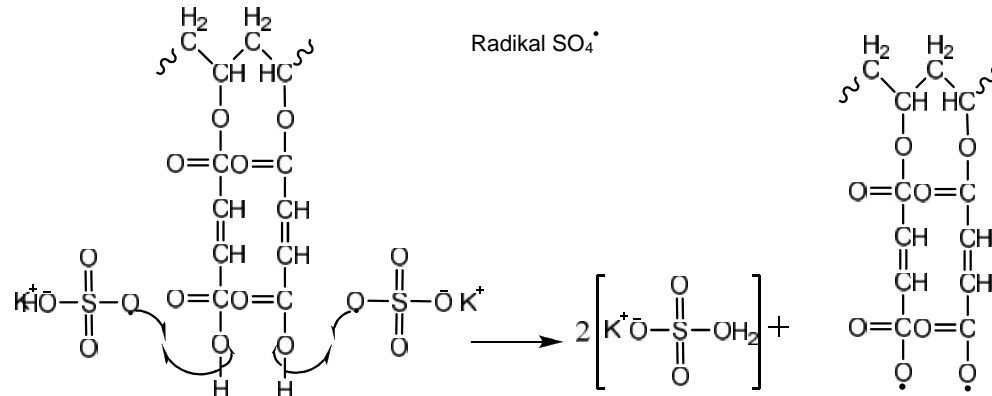


Gambar 2. Hasil uji tingkat pencangkakan (a) dan daya regang (b) PVAM:CSi (PVAM: Pati) pada berbagai nisbah Riyajan *et al.* 2015)

Tahap inisiasi

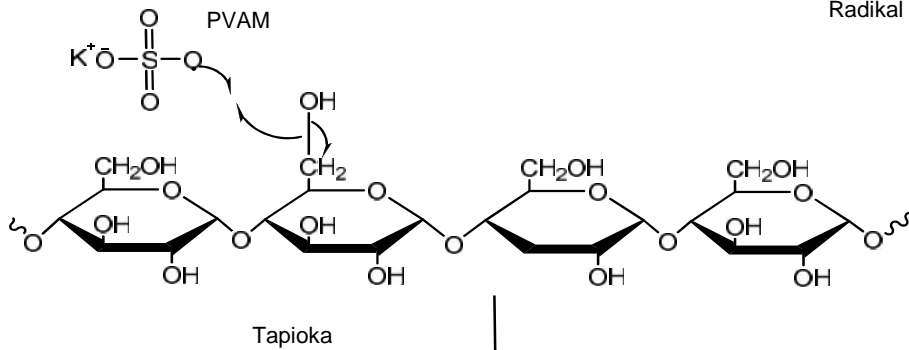


Radikal SO_4^\cdot

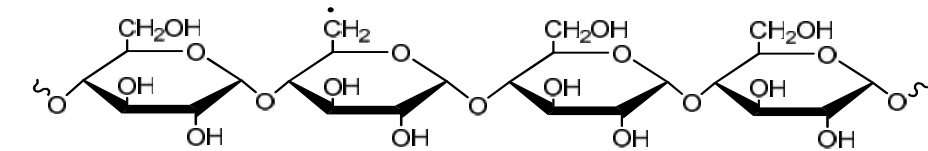


Radikal SO_4^\cdot

Radikal PVAM

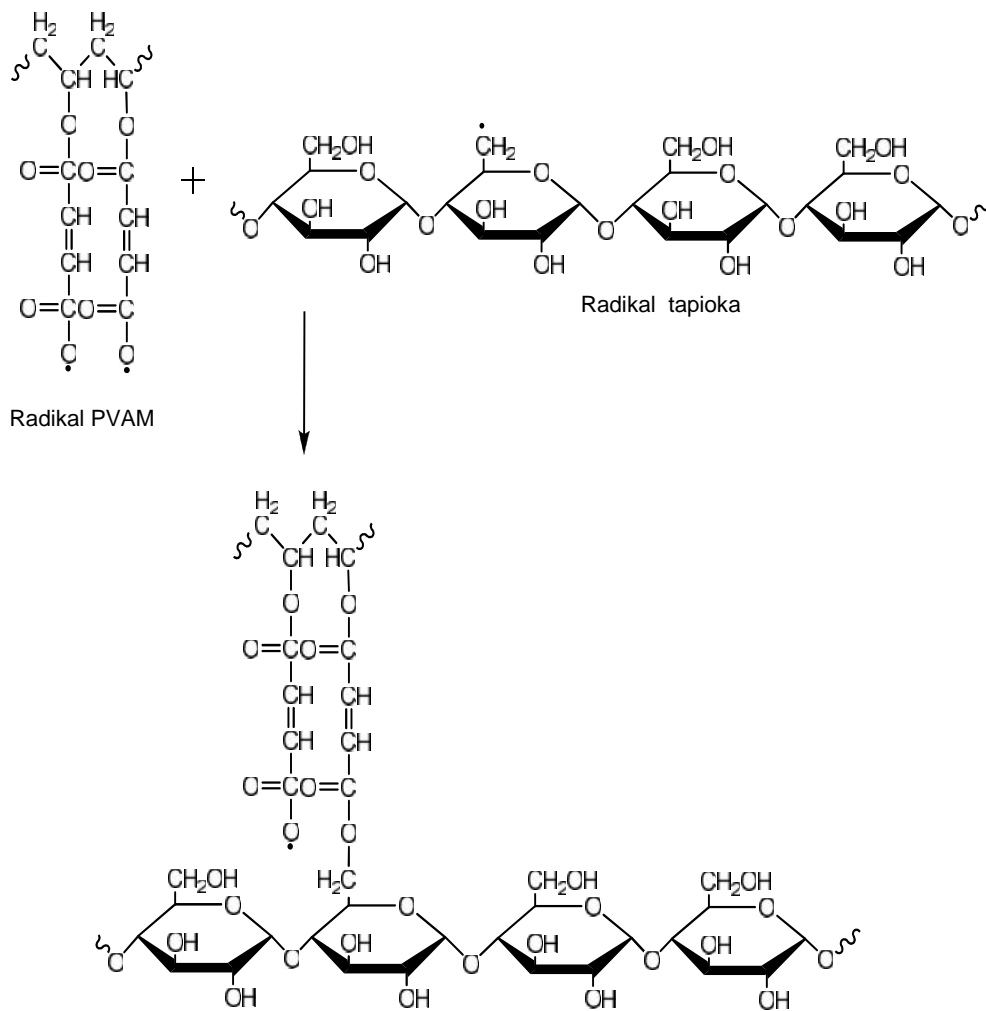


Tapioka



Tahap propagasi

Radikal tapioka tapioka



Gambar 3. Reaksi sintesis hidrogel PVAM-g-tapioka (Purwaningsih *et al.* 2012)

Kadar air dari pati tapioka yang telah dimodifikasi dengan ekstrak jahe lebih tinggi (11,70%) dibandingkan pati tapioka (11,23%) (Tabel 1). Hal ini juga dilaporkan Rao *et al.* (2014), kadar air pati tapioka (88,99%) lebih kecil dibandingkan tapioka yang sudah dimodifikasi jahe dengan konsentrasi 5% (94,63) dan 10% (95,26). Hal ini disebabkan adanya komponen yang terdapat dalam ekstrak jahe lebih bersifat hidrofilik dan lebih polar dengan jumlah gugus OH yang lebih banyak sehingga mampu meningkatkan interaksi dengan pati (Mizayaki *et al.* 2006). Kadar abu pati tapioka yang dihasilkan mengalami penurunan dengan adanya penambahan ekstrak jahe. Hal ini kemungkinan disebabkan selama proses modifikasi ada beberapa gugus fosfat dan

natrium yang terdapat dalam molekul amilopektin tidak dipertahankan sehingga jumlah abu berkurang (Carmona-Garcia *et al.*, 2009 dalam Rao *et al.*, 2014). Kandungan protein dari pati jahe (0,18%) lebih kecil dibandingkan pati tapioka (0,38%), diduga adanya pelarutan protein dengan bahan yang digunakan dalam modifikasi kimia (Rao *et al.*, 2014). Demikian pati jahe yang berikatan silang memiliki kandungan lemak lebih sedikit. Hal ini dilaporkan Yousif *et al.* (2012), bahwa kandungan lemak pati *cross-linked* akan berkurang. Hidrogel PVAM-g-tapioka jahe yang dihasilkan mempunyai warna yang lebih keruh dan lebih kental (Gambar 4). Pati tapioka yang sudah termodifikasi ekstrak jahe kemungkinan lebih bersifat hidrofilik sehingga lebih mudah larut dalam air.

Karakterisasi Hidrogel

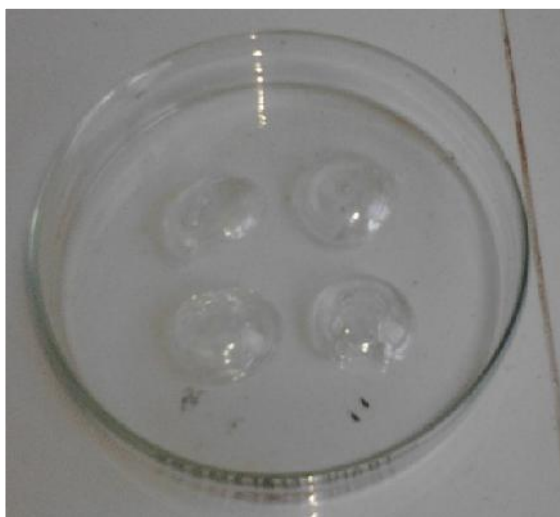
Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR (Fourier transform infrared)

Gugus fungsi hidrogel PVAM-g-tapioka juga dianalisis dengan menggunakan spektrum FTIR (Gambar 5). Dapat dilihat bahwa spektrum tersebut merupakan penggabungan dari spektrum PVAM dan spektrum pati tapioka. Puncak serapan ulur C H terlihat pada bilangan gelombang 2924 cm^{-1} . Pada bilangan gelombang 1741 cm^{-1} terdapat puncak ulur C=O yang berasal dari PVAM. Puncak serapan ulur

C O tampak pada 1017 cm^{-1} , sedangkan puncak di 886 cm^{-1} diduga merupakan puncak serapan C H aromatik. Kehadiran gugus C=O, C O, dan C H aromatik dapat mengindikasikan adanya kopolimerisasi pati singkong pada PVAM. Akan tetapi, hal ini tidak menjamin bahwa sintesis hidrogel berhasil dilakukan karena puncak O H yang seharusnya muncul pada bilangan gelombang 3200 cm^{-1} - 3400 cm^{-1} tidak tampak. Proses pemanasan yang berlebihan ketika proses pembentukan PVAM, diduga menyebabkan O H hilang tereliminasi sebagai air.

Tabel 1. Hasil analisis kandungan pati tapioka dan tapioka termodifikasi ekstrak jahe

Parameter	Tapioka	Tapioka termodifikasi ekstrak jahe
Kadar Air (%)	11.23	11.70
Kadar Abu (%)	0.10	0.05
Protein (%)	0.38	0,18
Lemak (%)	1.52	0.21
Karbohidrat (%)	86.77	87.9



PVAM

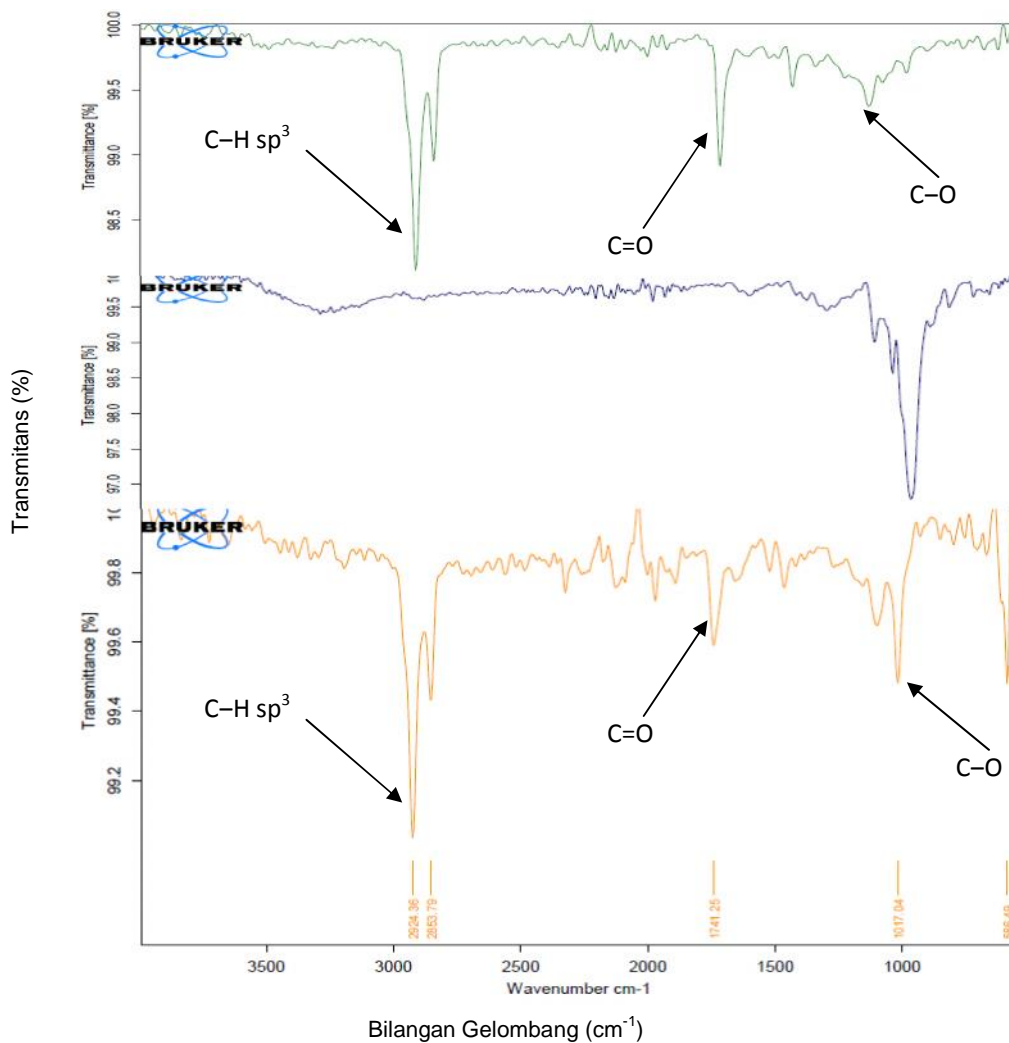


PVAM-g-tapioka (kiri), PVAM-g-tapioka jahe (kanan)

Gambar 4. Hidrogel PVAM, PVAM-g-tapioka, dan PVAM-g-tapioka jahe

PVAM-*g*-tapioka jahe yang disintesis dari PVAM dan tapioka termodifikasi ekstrak jahe pada larutan berair menggunakan $K_2S_2O_8$ sebagai inisiator memiliki struktur yang hampir sama dengan hidrogel PVAM. Puncak serapan tajam pada spektra FTIR hidrogel PVAM dan PVAM-*g*-tapioka didapatkan pada bilangan gelombang 2924,55 cm^{-1} dan 2924,36 cm^{-1} yang merupakan gugus CH_2 . Hidrogel PVAM memiliki serapan pada 1741.25 cm^{-1} yang merupakan karakter dari gugus C=O anhidrat alifatik. Puncak serapan dari C=C pada bilangan gelombang 1625 cm^{-1} dengan spektrum PVAM-*g*-tapioka jahe lebih lemah daripada

PVAM yang disebabkan oleh adanya inisiasi pada ikatan rangkap maleat anhidrat. Peningkatan spektrum terjadi pada pembentukan ikatan C-O-C pada bilangan gelombang 1125,32 cm^{-1} (Gambar 6). Peningkatan tersebut diakibatkan oleh pembentukan ikatan baru (eter) antara PVAM dan pati tapioka yang bertautan silang dengan senyawa aktif ekstrak jahe. Spektrum dengan serapan kuat PVAM-*g*-tapioka jahe dapat dilihat dari terbentuknya struktur baru pada bilangan gelombang 586,49 cm^{-1} yang diduga sebagai pengotor dari golongan halogen.

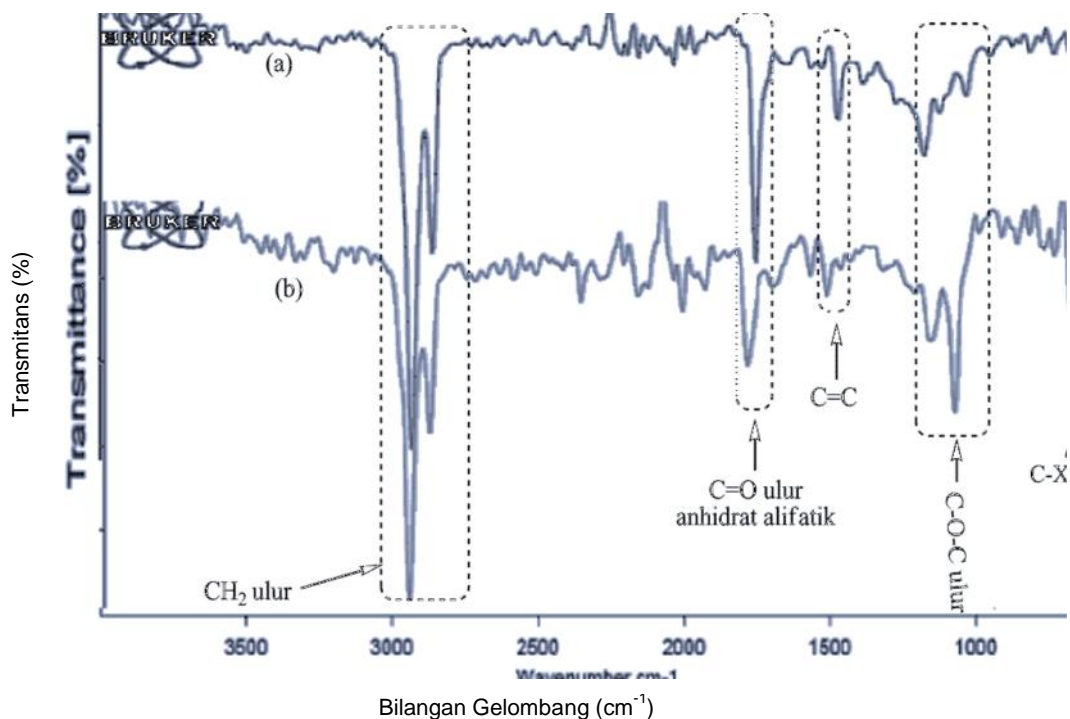


Gambar 5. Spektra hidrogel PVAM, tapioka, dan PVAM-*g*-Tapioka

Fraksi Gel

Fraksi gel digunakan untuk menentukan jumlah ikatan silang antar rantai molekul polimer yang dinyatakan dalam satuan persen. Banyaknya fraksi yang tidak terlarut menunjukkan jumlah ikatan silang yang terbentuk dari hidrogel. Persen fraksi gel yang dihasilkan dari hidrogel PVAM-g-tapioka jahe

yaitu sebesar 85,42%, PVAM-g-tapioka sebesar 76,56%, dan hidrogel PVAM sebesar 61,33% (Tabel 2). Menurut Erizal (2010), nilai fraksi gel yang baik dapat mencapai 99,08% dengan adanya irradiasi gamma. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penambahan ekstrak jahe hanya sedikit meningkatkan nilai fraksi gel.



Gambar 6. Spektrum PVAM (a) dan PVAM-g-tapioka jahe (b)

Tabel 2. Nilai fraksi gel hidrogel

Jenis hidrogel	Bobot awal (g)	Bobot 24 jam dalam air (g)	Bobot 24 jam dalam oven (60 °C) (g)	Nilai fraksi gel (%)	\bar{x} Fraksi gel (%)
PVAM	0,9980	2,3055	0,6224	62,36	61,33
	1,0251	2,4353	0,6284	61,30	
	0,9975	2,3988	0,6017	60,32	
PVAM-g-tapioka	1,0805	3,0833	0,8105	75,01	76,56
	1,0651	3,1817	0,7640	71,73	
	0,9521	2,8617	0,7897	82,94	
PVAM-g-tapioka jahe	1,2021	3,5354	0,9913	82,46	85,42
	1,1289	3,2538	0,9732	86,21	
	1,0235	3,0760	0,8964	87,58	

Derajat Pengembangan

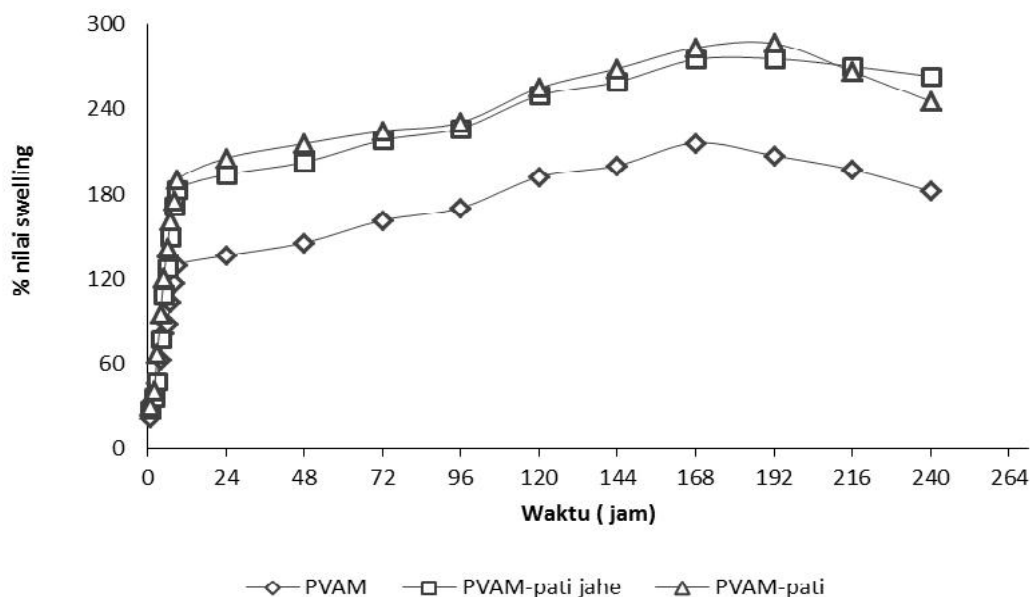
Hidrogel PVAM-g-tapioka jahe memiliki derajat pengembangan yang lebih kecil dibandingkan hidrogel PVAM-g-tapioka. Kenaikan pengembangan maksimum diperlihatkan oleh PVAM-g-tapioka sebesar 286,58% pada menit ke-192, sedangkan PVAM-g-tapioka jahe memiliki pengembangan maksimum yang lebih rendah yaitu sebesar 275,72% pada menit ke-192 dan PVAM sebesar 216,07% pada menit ke 168 (Gambar 7). Semakin besar jumlah agen penaut silang (ekstrak jahe) yang digunakan maka akan menurunkan derajat pengembangan dari hidrogel. Menurut Gooch (2002), semakin banyak rantai yang berikatan silang dalam suatu polimer kemampuan mengembangnya akan menurun dan gel menjadi semakin keras dan kuat. Ikatan silang memperkuat ikatan antara rantai pati, sehingga memungkinkan mereka melawan pembengkakan (Rao *et al.*, 2014).

Ekstrak jahe sebagai bahan pengikat silang ini akan mengembang dalam fase gel polimer tiga dimensi hingga mencapai keadaan seimbang dengan regangan rantai polimer tersebut. Ketika hidrogel telah mencapai keadaan seimbang dengan lingkungan luarnya maka kemampuan hidrogel dalam berinteraksi dengan air akan berkurang. Hal ini diakibatkan oleh proses difusi air ke dalam jaringan polimer mencapai optimum sehingga hidrogel tidak mampu menahan air yang masuk ke dalam jaringannya dan melepaskan kembali ke lingkungan. Adanya pengaruh ekstrak jahe sebagai agen penaut silang dapat dilihat dari

penurunan kapasitas penyerapan dari hidrogel PVAM-g-tapioka jahe pada menit ke 216 yang lebih lambat dibandingkan dengan kedua jenis hidrogel lainnya (PVAM dan PVAM-g-tapioka). Hal ini disebabkan oleh kerapatan pori-pori dari hidrogel yang dihasilkan dari proses taut silang dengan ekstrak jahe, sehingga kemampuan hidrogel untuk melepaskan air ke lingkungan lebih lambat dibandingkan dengan hidrogel tanpa penambahan ekstrak jahe. Derajat pengembangan hidrogel PVAM-g-tapioka dengan perbandingan PVAM:tapioka 9:1 sebesar 205,27%, hasil ini tidak berbeda jauh dengan Riyajan *et al.* (2015) yang melaporkan derajat pengembangan hidrogel PVAM-g-pati dengan perbandingan PVAM:pati 9:1 sebesar 200 %.

Derajat Grafting

Hidrogel PVAM-g-tapioka jahe mempunyai derajat *grafting* (97,62 %) lebih besar dibandingkan hidrogel PVAM-g-tapioka (92,19 %) (Tabel 3). Hasil ini menunjukkan bahwa kemungkinan terdapat sedikit ruang kosong berisi udara disekitar jaringan hidrogel. Hal ini dapat dilihat ketika hidrogel PVAM-g-tapioka jahe dan PVAM-g-tapioka kering dimasukkan ke dalam pelarut, maka pelarut akan berdifusi ke dalam matrik polimer. Proses difusi ini melibatkan perpindahan air ke dalam ruang antar rantai makro molekul yang menyebabkan hidrogel PVAM-g-tapioka jahe mengembang dengan bobot yang lebih rendah dibandingkan hidrogel PVAM-g-tapioka.



Gambar 7. Hubungan pengembangan (*swelling*) hidrogel terhadap waktu

Tabel 3. Derajat *grafting* hidrogel

Jenis hidrogel	Bobot ke-1			Bobot ke- 2			Bobot ke-3			\bar{x} derajat <i>grafting</i> (%)
	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)	% derajat <i>grafting</i>	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)	% derajat <i>grafting</i>	Bobot basah (g)	Bobot kering (g)	% derajat <i>grafting</i>	
PVAM-g-tapioka	1,1219	1,2195	92,00	1,1005	1,2008	91,65	1,0123	1,1121	91,03	92,19
	1,1705	1,2965	90,28	1,1419	1,2168	93,84	1,0111	1,1137	90,79	
	1,0990	1,1797	93,16	1,0890	1,1765	92,56	0,9543	1,0106	94,43	
PVAM-g-tapioka jahe	1,3209	1,3609	97,06	1,2209	1,2721	95,98	1,1723	1,1955	98,06	97,62
	0,8529	0,8881	96,04	0,8529	0,8631	98,82	0,8132	0,8342	97,48	
	1,8341	1,8738	97,88	1,8321	1,8347	99,86	1,6120	1,6555	97,37	

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak jahe sebesar 0,4 ml pada pati tapioka mampu meningkatkan kadar air dan menurunkan kadar abu, lemak, protein, serta karbohidrat. Hidrogel PVAM-g-tapioka jahe memiliki nilai fraksi gel dan derajat *grafting* yang lebih tinggi dibandingkan hidrogel PVAM-g-tapioka, akan tetapi memiliki derajat pengembangan yang lebih rendah dibandingkan hidrogel PVAM-g-tapioka. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan ekstrak jahe dapat meningkatkan sifat fisik hidrogel PVAM-g-tapioka.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, E.M. 2015. "Hydrogel: Preparation, Characterization, and Applications: A Review." *Journal of Advanced Research* 6 (2). Cairo University: 105–21. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>.
- Carmona-Garcia, R., M.M. Sanchez-Rivera, G. Méndez-Montealvo, B. Garza-Montoya, and L.A. Bello-Pérez. 2009. "Effect of the Cross-Linked Reagent Type on Some Morphological, Physicochemical and Functional Characteristics of Banana Starch (Musa Paradisiaca)." *Carbohydrate Polymers* 76 (1). Elsevier Ltd: 117–22. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2008.09.029>.
- Chin, Suk Fun, Suh Cem Pang, and Lih Shan Lim. 2012. "Synthesis and Characterization of Novel Water Soluble Starch Tartarate Nanoparticles." *ISRN Materials Science* 2012: 1–5. <https://doi.org/10.5402/2012/723686>.
- Daramola, B., and S.A. Osanyinlusi. 2006. "Investigation on Modification of Cassava Starch Using Active Components of Ginger Roots (Zingiber Officinale Roscoe)." *African Journal of Biotechnology* 5 (10): 917–20. [http://www.academicjournals.org/AJB/abstracts/abs2006/16May/Daramola and Osanyinlusi.htm](http://www.academicjournals.org/AJB/abstracts/abs2006/16May/Daramola%20and%20Osanyinlusi.htm).
- Darmawan, Darwis, and Hardiningsih Lely. 2010. "Potensi Hidrogel Polivinil Piroolidon (PVP)-Pati Hasil Iradiasi Gamma Sebagai Plester Penurun Demam." *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 6 (1): 46–57.
- Erizal. 2010. Sintesis hidrogel superabsorben poli (akrilamida-ko-kalium akrilat) dengan teknik radiasi dan penciriannya. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 6(2):105-116.
- Gooch, J.W. 2002. *Emulsification and Polymerization of Alkyd Resins. Topics in Applied Chemistry*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Gulrez, Syed K.H., Al-Assaf Saphwan, and O Phillips Glyn. 2011. "Hydrogels: Methods of Preparation, Characterisation and Applications." *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering - From Analysis and Modeling to Technology Applications*, no. February 2014. <https://doi.org/10.5772/24553>.
- Purwaningsih, H., Irawadi, T.T., Mas'ud, Z.A., Fauzi, A.M. 2012. Rekayasa Biopolimer Jerami Padi dengan Teknik Kopolimerisasi Cangkok dan Taut Silang. *Jurnal Kimia Valensi* 2(4): 489-500.
- Indra, A., and G.A. Wibowo. 2013. "Modifikasi Pati Tapioka Menggunakan Komponen Aktif Minyak Jahe." *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri* 2 (2): 46–50.
- IKikuzaki, Hiroe, and Nobuji Nakatani. 1993. "Antioxidant Effects of Some Ginger Constituents." *Journal of Food Science* 58 (6): 1407–10.
- Mahdavinia, G.R., S.B. Mousavi, F. Karimi, G.B. Marandi, H. Garabaghi, and S. Shahabvand. 2009. "Synthesis of Porous Poly(acrylamide) Hydrogels Using Calcium Carbonate and Its Application for Slow Release of Potassium Nitrate." *Express Polymer Letters* 3 (5): 279–85.
- McDowall, D. J., B. S. Gupta, and V. T. Stannett. 1984. "Grafting of Vinyl Monomers to Cellulose by Ceric Ion Initiation." *Progress in Polymer Science* 10 (1): 1–50.
- Miyazaki, Megumi, Pham, V.H., Tomoko, M.,

- and Naofumi, M. 2006. "Recent Advances in Application of Modified Starches for Breadmaking." *Trend in Food Science & Technology* 17(3): 591-599.
- Neelam, Kaviani, Sharma Vijay, and Singh Lalit. 2012. "Various Techniques for The Modification of Starch and the Applications of Its Derivates." *International Research Journal of Pharmacy* 3 (5): 25–31.
- Rao, J Sudhakara, and R Parimalavalli. 2013. "Effect of Cross-Linking with Ginger and Garlic on the Properties of Cassava Starch." *Journal of Root Crops* 39 (2): 189–95.
- Rao, J. Sudhakara, R. Parimalavalli, and K. Jagannadham. 2014. Impact of Cross-Linking on Physico-Chemical and Functional Properties of Cassava Starch." *International Journal of Advanced Research* 2 (5): 284–89.
- Riyajan, Sa-ad, Wattana Sukhlaaied, and Woranut Keawmang. 2015. "Preparation and Properties of a Hydrogel of Maleated Poly(vinyl Alcohol) (PVAM) Grafted With Cassava Starch." *Carbohydrate Polymers* 122. Elsevier Ltd.: 301–7.
- Sukhlaaied, Wattana, and Sa-ad Riyajan. 2013. "Synthesis and Properties of Carrageenan Grafted Copolymer with Poly(Vinyl Alcohol)." *Carbohydrate Polymers* 98 (1). Elsevier Ltd.: 677–85.
- Sukhlaaied, W. and Riyajan, S. A. 2014. Green synthesis and physical properties of poly (vinyl alcohol) maleated in an aqueous solutions. *Journal of Polymers and the Environment*. 22(3): 350-358.
- Tavakoli, Javad, and Youhong Tang. 2017. "Hydrogel Based Sensors for Biomedical Applications: An Updated Review." *Polymers* 9 (8): 1–25.
- Yousif, E.I., M.G.E. Gadallah, and A.M. Sorour. 2012. "Physico-Chemical and Rheological Properties of Modified Corn Starches and Its Effect on Noodle Quality." *Annals of Agricultural Sciences* 57 (1). Faculty of Agriculture, Ain Shams University: 19–27.