

Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi HCl terhadap karakteristik pati termodifikasi dari bengkuang (*Pachyrrhizus erosus*)

*Effect of hydrolysis time and HCl concentration on modified starch characteristics of jicama (*Pachyrrhizus erosus*)*

Gustri Yeni*, S Silfia, Wilsa Hermianti, Tri Wahyuningsih

 Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang
 Jl. Raya LIK No.23 Ulu Gadut Padang, Indonesia

* e-mail: guszen@yahoo.com



INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

 Diterima:
 8 November 2018
 Direvisi:
 10 Desember 2018
 Diterbitkan:
 28 Desember 2018

Kata kunci:

 bengkuang;
 tepung;
 modifikasi;
 hidrolisis;
 asam

Keywords:

 jicama;
 flour;
 modified;
 hydrolysis;
 acid

ABSTRAK

Tepung bengkuang dapat dimanfaatkan sebagai penyalut tipis (enkapsulan) bahan aktif. Untuk memenuhi spesifikasi produk tersebut tepung bengkuang perlu dilakukan modifikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh hidrolisis asam terhadap pati secara lambat untuk menghasilkan tepung termodifikasi dari bengkuang dengan karakteristik fisiko-kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai enkapsulan. Proses hidrolisis asam tepung bengkuang menggunakan variasi perlakuan waktu hidrolisis (24, 48, dan 72 jam) dan konsentrasi HCl (1%, 2%, dan 3%). Hasil penelitian menunjukkan perlakuan optimal diperoleh pada waktu hidrolisis 72 jam dan konsentrasi HCl 2% dengan nilai derajat polimerisasi (DP) 22,34 yang sudah memenuhi persyaratan jika digunakan sebagai matrik enkapsulan. Karakteristik dari tepung termodifikasi pada kondisi ini adalah kadar air 16,47%, kadar abu 1,17%, amilosa 31,01%, viskositas 155cP, kelarutan 80,83%, dan aktivitas antioksidan (IC_{50}) 148 μgml^{-1} . Morfologi granula tepung hasil uji dengan mikroskop dan SEM bentuknya tidak terlalu banyak mengalami perubahan pada hidrolisis asam.

ABSTRACT

Jicama flour can be used as a thin coating (encapsulation) of an active ingredients. To meet the specifications of the product, jicama flour needs to be modified. The purpose of this study was to study the effect of acid hydrolysis on starch slowly to produce jicama modified flour with physico-chemical characteristics that could be used as an encapsulants. The process of acid hydrolysis of jicama flour using treatment variations of hydrolysis time (24, 48, and 72 hours) and HCl concentrations (1, 2, and 3%). The results showed that the optimal treatment was obtained at 72 hours hydrolysis and 2% HCl concentration with a polymerization degree (DP) of 22.34 which met the requirements if used as an encapsulation matrix. The characteristics of the modified flour in this condition were water content 16.47%, ash content 1.17%, amylose 31.01%, viscosity 155cP, solubility 80.83%, and antioxidant activity (IC_{50}) 148 μgml^{-1} . The test results of flour granular morphology with microscopy and SEM did not change too much in acid hydrolysis.

© 2018 Penulis. Dipublikasikan oleh Baristand Industri Padang. Akses terbuka di bawah lisensi CC BY-NC-SA

1. Pendahuluan

Tanaman bengkuang (*Pachyrrizus erosus*) tergolong jenis umbi yang tumbuh di daerah dataran rendah beriklim sedang atau panas, memiliki rasa dan aroma yang tidak menonjol. Sumatera Barat merupakan penghasil bengkuang yang cukup tinggi dengan produksi

2.834 ton/tahun. Besarnya produksi bengkuang menyebabkan kota Padang terkenal sebagai “Kota Bengkuang” dan bengkuang dijadikan sebagai maskot kota Padang. Bengkuang memiliki kadar pati sampai 30% dengan kadar amilosa 5%-10% dan amilopektin 50%-55% atau bergantung umur bahan baku yang digunakan (Yeni et al., 2014).

Tepung bengkung memiliki sifat fungsional yang tidak dimiliki oleh bahan baku lain seperti tepung ubi kayu, pati garut dan lain-lain. Tepung pati bengkung mengandung zat aktif seperti *pachyrhizon*, *inulin*, kalsium, antioksidan dan vitamin (A, B dan C) yang dapat memberikan nutrisi pada jaringan sel kulit serta menjaga kelembaban sehingga dimanfaatkan sebagai bahan baku kosmetik. Di samping itu, pati bengkung memiliki aktivitas sebagai tabir surya dengan nilai SPF sampai 2,38 (Pangesti et al., 2014; Yeni et al., 2014).

Pemanfaatan tepung pati bengkung lebih luas merupakan upaya pengembangan dan pemberdayaan tanaman lokal yang bersifat fungsional. Tepung pati bengkung seperti pati alami lainnya memiliki kelemahan dalam aplikasinya, di mana sukar larut dalam air dingin dan jika dimasak membutuhkan waktu yang lebih lama.

Pati alami memiliki sifat yang hidrofilik dan mudah terhidrolisis. Granula pati yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen sangat rentan mengalami pemutusan selama proses gelatinisasi dan menjadi lebih kental saat tergelatinisasi sehingga kondisi ini menyebabkan pati tidak tahan terhadap pemanasan dan pH rendah (Amin, 2013; Husniati, 2009; Koswara, 2009; Kurniawati, 2012; Kusnandar et al., 2015). Berdasarkan hal tersebut sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk memperbaiki karakter sifat dasar dari tepung pati bengkung.

Modifikasi pati merupakan salah satu cara untuk memperbaiki karakteristik tepung pati alami sehingga kegunaannya lebih luas dalam industri. Tepung modifikasi dapat menghasilkan sifat sesuai kebutuhan industri tertentu dengan produk lebih stabil dalam proses pemasakan, memiliki tekstur lebih baik sehingga lebih mudah penggunaannya dalam industri pangan (Pangesti et al., 2014; Retnaningtyas and Putri, 2014; Winarti et al., 2014; Zulaidah, 2012).

Modifikasi pati dapat dilakukan melalui proses hidrolisis asam secara lambat (*litmerisasi*). Metode hidrolisis asam memiliki kelebihan, di mana pati yang dimodifikasi memiliki viskositas yang lebih rendah, kelarutan lebih tinggi, pengurangan pembengkakan granula selama gelatinisasi dan suhu lebih rendah serta penurunan berat molekul (Faridah et al., 2010; Winarti et al., 2014).

Proses hidrolisis asam untuk menghasilkan tepung termodifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya suhu, waktu, jenis asam, dan konsentrasi asam (Faridah et al., 2013; Fenny Dwi Hartanti et al., 2013; Kinanti et al., 2014; Winarti et al., 2013).

Proses modifikasi kimia secara asam dilakukan dengan cara menghidrolisis pati menggunakan asam di bawah suhu gelatinisasi, yaitu suhu $\pm 52^{\circ}\text{C}$. Hidrolisis asam merupakan proses penggantian atom H ke dalam gugus OH pada pati sehingga membentuk rantai yang cenderung lebih panjang dan dapat mengubah sifat psikokimia dan sifat rheologi dari pati (Feny Dwi Hartanti et al., 2013; Pudjihastuti and Siswo, 2011).

Penelitian pembuatan tepung termodifikasi dari bengkung masih diujicobakan menggunakan metode *Heat Moisture Treatment* (HMT) dengan variasi suhu (Pangesti et al., 2014). Menurut (Heny Herawati, 2012), modifikasi secara HMT menghasilkan sifat pati yang memiliki *swelling* volume dan kelarutan yang terbatas,

sedangkan untuk suatu produk kelarutan sangat diperlukan. Untuk itu, diharapkan hidrolisis secara asam dapat menghasilkan tepung termodifikasi yang memiliki karakteristik yang lebih baik, sesuai kebutuhan industri.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam klorida (HCl) dan variasi lama hidrolisis terhadap karakterisasi fisik dan kimia tepung modifikasi sehingga produk memiliki spesifikasi sebagai penyalut (enkapsulan) senyawa aktif. Tepung termodifikasi dari bengkung diharapkan dapat mendorong tumbuhnya industri produk hilir pemanfaatan pati dari bengkung secara lebih luas.

2. Metode

Bahan baku dan penolong yang digunakan dalam penelitian adalah tepung pati bengkung, hidrogen klorida (HCl) p.a., natrium hidroksida (NaOH) p.a., aquades, etanol 70%, dan bahan kimia untuk pengujian. Peralatan untuk modifikasi pati adalah timbangan (Memmer), saringan, *shaker* yang dilengkapi pemanas (Memmer), pH meter, pengaduk magnetik, oven (Memmer), erlenmeyer, ayakan 100 mesh, dan peralatan untuk analisis produk.

Penelitian pembuatan tepung termodifikasi dari bengkung dilaksanakan melalui tahapan pembuatan tepung pati bengkung, kemudian dilakukan modifikasi melalui hidrolisis asam dan karakterisasi terhadap hasil hidrolisis.

2.1. Pembuatan tepung pati bengkung

Proses pembuatan tepung pati bengkung dilakukan menggunakan metode (Yeni et al., 2014). Bahan baku bengkung yang digunakan adalah dengan bengkung penampakan yang sudah cukup tua, ditandai dengan kulit yang sudah menipis. Tepung pati bengkung dibuat melalui tahapan proses pengupasan, pencucian dan penghancuran umbi bengkung, pengepresan, pengeringan, dan pengayakan dengan ayakan 100 mesh. Tepung pati kemudian dikemas sampai digunakan.

2.2. Proses modifikasi tepung pati

Tepung pati bengkung dihidrolisis menggunakan HCl konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dengan waktu hidrolisis 24, 48 dan 72 jam. Tepung pati bengkung ditambahkan larutan HCl (konsentrasi sesuai perlakuan), perbandingan antara bahan dengan larutan asam adalah 1:20. Setiap suspensi tepung pati bengkung dihidrolisis menggunakan inkubator bergoyang pada suhu $40\pm 5^{\circ}\text{C}$. Larutan pati hasil hidrolisis dicuci beberapa kali dengan air suling untuk menghilangkan sisa-sisa mineral dan dinetralkan dengan NaOH hingga mencapai pH 6-7. Residu pati yang sudah netral dilakukan penyaringan.

Residu yang tidak tersaring dicuci dengan etanol dan diaduk selama ± 2 jam, dibuang filtratnya dan dikeringkan dengan oven pada suhu $40\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam (kadar air $< 10\%$). Tepung hasil modifikasi yang telah kering diayak dengan ayakan 100 mesh.

Tepung modifikasi hasil hidrolisis dilakukan karakterisasi terhadap kandungan amilosa, amilopektin,

derajat polimerisasi (DP), viskositas, kelarutan, aktivitas antioksidan (IC₅₀) dan morfologi.

Hasil pengamatan dianalisis menggunakan program SPSS 16 dengan analisis variabel (ANOVA) dan uji lanjut *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf kepercayaan 5%.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Karakteristik tepung pati bengkung

Umbi bengkung yang digunakan dalam penelitian adalah umbi berumur sekitar 5 bulan ketika dipanen dengan rendemen tepung antara 15%-20%. Kandungan pati maksimum adalah saat umbi bengkung berumur lebih dari 5 bulan, umbi sudah mengandung serat yang tinggi dan sulit diekstrak. Tepung bengkung yang digunakan memiliki kadar pati sebesar 73,47% (Tabel 1) yang berbeda dengan (Yeni et al., 2014). Perbedaan ini dapat disebabkan umur tanaman bengkung, semakin lama umur panen, makin tinggi kadar patinya.

Tabel 1
Karakteristik bahan baku tepung bengkung

Parameter	Satuan	Tepung bengkung
Kadar air	%	13,96
Kadar abu	%	0,43
Kadar pati	%	73,47
Amilosa	%	29,6
Amilopektin	%	70,4
Viskositas	cP	261
Kelarutan	%	45,65
Derajat polimerisasi (DP)	-	53,47

Bahan baku tepung pati bengkung memiliki kadar air yang cukup rendah. Kadar air berpengaruh terhadap proses modifikasi pati. Untuk mendapatkan tingkat reaktivitas yang tinggi, bahan baku yang digunakan untuk modifikasi diharapkan yang memiliki kadar air yang rendah, karena gugus OH dalam air lebih reaktif daripada gugus OH dalam pati sehingga proses substitusi dapat berlangsung dengan baik (Erika, 2010).

Tabel 2
Pengaruh perlakuan konsentrasi HCl terhadap kadar air, abu, amilosa, amilopektin, dan derajat polimerisasi (DP) tepung termodifikasi dari bengkung

Variasi Konsentrasi HCl (%)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar amilosa (%)	Kadar amilopektin (%)	Derajat Polimerisasi
1	15,0983 ^a	0,7407 ^a	26,725 ^a	73,275 ^a	746,78 ^a
2	15,3346 ^a	0,7413 ^a	27,562 ^b	72,4387 ^b	96,797 ^b
3	15,7607 ^b	0,7483 ^a	29,4912 ^c	70,509 ^c	85,51 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada taraf sig $\alpha = 0,05$.

Tabel 3
Pengaruh perlakuan lama hidrolisis pati termodifikasi dari bengkung terhadap kadar air, abu, amilosa, amilopektin dan derajat polimerisasi (DP) tepung termodifikasi dari bengkung

Variasi Lama Hidrolisis (Jam)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Kadar amilosa (%)	Kadar amilopektin (%)	Derajat Polimerisasi
24	14,3271 ^a	0,2380 ^a	24,8418 ^a	75,158 ^a	486,07 ^a
48	15,3928 ^b	0,8250 ^b	27,9242 ^b	72,056 ^b	85,51 ^b
72	16,4737 ^c	1,1673 ^c	31,0133 ^c	68,987 ^c	22,34 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada taraf sig $\alpha = 0,05$.

3.2. Karakterisasi tepung termodifikasi dari bengkung

Proses hidrolisis merupakan suatu proses antara reaktan (pati) dengan air agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi antara air dan pati ini berlangsung sangat lambat dengan bantuan katalisator, di antaranya asam yang berguna untuk memperbesar keaktifan air. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat, dan asam sulfat. Untuk beberapa industri umumnya menggunakan asam klorida (HCl) karena garam yang terbentuk setelah penetralan merupakan garam yang tidak berbahaya, yaitu garam dapur (Artati and P.A, 2006).

Proses hidrolisis dilakukan untuk meningkatkan jumlah fraksi amilosa tepung dan pati. Proses terjadi dengan memutus fraksi amilosa rantai panjang pada titik percabangan α -1,6 glikosidik dari rantai amilopektin. Fraksi amilosa merupakan struktur linier yang akan memfasilitasi ikatan silang dengan adanya ikatan hidrogen sehingga struktur amilosa membentuk kristalit yang kompak (Kusnandar et al., 2015; Winarti et al., 2013). Tepung bengkung yang dihidrolisis dengan variasi konsentrasi HCl dengan waktu hidrolisis yang lambat memiliki karakteristik seperti pembahasan berikut ini.

3.3. Kadar air dan kadar abu tepung termodifikasi dari bengkung

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan dan dinyatakan dalam persen (%). Kadar air merupakan salah satu karakteristik penting pada suatu produk karena kadar air dapat mempengaruhi jumlah komponen dan perubahan yang terjadi dalam proses secara kimia atau fisik. Tepung bengkung yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan tepung termodifikasi adalah yang memiliki kadar air yang rendah. Kadar air yang rendah dibutuhkan agar proses substitusi dapat berlangsung dengan baik dengan reaktivitas yang tinggi, karena gugus OH dalam air lebih reaktif daripada gugus OH dalam pati.

Tepung termodifikasi dari bengkang hasil hidrolisis asam variasi perlakuan konsentrasi asam memiliki kadar air antara 15,1%-15,76%. Hasil analisis menunjukkan peningkatan kadar air tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi HCl. Hal ini disebabkan konsentrasi HCl yang tinggi mengakibatkan makin banyak granula pati yang rusak akibat pemutusan rantai α -glikosidik sehingga air mudah masuk ke dalam granula pati dan terperangkap didalamnya. Semakin banyak rantai polimer pati yang terpotong, kekuatan gel pati akan menurun dan menyebabkan pada proses pengeringan, air bersama pati yang telah berbentuk gel lebih cepat mengering (Faridah et al., 2010; Husniati, 2009).

Pati termodifikasi dengan hidrolisis HCl menghasilkan pati dengan struktur yang lebih renggang sehingga air lebih mudah menguap pada waktu pengeringan (Erika, 2010). Struktur pati yang rapat mempunyai daya ikat air lebih tinggi. Selain itu terjadi pemutusan ikatan hidrogen pada rantai linier dan berkurangnya daerah amorf yang mudah dimasuki air.

Pengaruh waktu hidrolisis terhadap nilai kadar air pati termodifikasi dari bengkang menunjukkan makin lama waktu hidrolisis, makin tinggi kadar air pati termodifikasi. Hal ini dapat disebabkan makin lama waktu hidrolisis makin banyak air masuk ke dalam granula pati. Kadar air pati termodifikasi juga dipengaruhi perbandingan jumlah bahan dan pelarut yang digunakan, makin besar perbandingan pelarut, makin tinggi kadar air pati. Pengaruh penambahan air dalam proses yang menyebabkan tingginya kadar air tepung termodifikasi juga ditemukan pada penelitian pembuatan pati tapioka termodifikasi (Jati, 2006).

Pengujian terhadap kadar abu menunjukkan konsentrasi HCl tidak berpengaruh terhadap nilai kadar abu yang dihasilkan, tetapi dipengaruhi oleh waktu hidrolisis (Tabel 2 dan 3). Menurut (Jati, 2006), nilai kadar abu tidak dipengaruhi oleh konsentrasi HCl yang digunakan tetapi tergantung dari kandungan abu bahan baku.

Kadar abu merupakan zat organik sisa pembakaran yang menunjukkan jumlah bahan-bahan anorganik yang terdapat pada sampel tersebut. Waktu hidrolisis menyebabkan kadar abu tepung termodifikasi mengalami peningkatan yang diikuti dengan peningkatan kadar air tepung termodifikasi. Peningkatan kadar abu diduga berasal dari mineral yang terkandung dari pelarut HCl atau NaOH, sehingga diharapkan pada proses pencucian harus dilakukan dengan berulang-ulang.

3.4. Kadar amilosa dan amilopektin tepung termodifikasi dari bengkang

Proses hidrolisis asam umumnya dilakukan secara lambat yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah fraksi amilosa rantai pendek dengan bobot molekul rendah. Proses hidrolisis asam lebih mudah dilakukan untuk memperpendek rantai pati sehingga kelarutannya akan meningkat, viskositas lebih rendah, pengembangan granula dan proses gelatinisasi dengan air panas lebih rendah.

Pembuatan tepung termodifikasi dengan menghidrolisisnya menggunakan asam dapat dilakukan di bawah suhu gelatinisasi (<50°C). Reaksi dasar

hidrolisis secara asam, yaitu pemotongan ikatan α -1,4-glikosidik dari amilosa α -1,6-D-glikosidik dari amilopektin. Jumlah fraksi amilosa rantai pendek yang makin banyak maka fraksi amilosa yang akan teretrogradasi atau terkristalisasi makin meningkat (Cao et al., 2008; Chafid and Kusumawardhani, 2010).

Tingkat hidrolisis dipengaruhi konsentrasi asam yang digunakan. Proses hidrolisis asam terjadi dalam dua tahap, yaitu tahap awal asam menyerang bagian amorf dengan kecepatan yang tinggi sedangkan tahap kedua menyerang bagian kristalin dengan kecepatan lebih rendah (Winarti et al., 2013).

Hasil analisis tepung termodifikasi dari bengkang menunjukkan lama waktu hidrolisis berpengaruh terhadap perubahan amilosa. Semakin lama waktu hidrolisis terjadi peningkatan amilosa yang makin tinggi dan penurunan amilopektin sekitar 40,19 \pm 2% dari tepung bengkang pada konsentrasi asam dan lama hidrolisis 72 jam. Beberapa peneliti memberikan hasil yang sama, di mana pada proses hidrolisis asam dapat menurunkan kadar amilopektin untuk semua jenis pati (Faridah et al., 2013; Jyoti et al., 2016).

Hidrolisis asam menurunkan kadar amilosa dengan ukuran molekul yang lebih rendah. Konsentrasi asam berpengaruh terhadap proses hidrolisis pati. Asam kuat akan menghidrolisis ikatan glikosida pada pati sehingga panjang rantai lebih pendek (Faridah et al., 2013; Heny Herawati, 2012; Winarti et al., 2013).

Penurunan kadar amilopektin terjadi karena proses hidrolisis asam lebih mudah memutus rantai pada bagian amorf daripada kristalin. Hal ini disebabkan daerah amorf tersusun lebih renggang sedangkan daerah kristalin lebih rapat. Bagian amorf yang tersusun atas titik percabangan (ikatan α -1,6) dari amilopektin mudah mengalami hidrolisis asam. Proses hidrolisis asam terjadi dalam dua tahap, yaitu tahap awal asam menyerang bagian amorf dengan kecepatan yang tinggi sedangkan tahap kedua menyerang bagian kristalin dengan kecepatan lebih rendah (Faridah et al., 2013; Kusnandar et al., 2015; Winarti et al., 2014).

Pemutusan titik percabangan rantai amilopektin pada daerah amorf pati mengakibatkan terjadinya peningkatan kandungan fraksi linear (amilosa) rantai pendek sehingga ukuran molekul (bobot molekul) pati menjadi lebih rendah dan meningkatkan kecenderungan membentuk gel pada pasta. Untuk menghasilkan pati yang bersifat porous yang akan dimanfaatkan sebagai penyalut (*coating*) bahan aktif dilakukan presipitasi dengan etanol (Heny Herawati, 2012; Winarti et al., 2013).

Panjang rantai amilopektin akan berpengaruh terhadap kemampuan pengikatan bahan aktif jika digunakan sebagai bahan matriks. Peningkatan komponen amilosa pada pati dilakukan karena komponen amilosa berperan sangat penting terhadap kemampuan enkapsulasi bahan aktif. Kadar amilopektin yang tinggi pada pati memiliki potensi untuk dieksplorasi lebih lanjut di antaranya dengan fraksinasi komponen amilosa. Struktur linier dari amilosa memicu terbentuknya struktur rantai yang tersusun rapat (teretrogradasi) sehingga bahan aktif akan tertahan dalam matriks. Tingginya kandungan amilosa juga menyebabkan bahan aktif yang terperangkap tidak

mudah terbawa luruh saat ada air (Winarti et al., 2013, 2014).

3.5. Derajat polimerisasi tepung termodifikasi dari bengkung

Derajat polimerisasi (DP) merupakan jumlah unit glukosa dalam suatu kandungan bahan atau senyawa. Nilai DP menunjukkan jumlah unit monomer pada makromolekul dalam suatu rantai. Besarnya nilai DP dipengaruhi oleh kadar total gula dan gula pereduksi, kadar gula pereduksi makin tinggi menyebabkan penurunan nilai DP. Semakin besar total kadar gula dan makin rendah kadar glukosa, maka nilai DP akan makin besar (Asrofi et al., 2017).

Proses hidrolisis asam secara lambat di bawah suhu gelatinisasi dapat menurunkan nilai DP tepung atau pati, karena proses ini akan memutus bagian amorf dari fraksi amilopektin dan diperoleh tepung yang kristalin. Proses hidrolisis asam akan memotong rantai amilopektin sehingga nilai DP dan berat molekul (BM) lebih pendek. Hal ini terjadi karena terputusnya rantai-rantai percabangan yang bersifat amorf menjadi lebih pendek sehingga BM menjadi lebih rendah.

Panjang rantai amilopektin akan mempengaruhi kemampuan pengikatan bahan aktif jika digunakan sebagai bahan matriks. Aplikasi sebagai matriks, ukuran panjang heliks pati harus sesuai (*fit*) dengan ligan (bahan aktif), karena panjang rantai (DP) menentukan kemampuan pengikatan. Pengaruh panjang rantai amilosa, di mana enkapsulasi flavor, komponen flavor dengan panjang rantai alkohol, aldehid dan asam C6, C8 dan C10 lebih banyak terikat dengan pati tinggi amilosa (kadar amilosa 55%) daripada pati rendah amilosa (kadar amilosa 20%) (Winarti et al., 2013)

Menurut (Palma-Rodriguez et al., 2012), hidrolisis asam dapat menyebabkan depolimerisasi komponen tepung atau pati. Pada kondisi ini amilosa luruh dari granula dan panjang rantai amilopektin menurun dengan meningkatkan jumlah rantai pendek. Penurunan DP juga dipengaruhi oleh penurunan kadar amilosa di mana panjang rantai yang berkurang akibat terhidrolisis oleh asam makin lama makin pendek sehingga kemampuannya membentuk kompleks dengan iod menjadi menurun.

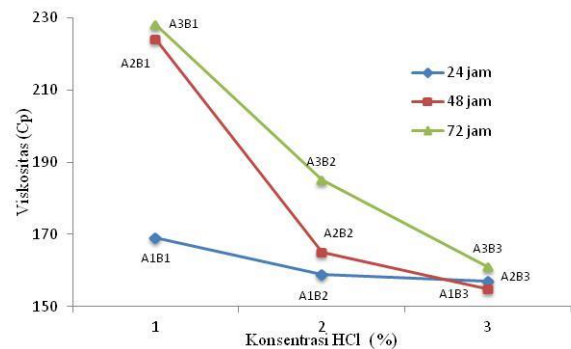
Hasil perlakuan hidrolisis asam dan lama hidrolisis pada tepung bengkung menunjukkan makin lama hidrolisis makin rendah nilai DP dan meningkat pada waktu tertentu. Perlakuan konsentrasi HCl tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai DP tepung bengkung termodifikasi. Nilai DP bahan baku (tepung bengkung) adalah 885,00, setelah melalui proses hidrolisis selama 72 jam, nilai DP mencapai 22,34 dan sudah memenuhi persyaratan jika digunakan sebagai matrik enkapsulan. Menurut (Winarti et al., 2014), panjang rantai DP 13-30 diperlukan karena berperan penting terhadap kemampuan pengikatan bahan bioaktif.

3.6. Viskositas tepung termodifikasi dari bengkung

Modifikasi pati secara hidrolisis asam lebih umum dilakukan, karena prosesnya lebih mudah dilakukan untuk memperpendek rantai pati sehingga viskositas

lebih rendah dan kelarutan meningkat. Pembuatan pati termodifikasi melalui asam dapat dilakukan di bawah suhu gelatinisasi ($<50^{\circ}\text{C}$). Reaksi dasar hidrolisis secara asam, yaitu pemotongan ikatan α -1,4-glukosidik dari amilosa α -1,6-D-glukosidik dari amilopektin, sehingga ukuran molekul pati menjadi lebih rendah dan meningkatkan kecenderungan pasta untuk membentuk gel (Kinanti et al., 2014).

Hasil uji viskositas tepung bengkung bahan baku dan tepung termodifikasi menunjukkan terjadi penurunan dengan peningkatan waktu hidrolisis, yaitu dari 261 cP pada bahan baku menjadi 155 cP pada waktu hidrolisis 72 jam (Gambar 1). Penurunan viskositas tepung termodifikasi dapat disebabkan oleh kandungan amilopektin yang menurun akibat pemutusan rantai selama proses hidrolisis. Tepung pati dengan kadar amilopektin rendah, kekentalannya akan berkurang sehingga viskositas menurun (Kinanti et al., 2014; Retnaningtyas and Putri, 2014).



Gambar 1. Pengaruh variasi konsentrasi asam dan lama hidrolisis terhadap viskositas tepung termodifikasi dari bengkung

Penurunan viskositas pada pati termodifikasi memungkinkan penggunaan tepung pati dalam jumlah yang lebih besar dari pati alami, sehingga pati termodifikasi dapat disiapkan untuk produk yang sesuai untuk industri tertentu (Kinanti et al., 2014; Koswara, 2009).

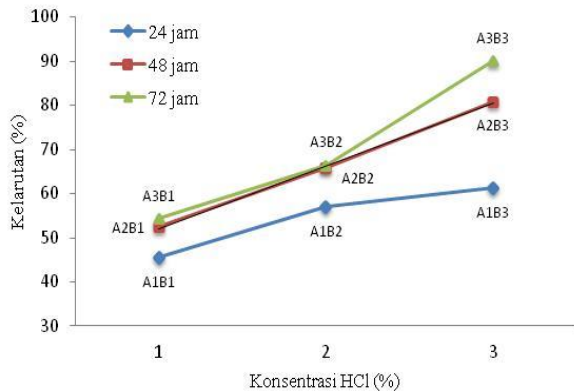
Pati termodifikasi melalui proses hidrolisis dengan viskositas lebih rendah memiliki kecenderungan retrogradasi lebih besar, granula yang mengembang selama gelatinisasi dalam air panas dan peningkatan stabilitas dalam air panas di bawah suhu gelatinisasi (Feny Dwi Hartanti et al., 2013; Retnaningtyas and Putri, 2014).

3.7. Kelarutan tepung termodifikasi dari bengkung

Hidrolisis pati menggunakan asam memiliki proses yang lebih sederhana untuk memperpendek rantai pati sehingga kelarutan meningkat (Winarti et al., 2014). Tepung bengkung memiliki kelarutan 45,65%, setelah proses hidrolisis asam terjadi peningkatan menjadi 90,02% pada perlakuan konsentrasi HCl 3% dan lama hidrolisis 72 jam. Peningkatan kelarutan dalam air dari tepung modifikasi dari bengkung disebabkan proses hidrolisis secara asam dapat memutus rantai tepung bengkung menjadi hidrolisat yang lebih sederhana.

Proses perlakuan presipitasi, yaitu pencucian menggunakan alkohol hasil perlakuan terbaik tepung termodifikasi memiliki karakteristik pasta yang lebih jernih.

Lama proses hidrolisis dan konsentrasi HCl berpengaruh terhadap kelarutan pati termodifikasi (Gambar 2). Semakin lama waktu hidrolisis dan semakin tinggi konsentrasi asam, maka kelarutan semakin tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan makin lama dihidrolisis maka pati akan pecah menjadi molekul yang lebih kecil sehingga komponen zat terlarut semakin besar (Winarti et al., 2014).



Gambar 2. Pengaruh variasi konsentrasi asam dan lama hidrolisis terhadap kelarutan tepung termodifikasi dari bengkung.

Ukuran partikel juga berpengaruh terhadap kelarutan, makin lama waktu hidrolisis maka jumlah molekul pati yang pecah akan makin banyak (Erika, 2010). Selama hidrolisis terjadi pemutusan ikatan molekul pati sehingga menghasilkan gula reduksi yang banyak. Gula reduksi akan berikatan dengan air sehingga menjadi larut dan makin banyak gula reduksi yang dihasilkan, maka kelarutan makin meningkat. Peningkatan kelarutan dari tepung termodifikasi melalui proses hidrolisis asam juga berpengaruh terhadap kejernihan pasta. Semakin tinggi kelarutan makin tinggi tingkat kejernihan pasta (Erika, 2010; Heny Herawati, 2012).

Semakin lama waktu hidrolisis dan makin tinggi konsentrasi asam, maka kelarutan makin tinggi. Hal ini disebabkan makin lama dihidrolisis maka pati akan pecah menjadi molekul yang lebih kecil sehingga komponen zat terlarut semakin besar. Menurut (Erika, 2010), ukuran partikel juga berpengaruh terhadap kelarutan, makin lama hidrolisis maka jumlah molekul pati yang pecah akan makin banyak. Selama hidrolisis terjadi pemutusan ikatan molekul pati sehingga menghasilkan gula reduksi yang banyak. Gula reduksi akan berikatan dengan air sehingga menjadi larut dan makin banyak gula reduksi yang dihasilkan maka kelarutan makin meningkat.

Tepung termodifikasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh konsentrasi dan lama hidrolisis asam. Selama proses hidrolisis, asam merusak granula dan memecah rantai pati menjadi lebih pendek sehingga lebih mudah terlarut. Rantai pati yang lebih pendek menunjukkan berat molekul yang lebih kecil sehingga meningkatkan kelarutan. Peningkatan kelarutan dari tepung

termodifikasi melalui proses hidrolisis asam juga mempengaruhi terhadap kejernihan pasta, di mana makin tinggi kelarutan menyebabkan pasta makin jernih.

3.8. Aktivitas antioksidan (IC₅₀) tepung termodifikasi dari bengkung

Pengujian aktivitas antioksidan tepung modifikasi bengkung menggunakan radikal bebas DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), absorbansinya dibaca pada panjang gelombang 517 nm, besarnya konsentrasi aktivitas antioksidan dinyatakan dengan nilai IC₅₀. Nilai IC₅₀ dapat digunakan untuk memberikan perkiraan tentang besarnya kemampuan dalam penangkal radikal bebas DPPH tepung bengkung dan tepung modifikasi. Nilai IC₅₀ rendah berarti memiliki kemampuan penangkal radikal bebas yang sangat tinggi (Nintami and Rustanti, 2012; Tarigan et al., 2015).

Tabel 4.

Aktivitas antioksidan (IC₅₀) tepung bahan baku dan tepung termodifikasi dari bengkung

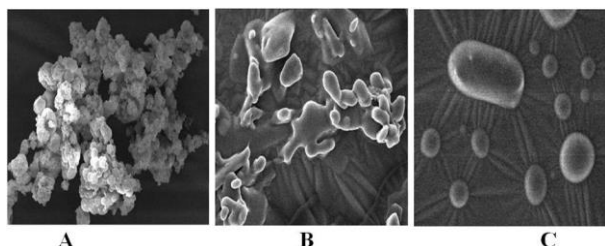
Perlakuan	Aktivitas antioksidan (IC ₅₀) µg ml ⁻¹
Tepung bengkung	<200
Konsentrasi HCl 2%, lama hidrolisis 72 jam	148

Pengujian aktivitas antioksidan (IC₅₀) tepung bahan baku dan tepung modifikasi bengkung hasil perlakuan optimum (lama hidrolisis 72 jam dan konsentrasi HCl 2%) menunjukkan tepung modifikasi bengkung (148 µgml⁻¹) memiliki kemampuan menangkal radikal bebas lebih tinggi daripada tepung bahan baku (<200 µgml⁻¹). Hal ini berarti tepung termodifikasi memiliki kemampuan menangkal radikal bebas sebesar 50% lebih besar daripada tepung bahan baku.

3.9. Analisis bentuk granula tepung termodifikasi dari bengkung

Tepung pati dalam bentuk aslinya secara alami pati merupakan butiran-butiran kecil yang sering disebut granula. Penampakan mikroskopik dari granula pati seperti bentuk, ukuran, keseragaman, bersifat khas untuk setiap jenis pati. Bentuk dan ukuran granula merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Granula pati dalam keadaan alami berwarna putih, mengkilat, tidak berbau dan tidak berasa, di mana secara mikroskopik granula pati dibentuk oleh molekul-molekul yang membentuk lapisan tipis yang tersusun terpusat. Struktur fisik tepung, yaitu bentuk granulanya, mempengaruhi sifat pati dalam pemanfaatan sebagai matrik enkapsulasi. Bentuk granula pati dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron atau SEM (Erika, 2010; Winarti et al., 2013).

Hasil uji menggunakan SEM tepung bengkung yang dilakukan dengan perbesaran 1000 kali memiliki bentuk granula yang rapat dan tidak beraturan. Pengujian terhadap granula pati menunjukkan tepung bengkung mengalami kerusakan selama hidrolisis asam tetapi bentuknya tidak berubah.



Gambar 1. Bentuk granula tepung bengkuang (A) dan termodifikasi hasil uji SEM konsentrasi HCl 2% dan lama hidrolisis 48 dan 72 jam (B dan C).

Semakin lama waktu proses reaksi akan semakin banyak dinding sel granula pati yang pecah sehingga terjadi perlubangan pada granula pati termodifikasi. Hal ini menyebabkan permukaan granula pati menjadi tidak rata sehingga tekstur yang dihasilkan menjadi kasar (Erika, 2010; Winarti et al., 2013).

Perlakuan pada konsentrasi yang sama, yaitu HCl 2% dan waktu hidrolisis 48 dan 72 jam menghasilkan bentuk granula yang berbeda. Pada waktu hidrolisis 48 jam diduga proses hidrolisis belum terjadi secara sempurna. Waktu hidrolisis 72 jam menghasilkan bentuk permukaan granula yang bulat utuh dan terdapatnya serat yang memanjang. Bentuk serat pada granula dapat disebabkan masih belum terputusnya rantai amilopektin dengan sempurna sehingga masih terdapat serat-serat yang panjang. Bentuk granula menggambarkan sudah terjadi pemisahan dari ikatan glikosidik. Bentuk butiran pati secara fisik berupa semikristalin yang terdiri dari unit kristal dan unit amorf. Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim. Proses hidrolisis asam cenderung menyerang daerah amorf dan daerah kristalin tetap, sehingga tidak banyak merubah bentuk dari granula (Erika, 2010; Winarti et al., 2013).

4. Kesimpulan

Proses hidrolisis menggunakan asam klorida (HCl) dengan konsentrasi 2% dan lama hidrolisis 72 jam memberikan hasil optimal untuk menghasilkan tepung termodifikasi dengan DP 22,34 yang sudah memenuhi persyaratan jika digunakan sebagai matrik enkapsulan. Karakteristik produk pada kondisi ini, yaitu memiliki kadar air 16,47%, kadar abu 1,17%, amilosa 31,01%, viskositas 155cP, kelarutan dan aktivitas antioksidan (IC_{50}), 80,83% dan $148 \mu\text{gml}^{-1}$. Pengujian terhadap morfologi granula menunjukkan tepung modifikasi mengalami bentuk yang tidak terlalu banyak mengalami perubahan selama proses hidrolisis asam.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan tim peneliti Rahma Fitriani, Khatmi Buskhanovti dan Widia Gustina yang telah membantu dalam pelaksanaan sehingga selesainya penelitian ini.

Daftar pustaka

Amin, N.A., 2013. Pengaruh suhu fosforilasi terhadap sifat fisikokimia pati tapioka termodifikasi.

- Artati, E.K., P.A, A., 2006. Pengaruh konsentrasi asam terhadap hidrolisis pati pisang. *Ekuilibrium* 5, 8–12.
- Asrofi, M., Abrial, H., Kasim, A., Pratoto, A., 2017. XRD and FTIR Studies of nanocrystalline cellulose from water hyacinth (*eichornia crassipes*) fiber. *J. Metastable Nanocrystalline Mater.* 29, 9–16. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JMN.29.9>
- Cao, X., Chen, Y., Chang, P.R., Muir, A.D., Falk, G., 2008. Starch-based nanocomposites reinforced with flax cellulose nanocrystals. *Express Polym. Lett.* 2, 502–510. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2008.60>
- Chafid, A., Kusumawardhani, G., 2010. Modifikasi tepung sagu menjadi maltodekstrin menggunakan enzim α -amylase.
- Erika, C., 2010. Produksi pati termodifikasi dari beberapa jenis pati. *J. Rekayasa Kim. dan Lingkungan.* 7, 130–137.
- Faridah, D.N., Fardiaz, D., Andarwulan, N., Sunarti, C., 2010. Perubahan struktur pati garut (*maranta arundinacea*) sebagai akibat modifikasi hidrolisis asam, pemotongan titik percabangan dan siklus pemanasan-pendinginan. *J. Teknol. dan Ind. Pangan* XXI, 135–142.
- Faridah, D.N., Rahayu, W.P., Apriyadi, M.S., 2013. Modifikasi pati garut (*marantha arundinacea*) dengan perlakuan hidrolisis asam dan siklus pemanasan-pendinginan untuk menghasilkan pati resisten tipe 3 23, 61–69.
- Hartanti, F.D., Amanto, B.S., A.M, D.R., 2013. Kajian karakteristik fisikokimia tepung sukun (*artocarpus communis*) termodifikasi dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman asam laktat. *J. Teknosains Pangan* 2, 41–48.
- Hartanti, F.D., Amanto, B.S., AM, D.R., 2013. Kajian karakteristik fisikokimia tepung sukun (*Artocarpus communis*) termodifikasi dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman asam laktat 2.
- Heny Herawati, 2012. Teknologi proses produksi food ingredient dari tapioka termodifikasi. *J. Litbang Pertanian.* 31, 68–76.
- Husniati, 2009. Studi karakterisasi sifat fungsional maltodekstrin dari pati singkong. *J. Ris. Ind.* III, 133–138.
- Jati, P.W., 2006. Pengaruh waktu hidrolisis dan konsentrasi HCl terhadap nilai dextrose equivalent (de) dan karakterisasi mutu pati termodifikasi dari pati tapioka dengan metode hidrolisis asam. Skripsi. Bogor IPB.
- Jyoti, D.F., Frongillo, E.A., Jones, S.J., 2016. Food insecurity affects school children's academic performance, weight gain, and social skills 1 – 3. *J. Nutr.* 2031–2839. <https://doi.org/10.1093/jn/135.12.2831>
- Kinanti, P.S.K., Atmaka, B.S., Atmaka, W., 2014. Kajian karakteristik fisik dan kimia tepung sorghum (*Sorghum bicolor* L) varietas mandau termodifikasi yang dihasilkan dengan variasi konsentrasi dan lama perendaman asam laktat. *J. Teknologi Has. Pertanian. Univ. Sebel.* Maret 3.

- Koswara, S., 2009. Teknologi modifikasi pati, EbookPangan.
- Kurniawati, F.A., 2012. Pengaruh substitusi tepung terigu dengan tepung tempe dan tepung ubi jalar kuning terhadap kadar protein, kadar b-karoten dan mutu organoleptik roti manis. *Nutr. Coll.* 1, 344–351.
- Kusnandar, F., Pitria Hastuti, H., Syamsir, E., 2015. Pati resisten sagu hasil proses hidrolisis asam dan autoclaving-cooling. *J. Teknol. dan Ind. Pangan* 26, 52–62. <https://doi.org/10.6066/jtip.2015.26.1.52>
- Nintami, A.L., Rustanti, N., 2012. Kadar serat, aktivitaas antioksidan, amilosa dan uji kesukaan mi basah dengan substitusi tepung ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* var *Ayamurasaki*) bagi penderita diabetes melitus tipe-2. *J. Nutr. ollege* 1, 382–387.
- Palma-Rodriguez, H.M., Gonzalez-Soto, E.A.-A.G.M.-M.R.A., Vernon-Carter, E.J., Bello-Pe´rez, L.A., 2012. Effect of acid treatment on the physicochemical and structural characteristics of starches from different botanical sources. *Starch/Staerke* 64, 115–125. <https://doi.org/10.1002/star.201100081>
- Pangesti, Y.D., Parnanto, N.H.R., A, A.R., 2014. Kajian sifat fisikokimia tepung bengkuang (*pachyrhizus erosus*) dimodifikasi secara heat moisture treatment (hmt) dengan variasi suhu. Karakteristik sifat fis. dan kim. tepung kacang merah dengan beberapa perlakuan pendahuluan 3, 72–77.
- Pudjihastuti, I., Siswo, S., 2011. Pengembangan proses inovatif kombinasi reaksi hidrolisis asam dan reaksi fotokimia uv untuk produksi pati termodifikasi dari tapioka. *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. Kejuangan* ISSN 1693 – 4393 1–6.
- Retnaningtyas, D.A., Putri, W.D.R., 2014. Karakterisasi sifat fisikokimia pati ubi jalar oranye hasil modifikasi perlakuan sttp (lama perendaman dan konsentrasi). *J. Pangan dan Agroindustri* 2, 68–77.
- Tarigan, E.P., Omuat, L.I., Edi Suryanto, 2015. Karakterisasi dan aktivitas antioksidan tepung sagu baruk (*arenga microcarpha*). *J. Mipa Unsrat Online* 4, 125–130.
- Winarti, C., Richana, N., Mangunwidjaya, D., Titi Candra Sunarti, 2014. Pengaruh lama hidrolisis asam terhadap karakteristik fisiko-kimia pati garut. *J. Teknol. Ind. Pertan.* 24, 218–225. <https://doi.org/10.5897/AJFS11.213>
- Winarti, C., Sunarti, T.C., Mangunwijaya, D., Richana, N., 2013. Potensi dan aplikasi pati termodifikasi sebagai bahan matriks enkapsulasi senyawa bioaktif herbal.
- Yeni, G., Failisnur, Firdausni, 2014. Membuat aneka olahan bengkuang.
- Zulaidah, A., 2012. Peningkatan nilai guna pati alami melalui proses modifikasi pati. *J. Din. sains* 10.