



Produksi Gula Pereduksi dari Degradasi Pati Singkong melalui Proses Sonikasi disertai Pengadukan

Febriyati Puspasari^a, Yoga Asmara^a, Bramantyo Airlangga^a, Prida Novarita Trisanti^a, Sumarno^{a†}

Pati singkong memiliki komposisi utama (dalam berat kering) 23% amilosa dan 77% amilopektin yang tersusun atas monomer glukosa. Oleh karena itu, pati dapat dikonversi menjadi gula pereduksi yang dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan maupun non pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh waktu proses sonikasi terhadap konsentrasi gula pereduksi yang dihasilkan. Proses sonikasi dilakukan terhadap suspensi pati 1/20 (w/v) pada kondisi operasi frekuensi 20 kHz, amplitudo 50% dan suhu 60 °C untuk berbagai waktu proses (15–120 menit) disertai pengadukan 250 rpm. Produk yang dihasilkan dari proses sonikasi dipisahkan antara solid dan liquid. Untuk produk solid dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Sedangkan produk *liquid* dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan metode DNS. Berdasarkan hasil analisa DNS, dengan semakin lamanya waktu proses diperoleh peningkatan konsentrasi gula pereduksi dan konsentrasi maksimum sebesar 0,133 mg mL⁻¹. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa sebagian granula pati rusak (pecah), dan dari hasil analisa XRD didapatkan penurunan derajat kristalinitas.

The main composition of cassava starch is (in dry weight) 23% amylose and 77% amylopectin, which is composed of glucose monomers. Therefore, starch can be converted to reducing sugar that is used as a raw material for food and non-food industries. This study aims to study several sonication processes on the concentration of reducing sugars produced. The sonication process was carried out on 1/20 (w / v) starch suspension at 20 kHz operating frequency, 50% amplitude, and 60 °C temperature for various time processes (15–120 minutes) for stirring 250 rpm. Products produced from the sonication process between solid and liquid. For solid products analyzed using Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Diffraction (XRD). While liquid products were analyzed using UV-Vis Spectrophotometer with DNS method. Based on the results of DNS analysis, the longer the process has obtained the increase in the concentration of reducing sugars and the maximum concentration of 0.133 mg mL⁻¹. SEM image results showed that some starch granules were damaged (broken), and from the results of XRD analysis, it was found that the degree of crystallinity was decreased.

Received
10 October 2018

Received in revised form

Accepted
28 December 2018
Published
31 December 2018

DOI: 10.37889/mpi.2018.21.2.3

Kata kunci: Degradasi, gula pereduksi, pati singkong, pengadukan, sonikasi.

Pendahuluan

Pati (tepung tapioka) merupakan salah satu karbohidrat yang terdapat pada umbi tanaman singkong.¹ Komposisi utama pati singkong terdiri dari 23% (dry wt) amilosa dan 77% (dry wt) amilopektin.² Amilosa adalah polimer rantai lurus yang satuan glukosa anhidrosnya dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik yang strukturnya cenderung pada daerah amorf. Sedangkan amilopektin adalah polimer rantai bercabang yang menghubungkan ikatan α -1,4 glikosidik dengan 5% ikatan α -1,6 glikosidik yang strukturnya cenderung pada daerah kristalin. Struktur molekul pada pati tersusun atas monomer glukosa, sehingga pati dapat dikonversi menjadi gula pereduksi melalui proses degradasi. Salah satu produk gula pereduksi ialah glukosa. Glukosa merupakan produk yang cukup potensial dan prospektif untuk dikembangkan karena dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan maupun non pangan.¹

Degradasi pati telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya menggunakan proses secara konvensional maupun non konvensional untuk memproduksi gula pereduksi. Secara konvensional dapat dilakukan dengan penggunaan asam dan enzim.³ Sedangkan secara non konvensional dilakukan dengan menggunakan *microwave*,⁴ hidrotermal⁵ dan sonikasi.⁶

Sonikasi merupakan proses degradasi secara non konvensional menggunakan gelombang suara dengan frekuensi diatas 18 kHz yang ditransferkan oleh probe melalui media cair, sehingga bersentuhan langsung dengan cairan. Degradasi dengan proses sonikasi akan memberikan efek perubahan struktur kimia maupun fisika pada pati. Proses sonikasi menghasilkan kavitasi akustik dalam cairan akibat fluktuasi tekanan dan kenaikan suhu yang menyebabkan tekanan uap dalam gelembung meingkat sehingga terjadi ledakan (*collapse*) yang menimbulkan *microjetting*. Tidak hanya memberikan efek fisik, namun proses sonikasi juga memberikan efek kimia yang disebabkan oleh *hot spot local* yang terjadi pada wilayah *interfacial* antara gelembung dan cairan yang berdekatan sehingga menimbulkan terjadinya radikal OH dan H. Namun pada penelitian sebelumnya, proses sonikasi hanya menghasilkan konsentrasi gula pereduksi sebesar 18%.⁷

^a Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

[†] Corresponding author: onramus@chem-eng.its.ac.id

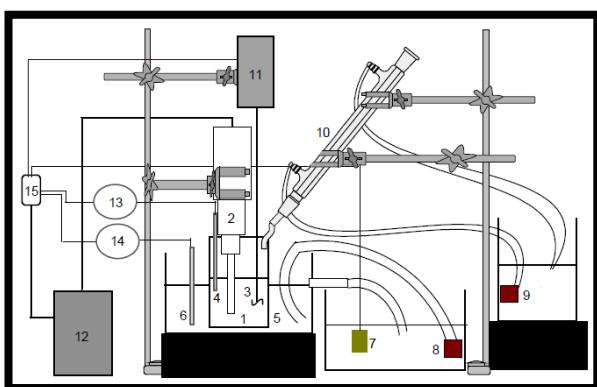
Dari uraian sebelumnya diketahui bahwa sonikasi merupakan metode degradasi pati yang dapat menghasilkan gula pereduksi. Namun kemampuannya dalam memproduksi gula pereduksi masih memiliki keterbatasan. Hal ini disebabkan bentuk struktur makromolekular pati yang tersusun dari struktur daerah kristalin (amilopektin) yang saling berikatan secara selang seling dengan struktur daerah amorf (amilosa) membentuk *double helix* yang kokoh. Struktur tersebut menghambat air ataupun reagen kimia untuk membuat kontak dengan seluruh bagian molekul pati. Maka dari itu dilakukan modifikasi pada proses sonikasi yang disertai pengadukan untuk lebih mengoptimalkan produksi gula pereduksi yang dihasilkan, mengefisiensikan waktu proses dan sebagai proses degradasi yang ramah lingkungan.

Penerapan pengadukan pada proses tersebut akan membantu melarutkan pati dalam air sehingga meningkatkan homogenisasi pada pati. Dengan larutnya pati dalam air, maka mempermudah reaksi pemotongan ikatan glikosidik terhadap rantai polimer pati yang dilakukan oleh proses sonikasi untuk memproduksi gula pereduksi lebih optimal. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh waktu proses sonikasi terhadap konsentrasi gula pereduksi yang dihasilkan.

Metode Percobaan

Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan pati dari singkong segar di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur sebagai bahan baku. Pati tersebut dikeringkan dan diseragamkan ukurannya menjadi 40 mesh. Bahan baku lainnya yang digunakan ialah Aquadest diperoleh dari UD, Sumber Ilmiah Persada.



Gambar 1. Skema Proses Sonikasi disertai pengadukan.

Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Reaktor sonikasi | 9. Pompa |
| 2. Probe sonikasi | 10. Kondensor <i>Reflux</i> |
| 3. Pengaduk | 11. Motor Pengaduk |
| 4. <i>Thermocouple</i> reaktor | 12. Generator Probe Sonikasi |
| 5. Waterbath | 13. <i>Temperature Controller</i> |
| 6. <i>Thermocouple</i> waterbath | 14. <i>Temperature Controller</i> |
| 7. Heater | 15. Sumber Listrik |
| 8. Pompa | |

Untuk bahan analisa yang digunakan ialah D-glucose 99,9% diperoleh dari Merck, potassium sodium tartrate tetrahydrate diperoleh dari Merck, sodium hydroxide (NaOH) diperoleh dari Merck, dan reagen 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) diperoleh dari Sigma-Aldrich.

Sistem proses sonikasi disertai pengadukan dapat dilihat pada Gambar 1. Alat ultrasonik yang digunakan ialah *high-intensity ultrasonic processor* (VCX 500, Sonics and Materials Inc, USA). Untuk alat yang digunakan pada analisa produk solid menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM; EVO MA 10, Carl Zeiss, Germany) untuk mengetahui perubahan struktur dan morfologi dari native pati sebelum dan setelah proses dan *X-Ray Diffraction* (XRD; Ex Malvern Panalytical, UK) untuk mengetahui perubahan derajat kristalinitas sebelum dan sesudah proses. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisa produk *liquid* menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu, Japan) dengan reagen 3,5-dinitrosalicylic acid untuk mengestimasi total kadar gula pereduksi yang dihasilkan hingga tahapan akhir proses.

Cara Kerja

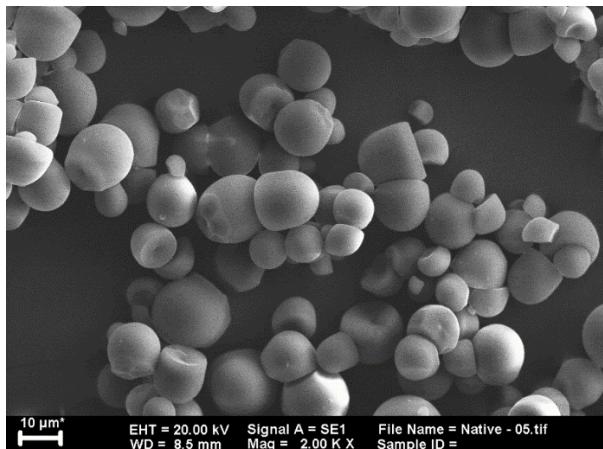
Penelitian ini diawali dengan persiapan bahan baku dengan membuat suspensi pati singkong dalam aquadest dengan perbandingan 1/20 (w/v) dalam reaktor 400 mL. Kemudian mengaduk suspensi pati singkong hingga homogen.

Untuk tahap proses sonikasi yang disertai pengadukan diawali dengan memasukkan suspensi yang telah dihomogenkan ke dalam reaktor. Kemudian memasukkan probe sonikasi ke dalam reaktor yang berisi suspensi pati. Kemudian melakukan proses sesuai dengan variabel yang telah ditentukan. Selanjutnya sampel produk yang dihasilkan dari proses dipisahkan antara *solid* dan *liquid*. Produk solid dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD), sedangkan untuk produk *liquid* dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis menggunakan reagen 3,5-dinitrosalicylic acid.

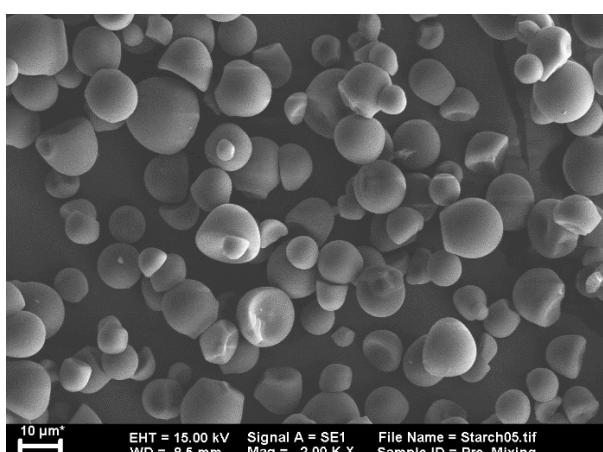
Hasil dan Pembahasan

Proses degradasi melibatkan molekul air untuk dapat merusak struktur pati, sehingga terjadi pemutusan ikatan glikosidik pada struktur pati. Proses sonikasi dilakukan terhadap suspensi pati 1/20 (w/v) pada kondisi operasi frekuensi 20 kHz, amplitudo 50%, dan suhu 60 °C untuk berbagai waktu proses (15–120 menit) disertai pengadukan 250 rpm. Produk yang dihasilkan dari proses sonikasi dipisahkan antara *solid* dan *liquid*. Untuk produk solid dianalisis dengan menggunakan SEM dan XRD. Sedangkan produk *liquid* dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis menggunakan reagen 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS).

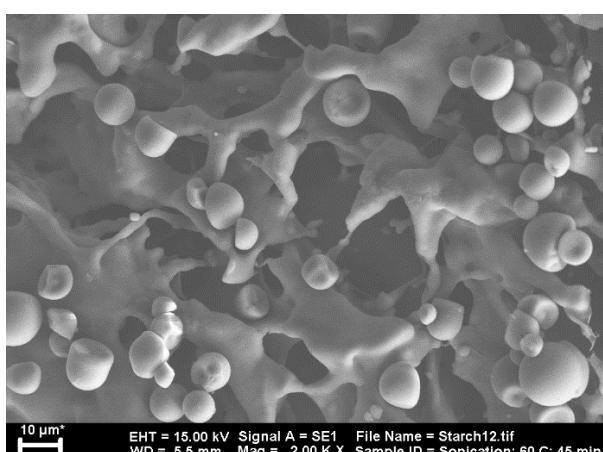
Untuk produk padatan dianalisis dengan menggunakan SEM yang bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur dan morfologi dari native pati sebelum maupun setelah proses sonikasi disertai pengadukan.



(a)



(b)



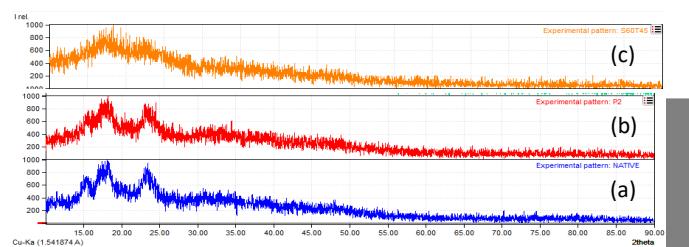
(c)

Gambar 2. Hasil analisa foto SEM dari pati dengan pembesaran 2000 kali selama 45 menit: (a) native pati; (b) pre-mixing selama 2 menit pada suhu ruang; (c) sonikasi disertai pengadukan pada suhu 60 °C selama 45 menit.

Berdasarkan hasil analisa SEM dari native pati pada Gambar 2. menunjukkan bahwa struktur dari granula pati (a) awalnya cenderung berkelompok, berbentuk oval dengan bagian atas terpotong. Setelah pre-mixing 2 menit (b) bentuk dan ukuran dari granul pati masih sama seperti pada native, akan tetapi sebagian dari granula

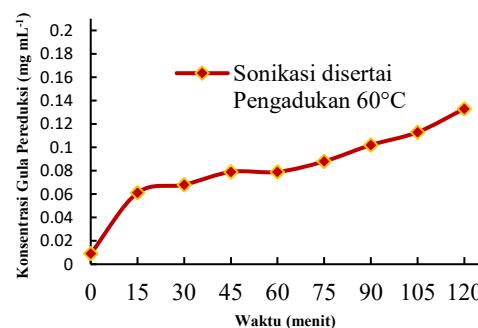
mula merenggang antara satu dengan yang lain. Kemudian setelah dilakukannya proses sonikasi disertai pengadukan pada suhu 60°C (c) terlihat struktur granul pati sebagian rusak (pecah). Hal ini dipengaruhi oleh gelombang ultrasonik yang mengenai pati. Pati yang terkena gelombang ultrasonik mengakibatkan terbentuknya kavitas. Pada saat kavitas terjadi siklus pembentukan, pertumbuhan, dan keruntuhan gelembung. Tekanan uap yang lebih tinggi dapat mendorong ke arah pembentukan gelembung yang lebih mudah sehingga menyebabkan terjadi ledakan kavitas. Ledakan kavitas ini menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) dan radikal hidrogen ($\cdot\text{H}$) yang semakin banyak untuk kemudian menyerang ikatan glikosidik pada pati.

Produk padatan dianalisis dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertujuan untuk mengetahui perubahan kristalinitas dari pati setelah proses sonikasi yang disertai dengan pengadukan.



Gambar 3. Hasil analisa XRD dari pati: (a) native pati; (b) pre-mixing selama 2 menit pada suhu ruang; (c) sonikasi disertai pengadukan pada suhu 60 °C.

Terlihat pada Gambar 3, (a) native pati memiliki kristalinitas sebesar 35,62% dengan terdapatnya 4 puncak pada $2\theta = 15,3864^\circ$; $18,1972^\circ$ dan $23,2710^\circ$. Setelah proses pre-mixing selama 2 menit (b), pati memiliki kristalinitas sebesar 33,82% dengan puncak $2\theta = 15,2904^\circ$. Kemudian setelah dilakukan proses sonikasi disertai dengan pengadukan pada suhu 60 °C sebesar 10,77% dengan sudah tidak terdapatnya puncak lagi (c). Dari tahapan-tahapan tersebut menunjukkan bahwa terjadinya perubahan kristalinitas dengan menurunnya intensitas seperti yang dijelaskan sebelumnya. Hal ini disebabkan karena pada proses sonikasi dapat merenggangkan struktur molekul kristalin dan membuatnya tampak seperti amorf sehingga menyisakan molekul kristalin. Hal ini yang disebabkan karena adanya efek fisik maupun kimia yang dihasilkan oleh proses sonikasi sehingga merubahnya menjadi struktur amorf dan menurunkan intensitas kristalinitasnya.



Gambar 4. Hasil analisa gula pereduksi proses sonikasi disertai pengadukan untuk berbagai waktu pada suhu 60 °C.

Selanjutnya juga dilakukan analisa pada produk liquidnya dengan metode DNS untuk mengestimasi total gula pereduksi yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisa menunjukkan bahwa dengan semakin lamanya waktu proses maka terjadi peningkatan konsentrasi gula pereduksi. Dan dari hasil tersebut didapatkan konsentrasi maksimum sebesar $0,133 \text{ mg mL}^{-1}$. Hal ini disebabkan karena semakin lamanya waktu proses maka semakin banyak pula *microbubble* yang dihasilkan yang menyebabkan banyaknya radikal OH yang menyerang ikatan glikosidik sehingga menjadikan ikatan glikosidik semakin mudah terpotong.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa DNS, dengan semakin lamanya waktu proses maka diperoleh peningkatan konsentrasi gula pereduksi dan konsentrasi maksimum sebesar $0,133 \text{ mg mL}^{-1}$. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa sebagian granula pati rusak (pecah), dan dari hasil analisa XRD didapatkan penurunan derajat kris-talinitas.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknologi Material, Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberi dukungan sehingga terlaksananya penelitian ini.

Referensi

- 1 J. BeMiller dan R. Whistler, *Starch: Chemistry and technology*, 2009, **53(9)**.
- 2 R.A. Freitas, R.C. Paula, J.P.A. Feitosa, S. Rocha dan M.R. Sierakowski, Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches, *Carbohydr. Polym.*, 2004, **55(1)**, 3–8.
- 3 A. Ayoola, O. Adeeyo, V. Efeovbokhan dan D.A. Olasimbo, Optimum Hydrolysis Conditions of Cassava Starch for Glucose Production, *Int. J. Adv. Res. IT Eng.*, 2013, **2(1)**, 93–101.
- 4 E. Hermati et al., Improvement of microwave-assisted hydrolysis of cassava pulp and tapioca flour by addition of activated carbon, *Carbohydr. Polym.*, 2012, **87(1)**, 939–942.
- 5 F. Puspasari, Y. Asmara dan P.N. Trisanti, Produksi Gula Pereduksi dari Depolimerisasi Pati Singkong Melalui Proses Pelarutan disertai Pemanasan dan Hidrotermal, *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 2017, **April**, 1–6.
- 6 A. Hernoux, J.M. Lévéque, U. Lassi, S. Molina-Boisseau dan M.F. Marais, Conversion of a non-water soluble potato starch waste into reducing sugars under non-conventional technologies, *Carbohydr. Polym.*, 2013, **92(2)**, 2065–2074.
- 7 A. Hernoux-villie et al., *Simultaneous Microwave/Utrasound-Assisted Hydrolysis of Starch-Based Industrial Waste into Reducing Sugars*, 2013.