

PENGUKURAN PATI RESISTEN TIPE 5 SECARA IN VITRO PADA NASI UDUK

IN VITRO MEASUREMENT OF TYPE 5-RESISTANT STARCH OF NASI UDUK

Hesti Ayuningtyas Pangastuti^{1*}, Lasuardi Permana¹

¹Program Studi Teknologi Pangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera,
Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Jati Agung, Lampung Selatan 35365, Indonesia

ABSTRAK

Kompleks amilosa-lipid telah digaungkan sebagai sumber baru pati resisten, yaitu pati resisten tipe 5. Salah satu aplikasi kompleks amilosa-lipid dalam pangan lokal adalah nasi uduk. Nasi uduk adalah pangan tradisional yang dibuat dari nasi, santan, dan bumbu-bumbu, seperti jahe, serai, daun salam, lengkuas, dan garam. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar amilosa pada nasi serta penambahan santan terhadap kadar lemak, kadar pati resisten, daya cerna in vitro, dan profil pati pada nasi uduk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan mengenai kadar amilosa dari nasi terhadap daya cerna pati in vitro pada nasi, tetapi tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar lemak dan kadar pati resisten. Nasi uduk yang dibuat dari berbagai rasio air dan kelapa parut dalam pembuatan santannya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar lemak, kadar pati resisten, dan daya cerna pati in vitro. Analisis FTIR menunjukkan bahwa nasi uduk menunjukkan perubahan intensitas puncak pada 2922 cm⁻¹, 1744 cm⁻¹, 1640 cm⁻¹, and 1237 cm⁻¹.

Kata kunci: amilosa, kompleks amilosa-lipid, nasi uduk, lipid, pati resisten

ABSTRACT

Amylose-lipid complex has been proposed as a new source of resistant starch (RS type 5). One of the application of amylose-lipid complex in novel food is nasi uduk. Nasi uduk is traditional food made of rice, coconut milk, and spices such as ginger, lemongrass, bay leaf, galangal, and salt. The purpose of this study was to investigate the effect of amylose content of rice and coconut milk addition on the fat content, resistant starch content, in vitro digestibility, and starch profile of Indonesian cooked rice (nasi uduk). The result showed that there was significant value on in-vitro digestibility index regarding its high nor moderate amylose of rice. Nasi uduk made of different ratios of water and coconut in coconut making were shown significant effect on its fat content, resistant starch content, and in vitro digestibility index. The analysis using FTIR showed that the modified rice showed changes in the peak intensity in the region of 2922 cm⁻¹, 1744 cm⁻¹, 1640 cm⁻¹, and 1237 cm⁻¹.

Keywords: amylose, amylose-lipid complex, nasi uduk, lipid, resistant starch

Pendahuluan

Konsep pati resisten (RS) sebagai pembangkit minat baru dalam ketersediaan pati dan penggunaannya sebagai sumber serat pangan, terutama pada orang dewasa. Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa pati resisten menunjukkan fungsi fisiologis yang menyerupai serat pangan. Secara definisi, pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim

dalam pencernaan manusia, sehingga berkontribusi terhadap fungsi fisiologis kesehatan manusia. Adanya pati resisten dalam kolon dapat mengurangi resiko diabetes, kolesterol, obesitas, serta berbagai penyakit degeneratif lainnya (Higgins et al., 2004; Keenan et al., 2006, Han et al., 2003). Fungsi tersebut juga berhubungan dengan peningkatan flora mikroba, indeks glikemik saluran pencernaan, level kolesterol darah, dan mengontrol diabetes (Fuentes-Zaragoza et al., 2010).

Kompleks amilo-lipid telah dinyatakan sebagai sumber baru dalam pati resisten (RS tipe 5), yang menjadi pelengkap empat tipe pati

^{*}) Penulis Korespondensi

E-mail: hesti.pangastuti@tp.itera.ac.id

Telp: +62-8585888228

resisten sebelumnya, yaitu pati yang tidak dicerna secara fisik (RS tipe 1), granula kristalinitas tipe B dan beberapa tipe C (RS tipe 2), pati retrogradasi (RS tipe 3), dan pati termodifikasi kimia (RS tipe 4) (Hasjim et al., 2017). Pengembangan penelitian mengenai aplikasi pati resisten tipe 5 hingga kini belum banyak dikembangkan.

Kompleks amilosa-lipid merupakan senyawa yang umum terdapat dalam granula pati mentah serta pati hasil proses (Becker et al., 2001; Morrison et al., 1993). Dalam pembentukan kompleks, rantai hidrokarbon lipid akan berinteraksi dengan bagian hidrofobik dari rantai amilosa dan memenuhi rongga sentral dari heliks tunggal amilosa (Hasjim et al., 2017). Keberadaan kompleks amilosa-lipid akan menyebabkan pati menjadi resisten terhadap hidrolisis enzim amilolitik (Kitahara et al., 1996; Seneviratne and Biliaderis, 1991).

Dengan basis yang juga berupa kompleks amilosa-lipid, nasi uduk merupakan salah satu makanan yang diduga mengandung pati resisten tipe 5. Nasi uduk merupakan kuliner khas Nusantara yang terkenal mulai dari pulau Jawa bagian barat hingga selatan Sumatera (Ernayanti, 2003; Gardjito dkk, 2017). Kompleks amilo-lipid terdefiniskan melalui dua bahan utama pembuatannya, yaitu beras dan santan kelapa. Selain itu, pembuatan nasi uduk juga disertai dengan penambahan bumbu berupa jahe, daun serai, lengkuas, daun salam, dan garam.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kadar amilosa pada beras dan komposisi air dan kelapa parut dalam pembuatan santan terhadap pati resisten, daya cerna, dan profil IR spektrum pada nasi uduk.

Bahan dan Metode

Bahan

Bahan baku berupa beras dan kelapa parut didapatkan di pasar lokal di Bandar Lampung, Indonesia. Dalam penelitian ini, digunakan 2 (dua) jenis varietas beras yaitu varietas beras Ciherang dan IR42. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa kedua jenis beras tersebut memiliki kadar amilosa masing-masing sebesar 22,35% dan 25,35%. Kategorisasi beras berdasarkan kadar amilosanya dibagi empat, yaitu beras ketan (amilosa 0-2%), beras beramilosa rendah (9-20%), amilosa sedang (20-25%), dan amilosa tinggi (25%) (Hariyadi, 2008). Oleh karena itu, kedua beras yang dipakai sebagai perlakuan kemudian disebut sebagai

“beras amilosa tinggi” dan beras amilosa sedang”.

Maltosa (Merck, USA), enzim alfa-amilase (Merck, USA), 3,5-dinitrosalysilic acid (Merck, USA), larutan buffer tris-maleate (Merck, USA), etanol (Merck, USA), asam asetat (Merck, USA), and amiloglukosidase (Merck, USA) juga digunakan untuk keperluan analisis penelitian ini.

Pembuatan nasi uduk

Beras dicuci dengan air sebanyak tiga kali sebelum digunakan. Sebanyak 100 g beras dimasak bersama dengan santan penambahan sebesar 1.6 kali (b/v) disertai penambahan bumbu menggunakan magi-com rumah tangga (Maspion MRJ-108, power output 350 W, kapasitas 1 L; Maspion Co. Ltd., Indonesia). Bumbu-bumbu yang digunakan adalah daun salam, daun serai, jahe, lengkuas, dan garam. Beras kemudian dibuat dengan komposisi yang tertera pada Tabel 1. Perbedaan perlakuan terletak pada perbedaan beras yang dipakai dan rasio pembuatan santan. Dalam pembuatan santan, terdapat tiga perlakuan yaitu rasio air : kelapa sebesar 1:1, 2:1, dan 3:1.

Tabel 1. Komposisi pembuatan nasi uduk (dalam gram)

Bahan	Ukuran	Persentase (%)
Beras	180 g	30,82
Santan	389 ml	66,61
Daun salam	3 g	0,51
Daun serai	3 g	0,51
Jahe	3 g	0,51
Lengkuas	3 g	0,51
Garam	3 g	0,51

Analisis kadar amilosa

Kadar amilosa dianalisis berdasarkan pengukuran kompleks biru amilosa-iodin (Juliano, 1971). Sebanyak 100 mg sampel ditimbang ke dalam labu takar 10 ml, kemudian dicampur ke dalam 1 ml etanol dan 9 ml larutan NaOH 2 M. Sampel kemudian dilarutkan dan ditambahkan larutan iodin. Setelah inkubasi selama 10 menit di suhu ruang, sampel dianalisis absorbansinya pada 620 nm menggunakan spektrofotometer. Kadar amilosa dikalkulasi berdasarkan kurva standar.

Analisis kadar lemak

Analisis kadar lemak dilakukan menggunakan metode Soxhlet mengacu pada AOAC (1990).

Analisis kadar pati resisten

Sebanyak 100 mg sampel halus diinkubasi dengan larutan pepsin 0.2 ml (1 g pepsin / 10 ml buffer KCl-HCl pH 1.5). Inkubasi pertama dilakukan dengan pengadukan pada suhu 40°C selama 60 menit. Kemudian, 1 ml larutan alfa-amilase (40 mg alfa amilase / 1 ml tris-maleate buffer pH 6.9) ditambahkan ke dalam larutan. Larutan kemudian melalui inkubasi kedua pada suhu 37°C selama 16 jam dengan pengadukan konstan. Hidrolisat kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3500 rpm selama 15 min dan residunya dicuci menggunakan 10 ml air destilasi. Sentrifugasi diulang sebanyak dua kali. Sebanyak 3 ml air destilasi dan 3 ml larutan KOH 4 M ditambahkan. Residu didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar.

Setelah 30 menit, sebanyak 5.5 ml HCl 1 M dan 3 ml buffer pH 4.75 natrium asetat 4 M ditambahkan ke dalam residu. Larutan kemudian dicampur dengan 80 µl amiloglukosidase dan diinkubasi pada suhu 60°C selama 45 menit dengan pengadukan. Sentrifugasi dilakukan dua kali pada kecepatan 3500 rpm selama 15 menit, kemudian residu dicuci dengan air destilasi. Kadar glukosa diukur menggunakan glukosa oksidase-peroksidase kit. Pati resisten kemudian dihitung sebagai mg glukosa x 0.9.

Analisis Daya Cerna Pati In Vitro

Analisis daya cerna pati in vitro dilakukan menurut metode Muchtadi dkk (1992). Sebanyak 1 g sampel dilarutkan ke dalam 100 mL air destilata, kemudian dipanaskan dalam waterbath hingga suhu 90 °C sambil diaduk, lalu diangkat dan didinginkan. Larutan kemudian dipipet sebanyak 2 mL, ditambahkan 3 mL air destilata dan 5 mL buffer fosfat pH 7. Masing-masing sampel dibuat dua kali, salah satunya digunakan sebagai blanko. Tabung reaksi diinkubasi pada suhu 37 °C selama 15 menit. Larutan sampel kemudian ditambahkan 5 mL larutan enzim α-amilase (1 mg/ml dalam buffer fosfat pH 7), sedangkan larutan blanko ditambahkan 5 mL buffer fosfat pH 7. Inkubasi dilanjutkan selama 30 menit.

Sebanyak 1 ml larutan hasil inkubasi dipindahkan ke dalam tabung reaksi tertutup berisi 2 mL larutan DNS (asam dinitrosalisilat). Larutan dipanaskan selama 12 menit, kemudian didinginkan. Larutan kemudian ditambahkan 10 mL air destilata dan diukur absorbansinya pada

panjang gelombang 520 nm. Nilai daya cerna pati in vitro diukur dengan membandingkan kadar maltosa sampel dengan maltosa pati murni, yang diperoleh dengan melakukan uji daya cerna pati murni. Pengujian daya cerna pati murni akan menghasilkan kurva standar yang diperoleh dari perlakuan DNS terhadap 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, dan 1.0 mL larutan maltosa murni 0.5 mg/mL yang ditepatkan menjadi 1 mL dengan air destilata. Daya cerna pati in vitro dihitung dengan rumus:

$$DCP = ((MS - MBS) / (MPM - MBPM)) \times 100\%$$

Keterangan:

DCP = daya cerna pati

MS = maltosa sampel

MBS = maltosa blanko sampel

MPM = maltosa pati murni

MBPM = maltosa blanko pati murni

Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Untuk analisis FTIR, digunakan FTIR Cary 660 (Agilent Technology, Ltd., USA) dengan daerah scanning 4000 ke 650 cm⁻¹ dan resolusi 4 cm⁻¹ dengan 32 scans.

Analisis Statistik

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA). Perbedaan signifikansi diantara rerata kemudian dilakukan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p<0.05) menggunakan software SPSS (SPSS versi 23). Nilai diekspresikan sebagai rerata ± standar deviasi.

Hasil dan Pembahasan**Kadar Lemak**

Kadar lemak pada nasi dan nasi uduk ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil kadar lemak menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nasi dan nasi uduk. Perbedaan kadar amilosa pada nasi uduk tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar lemaknya. Kadar lemak pada nasi uduk yang berkisar antara 6,52-9,78% serupa dengan penelitian Giyatmi (2017) yaitu sebesar 9,37%.

Tabel 2. Kadar lemak pada nasi dan nasi uduk

Perlakuan	Rasio air : kelapa parut dalam pembuatan santan	Kadar Lemak (%)	Kadar Pati Resisten (%)	Daya Cerna Pati In Vitro (%)
Beras amilosa tinggi	-	1,41 ± 0,09 ^a	22,23 ± 0,34 ^d	57,83 ± 0,61 ^b
Nasi amilosa tinggi	-	1,40 ± 0,13 ^a	1,36 ± 0,12 ^a	70,31 ± 0,53 ^c
Nasi uduk dari beras amilosa tinggi	1 : 1	6,52 ± 0,60 ^b	8,16 ± 0,71 ^b	61,90 ± 0,77 ^b
	2 : 1	7,16 ± 0,45 ^{bc}	9,23 ± 0,52 ^{bc}	62,09 ± 0,32 ^{bc}
	3 : 1	9,72 ± 0,61 ^c	11,37 ± 0,25 ^c	63,68 ± 0,12 ^c
Beras amilosa sedang	-	1,32 ± 0,11 ^a	16,79 ± 1,08 ^c	52,29 ± 0,57 ^a
Nasi amilosa sedang	-	1,33 ± 0,02 ^a	1,11 ± 0,03 ^a	74,22 ± 0,46 ^d
Nasi uduk dari beras amilosa sedang	1 : 1	6,81 ± 0,39 ^b	7,16 ± 0,12 ^b	60,18 ± 0,52 ^b
	2 : 1	7,23 ± 0,59 ^c	8,88 ± 0,43 ^b	63,52 ± 0,41 ^c
	3 : 1	9,78 ± 0,88 ^c	11,14 ± 0,05 ^c	63,77 ± 0,56 ^c

Kadar Pati Resisten dan Daya Cerna Pati In Vitro

Pati resisten dan daya cerna pati in vitro merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan pencernaan bahan dalam tubuh. Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa perbedaan amilosa pada nasi tidak memberikan pengaruh terhadap kadar pati resisten dan daya cerna pati in vitro. Meski begitu, hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan terhadap nasi uduk yang dibuat dengan berbagai rasio air dan kelapa parut dalam santan. Pada nasi uduk yang terbuat dari beras beramilosa sedang, rasio air dan kelapa parut 1:1 dalam menunjukkan 7,16%, sedangkan rasio 2:1 sebesar 8,88%, dan rasio 3:1 sebesar 11,14%.

Analisis kadar pati resisten menunjukkan bahwa pati resisten pada beras memiliki perbedaan yang sangat signifikan terhadap nasi, yaitu sebesar 1,11%-1,36%. Hal ini menunjukkan bahwa nasi lebih mudah dicerna akibat proses pemasakan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nasi yang terbuat dari nasi dengan amilosa yang berbeda (amilosa sedang dan tinggi) memberikan hasil daya cerna pati in vitro yang signifikan ($p > 0.05$). Dalam kondisi tertentu, amilosa dapat membentuk kompleks inklusi dengan monogliserida yang menyebabkan pencernaan pati menjadi lebih rendah secara in vitro (Guraya et al., 1997). Hal ini serupa dengan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa beras yang mengandung kadar amilosa yang tinggi (24-30%) dapat menurunkan serum glukosa dan respons insulin secara signifikan (Miller et al., 1992; Behall dan Howe, 1995; Guraya et al., 1997).

Kadar pati nasi uduk dengan kadar amilosa beras yang berbeda dan kadar santan yang

berbeda memiliki kadar pati resisten yang berkisar antara 7,16-11,37%. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan riset yang dilakukan Anugrahati et al. (2015) dalam sistem model nasi dan santan, yang mengandung kadar pati resisten sebesar 5,35%. Dalam sistem pangan, peningkatan kadar pati resisten diduga dapat terjadi karena penambahan bumbu-bumbu dalam pembuatan nasi uduk. Bumbu-bumbu berupa daun salam, daun serai, jahe, dan lengkuas memiliki kandungan minyak esensial dan diduga bermigrasi ke dalam nasi. Diperlukan penelitian lebih lanjut yang dapat menjelaskan tentang fenomena ini. Daya cerna pati in vitro mengukur tingkat pencernaan pati dengan mengukurnya menyerupai sistem pencernaan manusia. Penambahan santan dan bumbu ke dalam nasi dapat menurunkan daya cerna secara signifikan, dengan kisaran 60,18-63,77%.

Analisis FTIR

Spektrum IR pada nasi dan nasi uduk dijelaskan pada Gambar 1. Teknik FTIR digunakan untuk menggambarkan perubahan struktur dalam konformasi molekuler pati, khususnya pada struktur pendek, misalnya pada retrogradasi rantai pati, kristalinitas, dan konformasi pada daerah eksterior granula pati (Ashwar et al., 2016). Analisis menggunakan FTIR menunjukkan bahwa nasi yang telah dimodifikasi (nasi uduk) menunjukkan perubahan pada intensitas puncak pada daerah 2922 cm^{-1} , 1744 cm^{-1} , 1640 cm^{-1} , dan 1237 cm^{-1} .

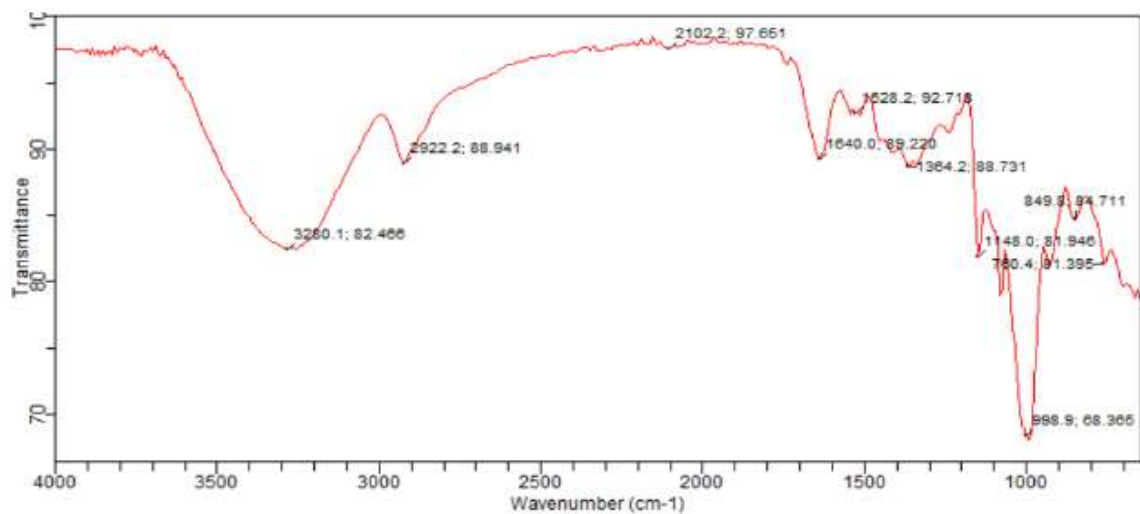
IR spektrum pada nasi dan nasi uduk menunjukkan perbedaan pada panjang gelombang 2800-3000 cm^{-1} . Pada nasi uduk, terdapat perubahan pada karakteristik spektrum pada panjang gelombang 2822 cm^{-1} , yang mengasosiasikan vibrasi ulur pada ikatan C-H (Ji

et al., 2015). Hasil penelitian lain dari Anugrahati et al. (2015), Park et al., (2009), dan Flores-Morales et al. (2012) menunjukkan bahwa karakteristik spektrum 2900 cm^{-1} adalah terkait fenomena retrogradasi pati.

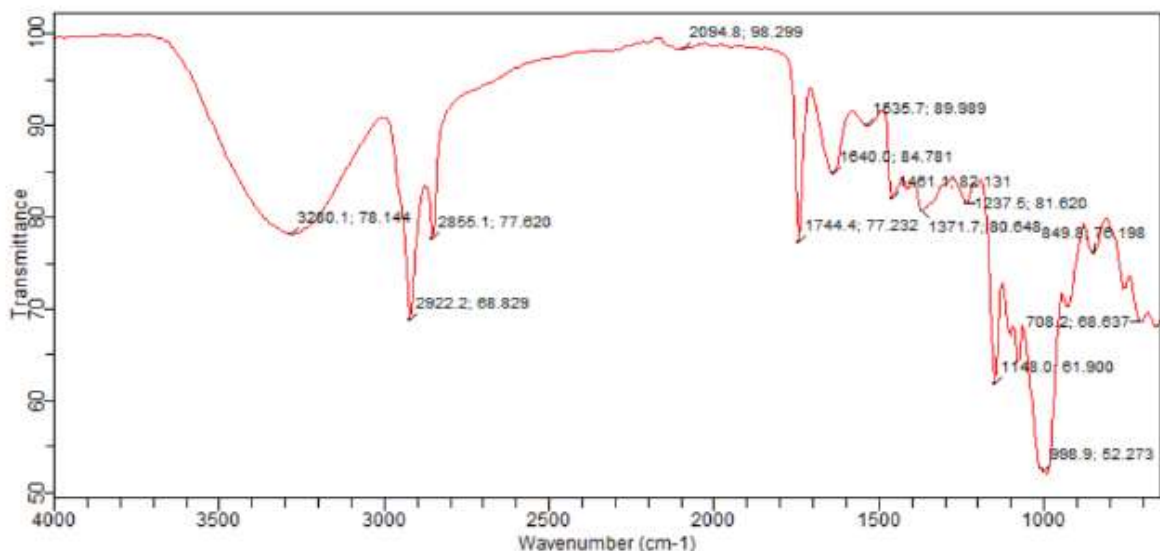
IR spektrum pada nasi uduk juga menunjukkan perbedaan pada panjang gelombang 1744 cm^{-1} . IR spektrum pada panjang gelombang ini menggambarkan peningkatan fraksi lipida yang berikatan dengan amilosa, sebagai pembentukan pati resisten tipe 5.

Perubahan ini sesuai dengan model sistem nasi uduk pada Anugrahati et al. (2015).

Intensitas puncak pada panjang gelombang 1640 cm^{-1} terjadi akibat air yang berikatan di dalam struktur pati bagian dalam (Fang et al., 2002; Ji et al., 2015). Perubahan puncak juga terjadi pada panjang gelombang 1237 cm^{-1} , dimana hal ini merupakan karakteristik mode vibrasi pada ikatan C-O dan C-O-H dalam pati (Julious, 2008).



(a)



(b)

Gambar 1. Data Analisis FTIR pada (a) Nasi, dan (b) Nasi Uduk

Kesimpulan

Nasi uduk sebagai pangan tradisional Indonesia terbukti mengandung kompleks amilo-lipid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan terhadap nasi uduk yang dibuat dari tiga rasio pembuatan santan yang berbeda. Perbedaan signifikan juga terdapat dalam daya cerna pati in vitro pada nasi dengan kadar amilosa yang berbeda. Nasi uduk yang dibuat dari rasio air dan kelapa parut berbeda dalam pembuatan santan menghasilkan pengaruh yang signifikan dalam kadar pati resisten dan daya cerna pati in vitro. Analisis menggunakan FTIR menunjukkan bahwa nasi uduk menunjukkan perubahan intensitas puncak di daerah 2922 cm^{-1} , 1744 cm^{-1} , 1640 cm^{-1} , and 1237 cm^{-1} .

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas Hibah Penelitian Simlitabmas dengan No. B/172/IT9.C1/PT.01.03/2019.

Daftar Pustaka

- Anugrahati, N.A., Y. Pranoto, Y. Marsono, & D.W. Marseno. 2015. In vitro digestibility of indonesian cooked rice treated with cooling-reheating process and coconut milk addition. *International Research Journal of Biological Sciences* Vol. 4, pp. 34-39.
- Arraullo, E.V., De Padua, D.B. & Graham, M. 1976. *Rice Postharvest Technology*. International Development Research Centre. Kanada.
- Ashwar, B.A., Gani, A., Wani, I.A., Shah, A., Masoodi, F.A., & Saxena, D.C. 2016. Production of resistant starch from rice by dual autoclaving-retrogradation treatment: in vitro digestibility, thermal, and structural characterization. *Food Hydrocolloids*, 56, 108-117.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 1990. *Official methods of analysis of the association of the official analysis chemists*, 15th edition. Washington D.C.
- Becker, A., Hill, S.E., & Mitchell, J.R. 2000. Relevance of Amylose-Lipid Complexes to the Behaviour of Thermally Processed Starches. *Starch – Stärke* Vol. 53(3-4), 121-130.
- Behall, K. M., Howe, J. C. 1995. Effect of long-term consumption of amylose vs amylopectin starch on metabolic variables in human sub-jects. *Am. J. Clin. Nutr.* 61:334-340.
- Ernayanti. 2003. *Ensiklopedi Makanan Tradisional (di Pulau Jawa dan Pulau Madura)*. Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata Balai Pelestarian Sejarah dan Nilai Tradisional. Jakarta.
- Fang, J.M., Fowler, P.A., Tomkinson, J., & Hill, C.A.S. 2002. The preparation and characterization of a series of chemically modified potato Starches. *Carbohydrate Polymers*, 47, 245-252.
- Flores-Morales, A., M. Jiménez-Estrada. & R. Mora-Escobedo. 2012. Determination of The Structural Changes by FT-IR, RAMAN, And CP/MAS 13-c NMR Spectroscopy on Retrograded Starch of Maize Tortillas. *Carbohydrate Polymers* 87: 61-68.
- Fuentes-Zaragoza, E., M.J. Riquelme-Navarrete, E. Sanchez-Zapata, & J.A. Perez-Alvarez. 2010. Resistant Starch As Functional Ingredient: A Review. *Food Research International* Volume 43, Issue 4, p. 931-942.
- Gardjito, M., R.G. Putri, & S. Dewi. 2017. *Profil Struktur, Bumbu, dan Bahan dalam Kuliner Indonesia*. UGM Press. Yogyakarta.
- Giyatmi dan D.D. Anggraini. 2017. Pengaruh Jenis Nasi Terhadap Nilai Gizi dan Mutu Kimiaw Nasi Dalam Kemasan Selama Penyimpanan Sebagai Alternatif Pangan Darurat. *KONVERSI* Vol. 6 No. 1 April 2017.
- Guraya, H.S., R.S. Kadan, & E.T. Champagne. 1997. Effect Of Rice Starch-Lipid Complexed on in Vitro Digestibility, Complexing Index, And Viscosity. *Cereal Chem.* 74(5): 561-565.
- Han, K. H., Fukushima, M., Kato, T., Kojima, M., Ohba, K., & Shimada, K., et al. 2003. Enzyme-Resistant Fractions of Beans Lowered Serum Cholesterol and Increased Sterol Excretions and Hepatic MRNA Levels In Rats. *Lipids*, 38(9), 919-924.

- Hariyadi. 2008. *Teknologi Pengolahan Beras*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Hal. 18-27.
- Hasjim, J., Y. Ai, & J. Jane. 2017. Novel Applications of Amylose-Lipid Complex as Resistant Starch Type 5. In Y. Shi and C.C. Maningat. *Resistant Starch: Sources, Applications and Health Benefits*, First Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Higgins, J.A. 2004. Resistant Starch: Metabolic Effects and Potential Health Benefits. *J. AOAC Int.* May; 87(3): 761-768.
- Ji, N., Li, X., Qiu, C., Li, G., Sun, Q., & Xiong, L. 2015. Effects of Heat Moisture Treatment on The Physicochemical Properties of Starch Nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 117, 605–609.
- Juliano, B.O.A. 1971. Simplified Assay for Milled-Rice Amylose. *Cereal Science Today* 16: 334-340, 36.
- Julious, L.W. 2008. Humidity-responsive starch poly (methacrylate) films. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 209, 764–772.
- Keenan, M. J., J. Zhou, K.L. McCutcheon, A.M. Raggio, H. G. Bateman, E. Todd, C. K. Jones, R. T. Tulley, S. Melton, R. J. Martin, & M. Hegsted. 2012. Effects of Resistant Starch, A Non-Digestible Fermentable Fiber, on Reducing Body Fat. *Obesity A Research Journal*, Vol. 14, Issue 9.
- Kitahara, K., Suganuma, T., Nagahama, T. 1996. Susceptibility of amylose-lipid complex to hydrolysis by glucoamylase from *Rhizopus niveus*. *Cereal Chemistry* 73 (4), 428–432.
- Miller, J. B., Pang, E., & Bramall, L. 1992. Rice: A high or low glyce-mic index food. *Am. J. Clin. Nutr.* 56:1034-1036.
- Morrison, W.R., Law, R.V., Snape, C.E. 1993. Evidence for inclusion complexes of lipids with V-amylose in maize, rice and oat starches. *Journal of Cereal Science* 18(2),107–109.
- Muchtadi, D., Palupi, N.S., & Astawan, M. 1992. *Metode Kimia, Biokimia, dan Biologi dalam Evaluasi Nilai Gizi*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Park, E.Y., B.K. Baik, & S.T. Lim. 2009. Influences of Temperature-Cycled Storage on Retrogradation and In Vitro Digestibility of Waxy Maize Starch. *Journal of Cereal Science* 50: 43-48.
- Seneviratne, H.D., Biliaderis, C.G. 1991. Action of α -amylases on amylose-lipid complex super structures. *Journal of Cereal Science* 13(2), 129–143.