

Modifikasi Pati secara Asetilasi terhadap Gugus Fungsi Asetil dan Kristanilitas Pati Ubi Banggai Asetat

If'all¹, Asriani Hasanuddin², Abdul Rahim³, Syahraeni Kadir⁴
¹) Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Alkhairaat, Palu
²) Program Studi Peternakan, Universitas Tadulako
^{3,4}) Program Studi Agroteknologi, Universitas Tadulako
¹) if'all@unisapalu.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5857>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik gugus fungsi asetil dan kristanilitas pati ubi banggai asetat melalui modifikasi pati secara asetilasi dengan waktu reaksi yang berbeda. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan waktu reaksi (T) yaitu T1 : 30 menit, T2 : 35 menit, T3 : 40 menit, T4 : 45 menit, T5 : 50 menit, T6 : 55 menit. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan karakteristik pengikatan gugus fungsi asetil FTIR dan kristanilitas XRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terbentuknya pati ubi banggai asetat ditunjukkan dengan hasil identifikasi FTIR berupa adanya serapan gugus karbonil (C=O) pada bilangan gelombang 1651,07 cm⁻¹, 1645,28 cm⁻¹, 1643,35 cm⁻¹, 1645,28 cm⁻¹, 1651,07 cm⁻¹ dan 1647,21 cm⁻¹ dan munculnya gugus fungsi (C-O) ester dari gugus asetil pada bilangan gelombang 1163,08 cm⁻¹, 1161,15 cm⁻¹, 1159,22 cm⁻¹, 1161,15 cm⁻¹, 1163,08 cm⁻¹ dan 1155,36 cm⁻¹. Hasil analisis kristanilitas difraktogram XRD pati ubi banggai asetat diperoleh pada waktu reaksi 50 menit (16,97%) yang bersifat kristalin.

Katakunci : Pati ubi banggai, asetilasi, FTIR, XRD

Modification of Starch by Acetylation of the Acetyl Function Group and the Kristanility of Banggai Yam Starch Acetate

ABSTRACT

This study aims to determine the characteristics of the acetyl functional groups and the Banggai yam acetate crystallinity by acetylation modification of starch with different reaction times. This study uses a Completely Randomized Design with treatment time of reaction (T) namely T1: 30 minutes, T2: 35 minutes, T3: 40 minutes, T4: 45 minutes, T5: 50 minutes, T6: 55 minutes. This study was conducted to determine the binding characteristics of the acetyl FTIR functional groups and the XRD crystallinity. The results showed that the formation of banggai yam starch with acetate was indicated by the results of FTIR identification in the form of absorption of carbonyl groups (C=O) at wave number 1651.07 cm⁻¹, 1645.28 cm⁻¹, 1643.35 cm⁻¹, 1645, 28 cm⁻¹, 1651.07 cm⁻¹ and 1647.21 cm⁻¹ and the appearance of the functional group (C-O) esters of the acetyl group at wave number 1163.08 cm⁻¹, 1161.15 cm⁻¹, 1159.22 cm⁻¹, 1161.15 cm⁻¹, 1163.08 cm⁻¹ and 1155.36 cm⁻¹. The results of the analysis of the XRD diffractogram crystallinity of starch cassava proud with acetate were obtained at a reaction time of 50 minutes (16.97%) which were crystalline.

Keyword : Banggai yam starch, asetylation, FTIR, XRD

PENDAHULUAN

Di Indonesia banyak potensi sumber pati-patian yang dapat dimanfaatkan dan dilakukan modifikasi, salah satu sumber pati yaitu ubi banggai yang endemik tumbuh dan berkembang di wilayah kabupaten Banggai Kepulauan.

Daya guna ubi banggai dapat ditingkatkan melalui upaya pemanfaatan patinya. Pati yang menjadi komponen utama dalam ubi banggai memiliki beberapa kelemahan sebagaimana pati dari sumber pangan lainnya.

Modifikasi pati merupakan salah satu metode

yang dapat diharapkan memperbaiki sifat fisik, kimia dan fungsional dari pati alami. Salah satu modifikasi pati dapat dilakukan secara kimia melalui proses asetilasi. Proses asetilasi dilakukan dengan menambahkan gugus fungsional baru yaitu gugus asetil sehingga dapat mempengaruhi sifat fisikokimia pati (Rizkiana, 2015).

Proses asetilasi ditujukan untuk mendapatkan pati asetat yang disebut pati termodifikasi secara kimia. Modifikasi secara esterifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan pati termodifikasi dengan karakteristik yaitu memiliki kecepatan retrogradasi lebih lambat, stabil pada suhu rendah,

Article History:

Received: August, 23th 2019; Accepted: September, 29th 2019
ISSN: 2502-5325 (Online) Terakreditasi Peringkat 3 oleh Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (ARJUNA), berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan No: 23/E/KPT/2019 tanggal 8 Agustus 2019

Cite this as:

If'all, I. Hasanuddin, A. Rahim, A. Kadir, S. (2019). Modifikasi Pati secara Asetilasi terhadap Gugus Fungsi Asetil dan Kristanilitas Pati Ubi Banggai Asetat. *Rekayasa*, 12(2), 135-140. doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5857>

© 2019 If'all, Asriani Hasanuddin, Abdul Rahim, Syahraeni Kadir

panas dan kondisi asam serta memiliki kejernihan pasta lebih baik dan mudah dimasak dan Resistant Starch yang tinggi (Cereda et al., 2003).

Dalam proses modifikasi pati dipengaruhi oleh jenis katalis, konsentrasi pereaksi, suhu dan lama waktu reaksi asetilasi. Menurut Sun dan Sun (2002), suhu dan lama waktu reaksi asetilasi berperan penting terhadap rendemen dan sifat-sifat pati asetat yang dihasilkan. Kedua faktor tersebut sangat menentukan besarnya derajat asetilasi yang dinyatakan sebagai derajat substitusi (DS).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis pati ubi banggai melalui proses asetilasi untuk menentukan waktu reaksi terbaik dan karakteristik pati ubi banggai asetat yang meliputi identifikasi gugus fungsi asetil yang menggunakan spektrometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan derajat kristanilitas yang menggunakan X-Ray Diffraction (XRD).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan bulan April-Juli 2019. Modifikasi pati ubi banggai secara asetilasi dilaksanakan di Laboratorium Agroindustri Fakultas Pertanian Universitas Tadulako dan Identifikasi gugus fungsi asetil FTIR dan Kristanilitas X-Ray di Laboratorium Terpadu dan Laboratorium XRD/XRF Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Hasanuddin Makassar.

Bahan

Pati ubi Banggai yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Banggai Kepulauan. Bahan kimia untuk proses asetilasi adalah asetat anhidrida, NaOH 3%, HCl 0,05 N, etanol 96% KOH, Indikator phenolptalin, Aquades.

Metode

Modifikasi pati ubi Banggai dengan asetat anhidrida dilakukan sesuai metode Chi et al., (2008) dalam Rahim et al., (2016). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor dengan faktor yang dicobakan yaitu waktu reaksi asetat anhidrida yang terdiri dari 6 level, yaitu 30, 35, 40, 45, 50, dan 55 menit. Penelitian ini diulang 3 kali sehingga terdapat $6 \times 3 = 18$ unit percobaan. Adapun sintesis pati ubi banggai asetat yaitu pati ubi banggai sebanyak 100 g didispersi kedalam 225 ml aquades diaduk dengan pengaduk magnet selama satu jam pada suhu ruang. Selanjutnya ditambahkan asetat anhidrida 5% (v/b) secara tetes demi tetes sambil mempertahankan pH suspensi 8 dengan menambahkan NaOH 3 % yang dilakukan pada suhu ka-

mar dengan lama waktu sesuai perlakuan. Setelah itu ditambahkan HCl 0,5 N sampai pH 4,5 untuk menghentikan reaksi. Proses selanjutnya adalah pengendapan dan pencucian dengan aquades tiga kali dan etanol satu kali, kemudian pengeringan dengan oven pada suhu 50 °C selama 20 jam.

Prosedur Analisis

Identifikasi gugus fungsi asetil

Spektrum FTIR pati ubi banggai alami dan pati ubi banggai asetat diukur menggunakan metode KBr seperti yang di gunakan oleh Pushpamalar et al. (2006). Sampel dicampurkan dengan KBr dengan perbandingan pati /KBr = 1:4. Campuran tersebut dimampatkan untuk mendapatkan pelet yang transparan dan kemudian sampel dikenali sinar infrared dengan spektrometer (MIDAC, prospect 269, Costa Mesa, CA USA). Setiap spectrum dianalisis dalam kisaran resolusi 400-4000 cm^{-1} .

Analisis puncak kristanilitas

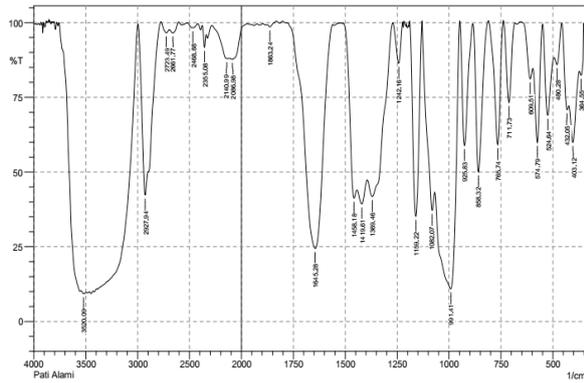
X-ray difraksi pati ubi banggai alami dan pati ubi banggai asetat diukur dengan menggunakan metode Miao et al. (2011). Analisis X-ray dilakukan dengan X-ray difraktor PRO Pert-X-ray (PANalytical, Almelo, Belanda) yang beroperasi pada 40 kV dan 30 mA dengan Cu K α radiasi ($\lambda = 1,5406$). Sampel pati dikemas persegi (15x10 mm, ketebalan 0,15 cm) dan discan dengan kecepatan 2d/min pada sudut difraksi (2 θ) mulai 3d sampai 70d pada suhu kamar. Kristanilitas dihitung sesuai dengan persamaan berikut: $X_c = \frac{A_c}{A_a + A_c}$, dimana X_c adalah kristalinis, A_c adalah daerah Kristal dan A_a adalah daerah amorf pada X-ray diffractogram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

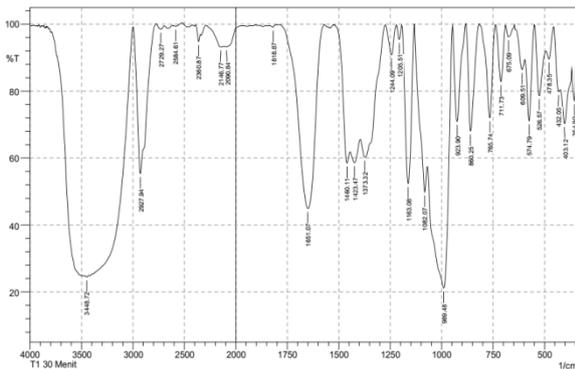
Identifikasi Gugus fungsi asetil

Identifikasi gugus fungsi bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari proses asetilasi dari asetat anhidrida dengan mengidentifikasi gugus fungsi dan serapan khas yang terkandung dalam pati ubi banggai asetat. Pola fiksasi asetat dalam pati ubi banggai ditentukan menggunakan spektrometer FTIR pada frekuensi 400-4000 cm^{-1} . Pengikatan gugus asetat diperkirakan terjadi pada gugus OH atom C2, C3 atau C6 molekul pati. Apabila gugus tersebut berinteraksi dengan gugus ester, maka akan menyebabkan perubahan pita serapan dari spectra FTIR yang dihasilkan. Spectra FTIR pati ubi banggai alami dan pati ubi banggai asetat dengan berbagai waktu reaksi disajikan pada gambar 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil spektrum FTIR pada pati ubi banggai alami menunjukkan puncak karakteristik pada 3520,09 cm^{-1} adalah kelompok hidroksil (-OH). Serapan pada bilangan



Gambar 1. Profil spectra FTIR pati ubi banggai alami



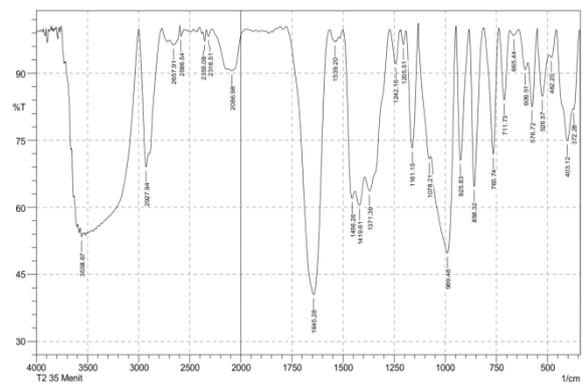
Gambar 2. Profil spectra FTIR pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 30 menit

gelombang $2927,94 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur gugus C–H alkana (-CH₃). Penyerapan pada bilangan gelombang $1645,28 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan peregangan getaran dari kelompok ester.

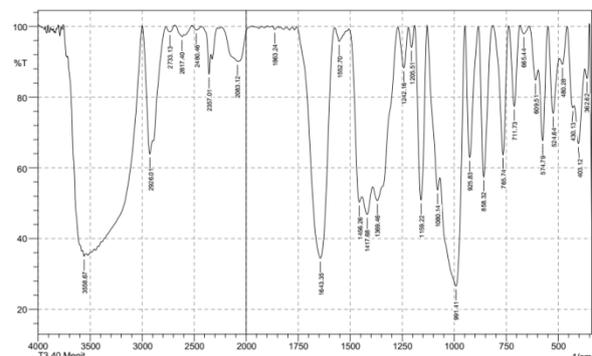
Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil spektrum FTIR pada pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 30 menit menunjukkan puncak karakteristik pada $3448,72 \text{ cm}^{-1}$ adalah kelompok hidroksil (-OH). Serapan pada bilangan gelombang $2927,94 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur gugus C–H alkana (-CH₃). Penyerapan pada bilangan gelombang $1651,07 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan peregangan getaran dari kelompok ester.

Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil spektrum FTIR pada pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 35 menit menunjukkan puncak karakteristik pada $3558,67 \text{ cm}^{-1}$ adalah kelompok hidroksil (-OH). Serapan pada bilangan gelombang $2927,94 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur gugus C–H alkana (-CH₃). Penyerapan pada bilangan gelombang $1645,28 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan peregangan getaran dari kelompok ester.

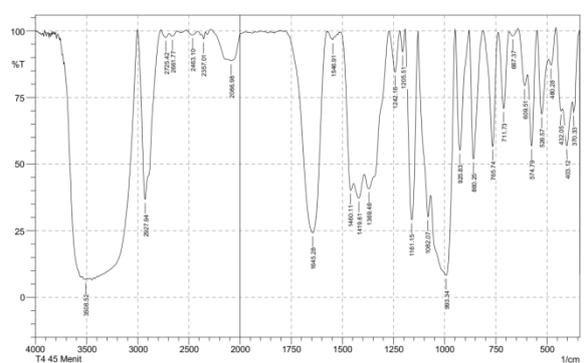
Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil spektrum



Gambar 3. Profil spectra FTIR pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 35 menit.



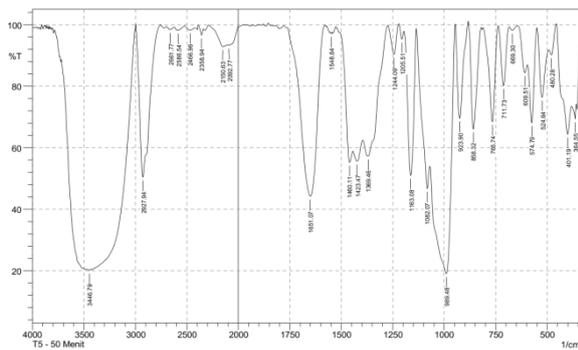
Gambar 4. Profil spectra FTIR pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 40 menit.



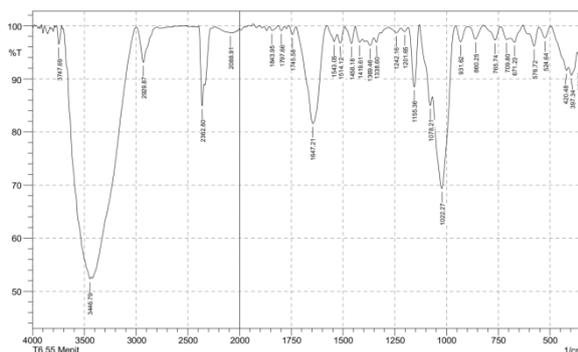
Gambar 5. Profil spectra FTIR pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 45 menit.

FTIR pada pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 40 menit menunjukkan puncak karakteristik pada $3558,67 \text{ cm}^{-1}$ adalah kelompok hidroksil (-OH). Serapan pada bilangan gelombang $2926,01 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur gugus C–H alkana (-CH₃). Penyerapan pada bilangan gelombang $1643,35 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C=O yang merupakan peregangan getaran dari kelompok ester.

Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil spektrum FTIR pada pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 45 menit menunjukkan puncak karakteristik pada $3508,52 \text{ cm}^{-1}$ adalah kelompok hidroksil (-OH). Serapan pada bilangan gelombang



Gambar 6. Profil spectra FTIR pati ubi banggai asetat pada waktu reaksi 50 menit.



Nurhayati dan kusumawati (2014) bahwa terbentuknya senyawa selulosa asetat dengan adanya puncak yang tajam pada bilangan gelombang 1755 cm^{-1} dan terjadi penurunan intensitas gugus OH akibat tersubstitusi oleh gugus asetil.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrum FTIR meningkat pada waktu reaksi 30-40 menit terus turun lagi dari 40-55 menit. Diduga pergeseran yg paling signifikan itu mengindikasikan masuknya gugus karbonil ke dalam pati yang paling banyak sehingga reaksi asetilasi asetat anhidrida telah tersintesis ke dalam pati ubi banggai. Menurut Misriyani et al., (2015) penurunan bilangan gelombang komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, diimobilisasi menggunakan ion Mn^{2+} . Dapat disimpulkan bahwa komposit $\text{Mn-TiO}_2\text{-SiO}_2$ telah disintesis.

Pada reaksi asetilasi terjadi pada gugus hidroksil di unit unhidro-glukosa pada molekul-molekul pati oleh gugus asetil yang berasal dari asetat anhidrida, sehingga dihasil pati asetat. Menurut Chen et al., (2004) reaksi asetilasi pada pati terjadi pada seluruh daerah amorf dan hanya berlangsung pada lamela bagian luar dari daerah kristalin dalam granula pati. Reaktivitas amilosa lebih tinggi daripada amilopektin oleh karena amilosa ada didaerah amorf, sedangkan amilopektin adalah penyusun daerah kristalin.

Reaksi asetilasi pati diindikasikan dengan masuknya gugus fungsi asetil ke dalam senyawa pati dan menyebabkan perubahan struktur kimia. Masuknya grup asetil di dalam granula pati ditandai dengan meningkatnya intensitas puncak gelombang 1750 cm^{-1} dan menurunnya intensitas puncak gelombang 3000-3600 cm^{-1} atau dengan kata lain C=O (grup asetil) meningkat, sedangkan gugus -OH (gugus asetil) menurun. Menurut Xu et al., (2004) gugus asetil pada molekul pati ditukar oleh grup asetil, yang dapat menyebabkan kerusakan pada kristal granula pati.

Menurut Halal et al., (2015) bahwa pati asetat memiliki bilangan gelombang antara 1735-1740 cm^{-1} yang menunjukkan daerah asetil.

Kristanilitas

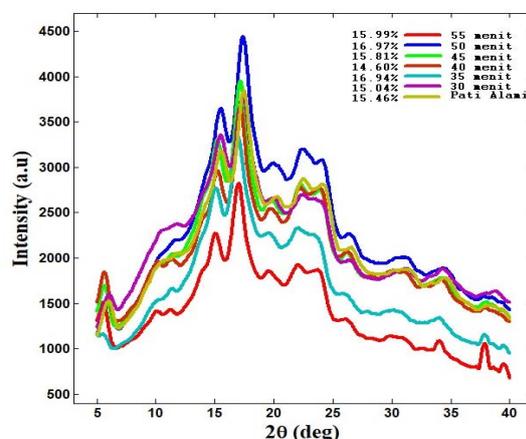
Analisa XRD digunakan untuk mengetahui tentang parameter kisi, perkiraan ukuran kristal dan perbandingan daerah kristalin dengan daerah amorf (derajat kristanilitas) dalam sampel (Anugraini dkk., 2018). Pola derajat kristanilitas XRD pati ubi banggai alami dan pati ubi bangga asetat pada berbagai lama waktu reaksi dapat dilihat pada gambar 9.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu reaksi

50 menit menunjukkan derajat kristanilitas pati ubi banggai asetat tertinggi dari waktu reaksi lainnya dan pati ubi banggai alami dan mempunyai kristalin tipe B. Pati ubi banggai asetat mempunyai ikatan intra dan antar molekul yang lemah sehingga mudah mengalami kerusakan kristalin pada proses asetilasi. Sedangkan pada pati ubi banggai asetat waktu reaksi 50 menit lebih kuat terhadap perlakuan asetilasi sehingga tidak mengalami kerusakan kristalin, sebagaimana (Hodge dan Osman, 1976) mengatakan bahwa Bentuk butir pati umbi-umbian secara fisik berupa semikristalin yang terdiri dari unit kristal dan unit amorf. Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim, sedangkan unit amorf sifatnya labil terhadap asam kuat dan enzim.

Proses asetilasi pada pati alami dapat sedikit menurunkan kristanilitas pati, namun pada pola kristanilitas tidak terdapat banyak perbedaan. Titik puncak pada pola kristanilitas tidak mengalami perubahan dan tetap pada 14° , 15° , 16° dan 17° . Perlakuan hidrolisis menyebabkan perusakan struktur pati pada daerah amorf, namun hidrolisis dengan waktu yang lama juga akan merusak daerah kristalin. Pati ubi banggai yang dihidrolisis asetat anhidrida selama hampir 1 jam mengakibatkan turunnya kristanilitas karena hidrolisis telah merusak struktur kristalin dari pati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa asetilasi tidak mampu mengubah tipe kristal pati ubi banggai karena jumlah gugus asetil yang tersubstitusi pada molekul pati masih rendah. Proses asetilasi hanya menyerang daerah amorf sehingga derajat kristanilitas setelah asetilasi tidak banyak berubah dan tidak mengubah tipe kristalin. Hasil penelitian lainnya juga menjelaskan bahwa reaksi esterifikasi tidak mampu mengubah tipe kristalin pati (Song et al, 2006; Sha et al., 2012).



Gambar 9. Profil kristanilitas difraktogram X-Ray pati ubi banggai alami dan pati ubi bangga asetat pada waktu reaksi yang berbeda.

Asetat anhidrida yang ditambahkan selain terjadi reaksi substitusi penggantian gugus OH pada pati, juga menyimpan residu berupa asam asetat yang dapat meningkatkan kristalinitas pati, karena asam dapat mendegradasi daerah amorf pada pati. Menurut Wang et al., (2003) pati terhidrolisis asam akan sedikit meningkatkan derajat kristalinitasnya. Peningkatan derajat kristalinitas disebabkan kecenderungan asam untuk menyerang daerah amorf, sehingga proses asetilasi memberikan pengaruh yang sangat kuat sehingga menyebabkan perubahan struktur menjadi amorf.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa terbentuknya pati ubi banggai asetat ditunjukkan dengan hasil identifikasi FTIR berupa adanya serapan gugus karbonil (C=O) pada bilangan gelombang $1651,07\text{ cm}^{-1}$, $1645,28\text{ cm}^{-1}$, $1643,35\text{ cm}^{-1}$, $1645,28\text{ cm}^{-1}$, $1651,07\text{ cm}^{-1}$ dan $1647,21\text{ cm}^{-1}$ dan munculnya gugus fungsi (C-O) ester dari gugus asetil pada bilangan gelombang $1163,08\text{ cm}^{-1}$, $1161,15\text{ cm}^{-1}$, $1159,22\text{ cm}^{-1}$, $1161,15\text{ cm}^{-1}$, $1163,08\text{ cm}^{-1}$ dan $1155,36\text{ cm}^{-1}$. Hasil analisis kristalinitas difraktogram XRD pati ubi banggai asetat diperoleh pada waktu reaksi 50 menit (16,97%) yang bersifat kristalin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugraini A., I. Syahbanu¹, H. A. Melati, 2018. Pengaruh waktu sonikasi terhadap karakteristik selulosa asetat hasil sintesis dari sabut pinang. *Kimia Khatulistiwa* 7 (3) 18-26.
- Chen, Z., Schols, H. A., & Voragen, A. G. (2004). Differently sized granules from acetylated potato and sweet potato starches differ in the acetyl substitution pattern of their amylose populations. *Carbohydrate Polymers*, 56(2), 219-226.
- Cereda, M. P., O., Vilpoux dan I. M., Demiate, (2003). *Modified Starch. Book Technology, use and Potentialities of Latin American Starchy Tubers*. CPC International, Milho, Brazil.
- Halal, SMLE, Colusso R, Pinto VZ, Barts J, Radunz M, Carreno NLV, Dias ARG, and Zavareze ER. 2015. Structure, morphology and functionality of acetylated and oxidized barley starches. *Food Chem.* 168 : 247-256.
- Hodge, J.E. and E.M. Osman, (1976). *Carbohydrate*. Di dalam Fennema, O.R., 1996. *Food Chemistry Third Edition*. Marcel Dekker. New York.
- Miao, M., Zhang, T., Muh, W. and Jiang, B., (2011). Structural characterization of waxy maize starch residue following in vitro pancreation and amyloglucosidase synergistic hydrolysis. *Food Hydrocolloids* 25 : 214-220.
- Misriyani, E.S Kunarti, and M. Yasuda, 2015. Synthesis of mn(ii)-loaded tixsi1-xo4 composite acting as a visible-light driven photocatalyst. *Indones. J. Chem.*, 15 (1), 43 - 49
- Muljana, H. (2012). *Studi Proses Transesterifikasi Pati Sagu Didalam Media Subkritik CO2*. Laporan Kegiatan Penelitian. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik Industri. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung
- Nurhaeni, P. Dwiasmukti, Prismawiryanti, (2018). Modifikasi pati sukun (*Artocarpus altilis*) menggunakan anhidrida asam asetat dan aplikasinya pada pembuatan mie. *Kovalen* 4 (1) 33-40.
- Nurhayati dan R. Kusumawati, 2014. Sintesis selulosa asetat dari limbah pengolahan agar. *JPB Perikanan* 9 (2) 97-107
- Pushpamalar, V., Langford, S.J., Ahmad, M. and Lim, Y.Y. (2006). Optimization of reaction conditions for preparing carboxymethyl cellulose from sago waste. *Carbohydr. Polym* 64 : 312-318.
- Rahim, A., M.N Cahyanto, and Y. Pranoto, (2012). Structure and functional properties of resistant starch from butyrylated arenga starches. *African Journal of Food Science*, 6(12), 335-343.
- Rizkiana, W., (2015). *Produksi Pati Tapioka Nanokristalin Terasetilasi*. Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sha, X.S., Xiang, Z.J., Bin, L., Jing, L., Bin, Z., Jiao, Y.J. and Kun. S.R. (2012). Preparation and physical characteristics of resistant starch (type 4) in acetylated indica rice. *Food Chem* 134 : 149-154.
- Song, X.Y., He, G.Q., Ruan, H. and Chen, Q.H. (2006). Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified early indica rice starch. *Starch/Starke* 58 : 109-117.
- Wang TL, Bogracheva TY, Hedley CL. (1998). Starch: as simple as A, B, C? *J Exp Bot.* 49:481-502.
- Xu, Y., V. Miladinov and M.A. Hanna, (2004). Synthesis and characterization of starch acetates with high substitution. *American Association of Cereal Chemists Inc.* 81 (6) 735-740.