
AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian

Laman Jurnal: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/agritekno>

**Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Pati Alami Ubi Kayu
Hasil Ekstraksi Secara Sederhana**

*Physicochemical Characteristics and Functional Properties of Native Cassava Starch
Obtained Through Simple Extraction*

MM Endah Mulat Satmalawati^{1,*}, Brigitta L. Paramita², Jefrianus Nino¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sains dan Kesehatan Universitas Timor, Jl. Eltari Km-9,
Kelurahan Sasi, Kefamenanu, TTU-NTT, 85613 Indonesia

²Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknobiologi Universitas Atmajaya, Jl. Babarsari No. 44,
Caturtunggal, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281 Indonesia

*Penulis korespondensi: MM Endah Mulat Satmalawati, e-mail: satmalawati77@gmail.com

ABSTRACT

Starch production is one of the post-harvest handling methods for cassava, and the resulting native starch can serve as a basic ingredient in various food industries. Understanding the physicochemical and functional properties of native starch and starch modifications such as profiles, gelatinization, retrogradation of starch paste, and rheological features is necessary to determine the appropriate application of starch in different products. This study aimed to determine cassava starch's characteristics, focusing on its physicochemical and functional properties to provide value. Native starch produced from cassava variety Adira-4 tends to exhibit relatively high viscosity (9084 cP), low solubility (0.4%), fairly low swelling power (35.39%), and low clarity (49.5%). Its brightness level was 84.81%, which was lower than the quality standard set by the Standard Nasional Indonesia (SNI). It also possessed type A crystallinity with more compact properties, limiting its application due to its functional properties.

Keywords: *Cassava; functional properties; native starch; physicochemical properties; post-harvest*

ABSTRAK

Pembuatan pati merupakan salah satu bentuk penanganan pasca panen ubi kayu dan hasilnya sebagai pati alami dapat digunakan sebagai bahan dasar pada berbagai industri makanan. Pemahaman tentang sifat fisikokimia dan fungsional dari pati ubi kayu alami maupun pati modifikasi seperti profil, gelatinisasi, pasta pati retrogradasi, dan fitur reologi diperlukan untuk menentukan aplikasi pati yang tepat pada beragam produk. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkararakteristik pati ubi kayu alami berupa sifat fisikokimia dan fungsionalnya sehingga dapat digunakan sebagai informasi dalam aplikasinya. Pati alami yang dihasilkan dari ubi kayu varietas Adira-4 cenderung memiliki viskositas yang relatif tinggi (9084 cP), kelarutan rendah (0,4%), angka *swelling* cukup rendah (35,39%) dan kejernihan rendah (49,5%), tingkat kecerahan 84,81%, lebih rendah dari standar mutu yang ditetapkan oleh standar nasional Indonesia (SNI), tipe kristalinitas A dengan sifat lebih kompak sehingga pati alami masih memiliki sifat fungsional yang dapat membatasi aplikasinya.

Kata Kunci: pasca panen; pati alami; sifat fungsional; sifat fisikokimia; ubi kayu

PENDAHULUAN

Ubi kayu (*Manihot esculenta*) merupakan sumber bahan makanan ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Tanaman ubi kayu tidak memerlukan syarat tumbuh yang rumit, bahkan dapat dibudidayakan pada lahan kritis sehingga keberadaannya cukup melimpah di Indonesia. Jika ubi kayu segar yang telah dipanen tidak segera diolah, maka akan terjadi perubahan visual yang sangat cepat ditandai dengan timbulnya bercak berwarna biru kehitaman, lunak, berjamur dan akhirnya busuk. Ubi kayu mengandung 19% pati, 24,08% karbohidrat lainnya, 1,18 serat kasar, dan 0,53% protein (Ariani *et al.*, 2017)

Penanganan pasca panen ubi kayu dengan perkembangan teknologi saat ini dapat dijadikan sebagai bahan dasar pada industri makanan seperti sumber utama pembuatan pati. Ekstraksi pati ubi kayu dapat menghasilkan rendemen pati yang cukup tinggi (35%) dengan proses pembuatan yang relatif mudah. Pati ubi kayu atau yang dikenal dengan sebutan tapioka dibuat melalui tahap-tahap pengupasan, pamarutan, penyaringan, pengendapan, dan pengeringan. Industri tapioka dapat dikerjakan secara tradisional atau manual atau lebih sering dikenal dengan pati rakyat, dengan proses pengeringan sinar matahari. Produksi tapioka secara pabrikasi biasanya menggunakan peralatan dan mesin untuk pengerjaannya serta pengeringannya terkontrol dengan oven. Pati ubi kayu sangat mudah diekstrak karena di dalam akar ubi kayu kandungan lemak dan proteinnya sangat rendah. Kandungan lemak yang sangat kecil (< 0,1%) membuat pati ubi kayu dan turunannya memiliki aroma yang bebas aroma sereal. Jika diproduksi secara tepat, pati ubi kayu akan didapatkan dengan kemurnian tinggi dan warnanya sangat putih (Heldiyanti, 2020).

Pati merupakan salah satu biopolimer paling melimpah yang disintesis dalam amiloplas untuk cadangan energi yang diperoleh dari reaksi fotosintesis sebagian besar tanaman. Molekul pati terdiri dari polimer unit glukosa anhidrat yang biasanya terakumulasi dalam butiran bebas dan independen (Kim *et al.*, 2015). Pati juga merupakan sumber pangan yang murah dan dapat diperbaharui secara alami. Sebagian besar pati terdapat dalam bentuk pati alami (Le Corre & Angellier, 2014). Pati banyak digunakan untuk bahan dasar industri pengolahan pangan (57%) dan sisanya 43% diaplikasikan untuk produk industri non pangan seperti kertas, perekat, tekstil.

Pati ubi kayu juga merupakan sumber karbohidrat dan energi yang sangat baik. Bila dibandingkan dengan sumber pati yang lainnya

seperti pati garut dan pati sagu pati ubi kayu memiliki nilai kalori dan karbohidrat yang lebih tinggi. Varietas ubi kayu Adira-4 merupakan varietas unggul dengan kandungan pati yang tinggi jika dibandingkan dengan varietas lainnya dengan umur panen optimal yaitu 10 bulan (Indrianti *et al.*, 2015; Wahyuningsih & Sutrisno, 2019). Varietas Adira-4 juga memiliki kandungan beta karoten yang lebih rendah dari varian lainnya (Rahman *et al.*, 2020). Menurut Prabasini *et al.* (2013), umbi-umbian dengan kandungan karotenoid yang rendah memiliki warna yang lebih cerah. Karakteristik pati ubi kayu dinilai penting untuk pemanfaatan dan pengolahan selanjutnya. Beberapa penelitian mengenai perbandingan karakteristik pati ubi kayu dari bermacam-macam varietas sudah pernah dilakukan, namun masih sedikit penelitian yang membahas hingga sifat fisikokimia hingga fungsionalnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia dan sifat fungsional pati ubi kayu diantaranya viskositas, kristalinitas, sifat thermal, ukuran partikel dan bentuk granula pati yang dapat bermanfaat untuk menentukan kegunaan pada pengolahan selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Bahan

Ubi kayu varietas Adira-4 dengan umur panen 8-9 bulan dan bahan kimia *grade* pro-analisis.

Pembuatan Pati Ubi Kayu

Ubi kayu basah dapat menghasilkan rendemen pati dalam kisaran 25-35% (Zhu, 2015). Rendemen pati yang maksimal (34,66%) didapatkan melalui ekstraksi pati dengan perbandingan bubur ubi kayu dengan air 1:4 (b/b) dengan bobot ubi kayu sebesar 19,5 kg (menyesuaikan kapasitas). Pembuatan pati ubi kayu dilakukan menggunakan metode menurut Zhu (2015). Ubi kayu (19,5 kg) dikupas hingga didapatkan ubi kayu kupas kulit sebanyak 15,5 kg. Ubi kayu kupas kemudian diparut hingga didapatkan ubi kayu parut sebesar 15 kg. Ubi kayu parut kemudian dilakukan pemerasan, penyaringan, dan pengendapan selama 2 jam untuk memisahkan fraksi pati dan fraksi non pati hingga didapatkan pati basah sebanyak 5,2 g. Pati basah kemudian dikeringkan dengan pengering kabinet (tipe AM-D6 kapasitas 6 rak) pada suhu 50-60°C selama 24 jam. Bongkahan pati kering kemudian dihancurkan dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh dan didapatkan pati ubi kayu kering sebanyak 2,6 kg.

Sifat Pasta Pati

Pengujian karakteristik pasta pati dilakukan dengan RVA-4500 (Perten, Newport Scientific, Warriewood NSW, Australia) dengan beberapa parameter seperti suhu pasta, viskositas puncak dalam satuan cP (centiPoise), *breakdown*, viskositas akhir, dan *setback*. Sampel pati ditimbang langsung ke dalam tabung aluminium RVA dengan penambahan 25 mL akuades. Suhu sampel diatur 50°C selama 1 menit selanjutnya ditingkatkan menjadi 95°C selama 3,7 menit, lalu ditahan pada 95°C selama 2,5 menit. Suhu sampel kemudian diturunkan menjadi 50°C dalam waktu 3,8 menit, kemudian ditahan pada 50°C tersebut selama 2 menit. Kecepatan putar dilakukan pada 960 rpm untuk 10 detik 160 rpm untuk sisa proses (Gozé *et al.*, 2016).

Angka Swelling dan Kelarutan (Chisenga *et al.*, 2019)

Sampel pati 1 g dimasukkan dalam tabung sentrifugasi yang telah ditimbang sebelumnya, ditambahkan akuades sampai dengan volume 50 mL dan digelatinisasi pada suhu 95°C selama 30 menit dengan pengadukkan sedang. Setelah 30 menit didinginkan hingga suhu 30°C dan dilakukan sentrifugasi 20 menit dengan kecepatan 2200 rpm. Alikuot dipisahkan dan dimasukkan dalam botol timbang selanjutnya dikeringkan pada suhu 105°C sampai tercapai berat konstan yang selanjutnya dihitung sebagai angka kelarutan (*solubility*). Gel yang dipisahkan dari aliquot ditimbang yang selanjutnya digunakan untuk menghitung angka *swelling*.

$$\text{Angka swelling (b/b)} = \frac{W2-W1}{\text{Berat pati (dry basis)}} \dots (1)$$

$$\text{Kelarutan (solubility) (\%)} = \frac{(B+S)^n - B}{(B+S) - B} \times 100\% \dots (2)$$

Keterangan: W1: berat tabung sentrifugasi (g); W2: berat gel bersama tabung sentrifugasi; B : berat botol timbang (g); (B+S): berat botol timbang bersama sampel; (B+S)ⁿ: berat botol timbang bersama sampel; konstan setelah dioven

Kejernihan pasta pati

Pengukuran kejernihan pasta dilakukan dengan menggunakan metode modifikasi (Castanha *et al.*, 2017). Suspensi pati 2% (b/b) disiapkan dengan melarutkan 0,2 g pati dalam 20 mL akuades kemudian dididihkan selama 30 menit sambil diaduk setiap 5 menit. Selanjutnya didinginkan hingga suhu 30°C dan disimpan dalam *cold storage* bersuhu 4°C selama 5 hari dan dilakukan pengukuran transmitansi selama

penyimpanan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS 10S (Genesys) panjang gelombang 650 nm dengan membandingkan air sebagai *blanko*.

Karakterisasi Sifat-Sifat Panas Menggunakan DSC

Sifat-sifat transisi panas sampel diuji menggunakan alat *differential scanning calorimeter DSC-60 Plus* (Shimadzu, Japan). Sebelumnya digunakan, alat ini dikalibrasi terlebih dahulu dengan indium, dan nampan kosong digunakan sebagai referensi (*blanko*). Sampel sebanyak 3 mg (db) diletakkan pada nampan aluminium lalu air sebanyak 6 mg ditambahkan. Nampan lalu dibungkus dan disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam sebelum analisis. Skala suhu scanning dan kecepatan pemanasan adalah 40°-120° C dan 10°C/menit. Suhu transisi yang dicatat adalah *onset temperature* (To), *peak temperature* (Tp), *conclusion temperature* (Tc) dan selisih suhu ($\Delta T = Tc - To$). Untuk melengkapi, perubahan entalpi selama proses gelatinisasi (H) diestimasi dengan cara mengintegrasikan area antara thermograms dengan garis bawah di bawah puncak, dan ditulis dengan satuan J/g pati kering (Colussi *et al.*, 2015).

Analisa kristalinitas

Struktur kristalin sampel ditentukan dengan *X-ray diffraction* tipe *Rigaku Miniflex 600 RXD* (Japan), sudut 2θ 3° hingga 45° menggunakan kekuatan 40 kV dan 15 mA. Kristalinitas relatif (RC) pati secara kuantitatif dihitung berdasarkan Persamaan 3.

$$RC = Ac / (Aa + Ac) \dots (3)$$

dimana *Ac* adalah area kristalin dan *Aa* adalah area amorfus pada X-ray diffractogram. Beberapa metode digunakan untuk menghitung RC dari butiran pati menggunakan perangkat lunak Origin 2016 untuk grafik dan analisis (Katsumi *et al.*, 2015).

Pengujian morfologi menggunakan scanning electron microscope (SEM)

Sampel pati ditempatkan pada sistem satu lapisan tipe karbon, selanjutnya dilapisi dengan menggunakan platina 3-5 mA, selanjutnya morfologi semua sampel diobservasi menggunakan peralatan *scanning electron microscope* tipe SEM-JSM-6510LA (JEOL Ltd, Japan) pada tegangan 15-200 kV dengan perbesaran 500-10000× (Sun *et al.*, 2014).

Pengujian Gugus Menggunakan FTIR

Spektra fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) sampel direkam menggunakan alat FTIR spektrofotometer tipe *thermo scientific nicolet iS-10* (Madison USA). Sampel pati kering (tanpa KBr) langsung ditempatkan pada sensor berlian dari instrumen. Tiga bacaan dikumpulkan pada sebuah resolusi dari 4 cm. Spektra FTIR yang dapat direkam adalah bilangan gelombang dari 400 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} . Adanya puncak pada bilangan gelombang menunjukkan adanya gugus tertentu. Semua spektrum itu dianalisis menggunakan analisis *omnic thermo fisher perangkat lunak dan Origin 2016* (Monroy *et al.*, 2018).

Distribusi Ukuran Granula Pati

Ukuran partikel dari semua sampel ditentukan dengan menggunakan *laser scattering particle size* tipe Horiba LA-960 (Jepang) menurut metode (Torres *et al.*, 2014) dengan sedikit modifikasi. Sampel ditempatkan pada kuvet, dan ditambahkan air murni sebagai media dispersi untuk memastikan sampel bebas partikel lain. Transmittansi dipastikan mencapai 80% hingga 90%, selanjutnya suspensi pati diinjeksikan dan disirkulasi menggunakan laser dan perekaman puncak selama 120 detik dilakukan dengan menggunakan detektor *photomultiplier tube* (PMT).

Derajat putih (petunjuk pemakaian alat *Colour Spectrophotometer*)

Pengukuran warna (derajat putih) dari pati ini menggunakan *minolta colour spectrophotometer CR-400/410* (Minolta) pada suhu ruang. Peralatan analisis warna distandardisasi dengan menggunakan Minolta standard-*white reflection plate*. Nilai L^* , a^* dan b^* akan diperoleh pada pengukuran ini, dengan nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan yang memiliki skala 1-100 dari hitam hingga putih, nilai a^* bila positif (+) menunjukkan adanya warna merah dan bila negatif (-) menunjukkan adanya warna hijau, sedangkan nilai b^* bila positif (+) menunjukkan warna kuning dan bila negatif (-) menunjukkan warna biru.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proksimat Pati Ubi Kayu

Pati ubi kayu sebagai pati alami bahan penelitian ini telah dibuat dengan ekstraksi menggunakan air dengan perolehan rendemen 34,66%. Analisis

proksimat pati ubi kayu dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan utama penelitian yang terdiri dari komposisi kimia makro yang dapat berpengaruh pada sifat kimia, fisikokimia dan fungsional pati. Hasil analisis proksimat pati ubi kayu tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1.

Komposisi proksimat pati ubi kayu per 100 g

Komponen	Rerata Kadar (% , bk)	SNI Tapioka (%) (SNI-3451-2011)
Air	7,77 ± 0,03	Maks. 14
Abu	0,096 ± 0,006	Maks. 0,5
Lemak	0,043 ± 0,006	-
Protein	0,46 ± 0,04	-
Karbohidrat (<i>by diff.</i>)	91,74 ± 0,04	-

Hasil analisis proksimat menunjukkan pati ubi kayu kadar air ada;aj 7,77%. Menurut (Tester *et al.*, 2004), pati umbi-umbian memiliki kadar air maksimal 14-15%, penyimpanan dalam kemasan yang baik akan memperpanjang umur simpannya (dapat mencapai durasi tahun). Jika dibandingkan dengan SNI pati ubi kayu (tapioka), kadar air pati ubi kayu yang dihasilkan dalam penelitian ini masih memenuhi standar. Komposisi proksimat pati ubi kayu lainnya seperti karbohidrat (91,74%), lemak (0,043%), protein (0,46%), dan kadar abu (0,096%). Hasil analisis ini cukup baik dan didukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Tester *et al.* (2004) bahwa kandungan karbohidrat pati ubi kayu mencapai 99,6% dengan kadar protein tidak melebihi 0,6% dan kadar lipid yang rendah (tidak melebihi 1,5). Jika dibandingkan dengan SNI pati ubi kayu (tapioka), kadar abu pati ubi kayu yang dihasilkan dalam penelitian ini masih memenuhi standar. Pada sebagian besar pati lipid terdapat sebagai kompleks bersama amilosa yang berada pada kisaran tidak melebihi 0,1%, selain komponen mayor, pati juga mengandung komponen minor yang kuantitasnya tidak melebihi 1,5-2%.

Tabel 2.

Karakteristik pati ubi kayu varietas Adira-4

Komponen	Rerata kuantitas	SNI Tapioka (SNI-3451-2011)
Amilosa	30,36 ± 1,11%	-
Kristalinitas	24,74 ± 0,28%	-
Kecerahan	84,81 ± 0,13%	Min 91
Viskositas pasta	9164 ± 94,42 cP	-
<i>Angka swelling</i>	35,40 ± 3,87%	-
Kejernihan	49,50 ± 1,70%	-
Karbonil	0,0154 ± 0,00%	-
Karboksil	0,01 ± 0,00%	-
Ukuran granula	17,46 ± 0,11 μm	-

Karakteristik Pati Ubi Kayu

Selain analisis proksimat, karakteristik sifat kimia (kadar amilosa dan kristalinitas), sifat fisik (ukuran granula dan morfologinya), derajat oksidasi (kadar karbonil/karboksil), sifat fisikokimia dan fungsional (kecerahan, viskositas, *angka swelling* dan kejernihan) dianalisis yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Sifat kimia dan fisikokimia pati alami

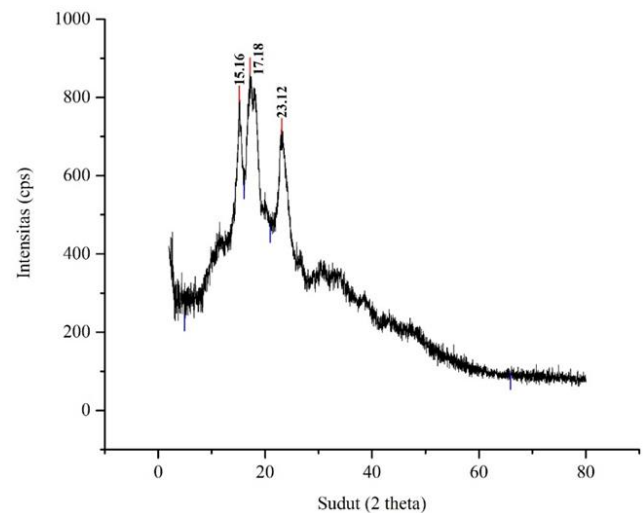
Hasil analisis sifat kimia pada karakteristik pati ubi kayu menunjukkan kadar amilosa pati ubi kayu 30,36%. Kadar amilosa pati ubi kayu pada penelitian ini tergolong dalam kadar amilosa normal (20-35%), sedangkan golongan lainnya adalah pati rendah amilosa dengan kadar lebih kecil dari 15 % dan pati tinggi amilosa dengan kadar diatas 40% (Tester *et al.*, 2004). Kadar amilosa pada penelitian ini lebih tinggi dari penelitian Fathoni *et al.* (2020) di mana kadar amilosa pati ubi kayu pada beberapa varietas berkisar antara 22,31-26,10. Pustaka lainnya menyebutkan kisaran kadar amilosa pati ubi kayu adalah 13,87-23,16%, dipengaruhi oleh faktor genetik, kultivar/ varietas dan tempat tumbuh (Hasmadi *et al.*, 2021).

Pengujian kristalinitas memperlihatkan pati ubi kayu memiliki pola kristalinitas pati tipe A yang ditunjukkan dengan sudut difraksi dominan pada besaran 2θ : 15,16°, 17,18° dan 23,12° (Gambar 4.1). Beberapa referensi menyebutkan pola kristalinitas pati ubi kayu dengan tipe A didominasi puncak bersudut 2θ : 15,19°, 17,02°, 17,92° dan 23,26° (Hamzah & Hill, 2010; Klein *et al.*, 2014; Luchese *et al.*, 2017; Minakawa & Faria-tischer, 2019). Berdasarkan pola kristalinitasnya pati dapat digolongkan menjadi beberapa tipe yaitu tipe A dengan sudut 2θ : 15°, 17°, 23°, tipe B dengan sudut 2θ : 5°, 17°, 20°, 22° dan tipe C dengan kombinasi tipe A dan B (Lian *et al.*, 2018). Pada semua pati, granula tersusun atas boklet semikristalin yang terdiri dari amilosa dan amilopektin. Struktur granula pati berhubungan dengan perbedaan susunan rantai amilopektin pada daerah semikristalin yang tergantung pada faktor sumber pati serta tahapan pembentukan granula yang mempengaruhi klasifikasi pola kristalinitas pati tipe A, B, dan C (Klein *et al.*, 2014).

Derajat kristalinitas pati ubi kayu sebagai bahan utama pada penelitian ini adalah 24,74%. Menurut Cheetham & Tao (1998), pati alami memiliki derajat kristalinitas dalam kisaran 15-45%. Derajat kristalinitas pati dipengaruhi oleh keberadaan amilopektin, panjang rantai percabangan amilopektin dan proporsinya terhadap amilosa (Hoover, 2001).

Selain sifat kimia dilakukan juga pengujian sifat fisikokimia dan sifat fungsional. Salah satu sifat fisikokimia adalah kecerahan, dimana pati *native*

mempunyai tingkat kecerahan 84,81%, lebih rendah dari standar mutu yang ditetapkan oleh standar nasional Indonesia (SNI) dengan tingkat kecerahan minimal 91%. Pati ubi kayu alami masih mengandung karoten dengan pigmen warna tertentu sehingga berpengaruh pada tingkat kecerahan pati. Ubi kayu varietas Adira-4 memiliki kandungan beta karoten 6,5 (ng/g) yang lebih rendah dari varietas lainnya seperti varietas Adira-1 (14 ng/g) ataupun varietas Mentega-1 (18 ng/g) (Rahman *et al.*, 2020).

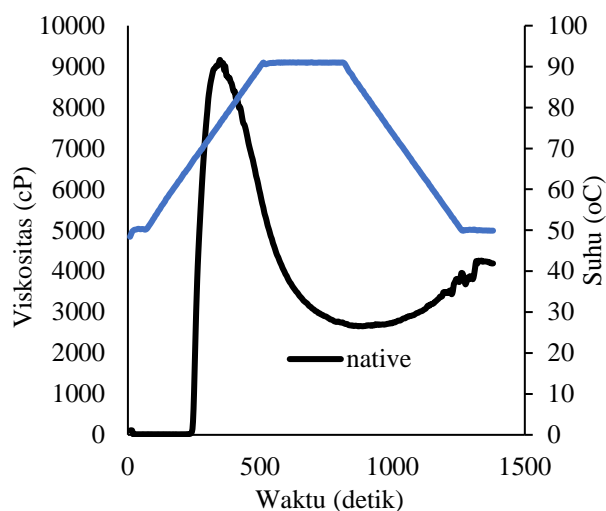


Gambar 2. Pola difraksi sinar-X pati ubi kayu alami

Viskositas pasta juga merupakan sifat fisikokimia pati yang dapat ditentukan dengan analisis menggunakan *rapid visco analyzer* (RVA) dimulai dengan pemanasan pada suhu 25°C atau 50°C hingga 95°C, pada fase ini diperoleh informasi tentang waktu dan suhu yang diperlukan untuk gelatinisasi. Kemampuan penyerapan air granula pati alami pada suhu kamar sangat rendah, namun seiring dengan peningkatan suhu akan menyebabkan rusaknya ikatan hidrogen intermolekul pati yang memudahkan penetrasi air masuk ke dalam granula, mendorong pembengkakan granula dan meningkatkan viskositasnya. Selanjutnya pada suhu 95°C tercapai viskositas tertinggi dan disebut sebagai viskositas puncak yang menggambarkan kondisi resistansi maksimum granula pati dengan interaksi air maksimal tanpa terjadinya degradasi granula. Saat pemanasan dilanjutkan yang disertai dengan pengadukan secara kontinu menyebabkan pecahnya struktur amilosa dan amilopektin, depolimerisasi yang menurunkan berat molekul pati dan juga pelarutan amilosa sehingga terjadi penurunan viskositas (Cozzolino, 2016).

Pada penelitian ini viskositas pati ubi kayu mencapai 9164 cP dan viskositas ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya baik pada pati ubi kayu maupun pada pati jagung

yang dilakukan oleh Cozzolino (2016), dengan viskositas pati ubi kayu 4200–4500 cP dan pati jagung 3000 cP. Hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan kristalinitas pati. Menurut Castro *et al.* (2022), semakin rendah kristalinitas pati maka viskositas pati juga akan semakin rendah. Hasil analisis viskositas pasta pati ubi kayu alami tersaji pada Gambar 3.



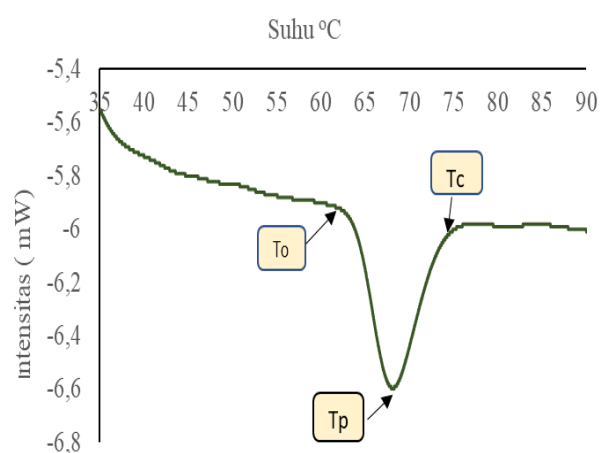
Gambar 3. Viskositas pasta pati ubi kayu alami

Menurut (Castro *et al.*, 2022), viskositas pasta pati dipengaruhi pola kristalinitas pati, sehingga pada bahan yang sama dapat dihasilkan viskositas yang berbeda. Pati dengan kristalinitas tipe A yang memiliki struktur lebih kompak cenderung menghasilkan viskositas pasta yang lebih tinggi. Panjang rantai percabangan amilopektin pati tipe A lebih pendek dan dapat menyusun struktur helik ganda yang lebih kompak dibandingkan dengan pati dengan pola kristalinitas tipe B dengan percabangan amilopektin yang panjang dan jarak antar helik ganda lebih renggang.

Analisis viskositas juga didukung dengan melakukan pengujian sifat panas DSC dan diperoleh hasil pati ubi kayu alami memiliki suhu *onset* (T_o) 64,56°C, suhu gelatinisasi (T_p) 68,08°C dan suhu akhir (T_c) 73,61°C dengan entalpi gelatinisasi (ΔH) 10,69 J/g seperti pada Gambar 4. Menurut Vanier *et al.*, (2017), suhu transisi dan entalpi gelatinisasi (ΔH) dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu derajat kristalinitas, panjang rantai amilopektin, ukuran granula pati dan kandungan amilosa. Entalpi gelatinisasi merupakan indikasi jumlah energi yang dibutuhkan dalam proses gelatinisasi.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Oladebeye *et al.* (2013), melaporkan profil termal pati alami dari jenis umbi yam merah dan putih memiliki entalpi gelatinisasi 69 J/g sampai dengan 8,9 J/g.

Nilai ΔH dari pati yam alami tersebut lebih rendah dibandingkan dengan ΔH pati ubi kayu alami bahan utama penelitian ini yang memiliki ΔH 10,69 J/g, perbedaan ini dapat digunakan sebagai contoh perbedaan ΔH karena faktor kristalinitas. Pati yam termasuk dalam golongan pati dengan kristalinitas tipe B dengan struktur lebih terbuka dan kurang kompak sehingga energi gelatinisasi lebih rendah dibandingkan dengan pati ubi kayu memiliki pola kristalinitas tipe A .



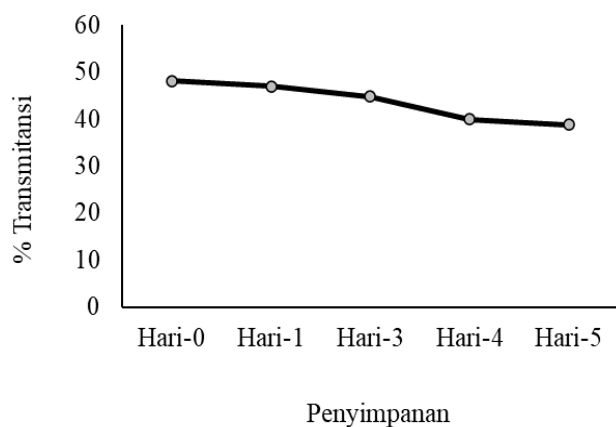
Gambar 4. Profil DSC pati ubi kayu alami

Sifat fungsional pati alami

Karakteristik sifat fungsional pati ubi kayu yang dianalisis adalah *angka swelling* dan kejernihan pasta. *Angka swelling* pati ubi kayu pada penelitian ini 35,40%. Berdasarkan kemampuan *swelling* granula pati dapat digolongkan menjadi tiga yaitu tinggi (golongan umbi, sereal *waxy*), sedang (sereal), terbatas (pati ikatan silang) dan sangat terbatas (pati berkadar amilosa lebih dari 55%). Kemampuan *swelling* tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah rasio amilosa-amilopektin, ukuran granula pati dan sumber pati (Hamzah & Hill, 2010). Chisenga *et al.* (2019) mengemukakan bahwa granula pati yang berukuran kecil hingga medium memiliki area permukaan yang tinggi yang memungkinkan air untuk masuk sehingga memiliki *angka swelling* yang tinggi. Pati ubi kayu dengan ukuran granula 17,46 μm yang tergolong ke dalam ukuran kecil hingga sedang. Selain itu faktor morfologi granula pati juga mempengaruhi *angka swelling*, sebagai contoh pati kentang dengan struktur pati yang kurang kompak (kristalinitas tipe B) mampu membengkak pada suhu ruang, sedangkan pati jagung yang memiliki kristalinitas tipe A dengan struktur yang lebih kompak, sehingga tidak menunjukkan terjadinya pembengkakan granula pati (Fonseca *et al.*, 2017).

Selain *angka swelling* sifat fungsional lainnya adalah kejernihan pasta dimana pati ubi kayu memiliki kejernihan pasta 49,5% dan tidak stabil

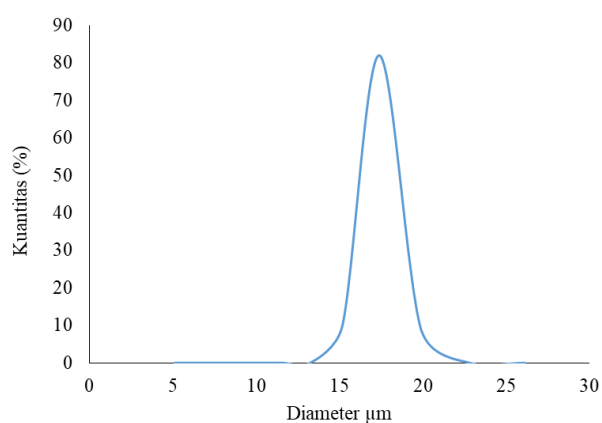
selama penyimpanan. Kejernihan pasta pati ubi kayu ini relatif rendah jika dibandingkan dengan pati kentang yang mempunyai kejernihan pasta 90% (Castanha *et al.*, 2017). Tingkat kejernihan pasta menurun selama penyimpanan suhu dingin seperti terlihat pada Gambar 4.4. Penurunan kejernihan pasta pati diakibatkan oleh bergabungnya kembali molekul amilosa dan amilopektin yang terlarut sehingga pasta menjadi keruh dengan % transmiansi yang semakin rendah. Hal ini didukung oleh Muzaifa *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar amilosa, maka kejernihan pasta juga akan semakin menurun.



Gambar 5. Kejernihan pati ubi kayu alami

Sifat fisik pati alami

Pati ubi kayu yang digunakan sebagai bahan utama pada penelitian ini didominasi (81,8%) oleh partikel ukuran besar dengan rerata diameter 17,38 μm , selebihnya berdiameter 15,17 μm (9,4%) dan 19,9 μm (8,8%) seperti terlihat pada Gambar 6.

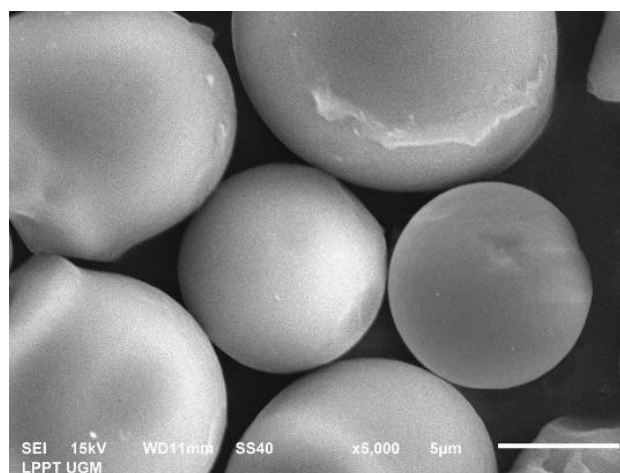


Gambar 6. Ukuran partikel granula pati ubi kayu alami

Rerata ukuran granula pati ubi kayu dari genotipe normal berkisar antara 10-18 μm (Waterschoot *et al.*, 2016). Granula pati ubi kayu

termasuk dalam kategori granula berukuran medium (14-17 μm), sedangkan pati dari sumber tanaman lainnya seperti kentang tergolong dalam ukuran granula besar (30 μm) dan granula ukuran kecil (7-10 μm) terdapat pada ubi kayu mutan. Ukuran granula pati terdistribusi dalam kisaran yang luas yaitu mulai dari ukuran 5 μm hingga 40 μm yang dipengaruhi oleh varietas tanaman dan juga dan periode pembentukan granula pati tersebut. Granula pati ubi kayu dari enam varietas terdistribusi mulai dari berukuran 1,17-22,22 μm di mana ukuran granula 5-10 μm memiliki persentasi yang paling besar sedangkan ukuran granula >20 μm memiliki persentasi yang paling kecil (Chisenga *et al.*, 2019)

Bentuk granula pati ubi kayu terlihat bulat oval dengan permukaan datar. Granula pati alami secara umum berbentuk oval hingga bulat dengan permukaan yang halus dan relatif bebas dari bentuk tidak sempurna (Castanha *et al.*, 2017; Klein *et al.*, 2014; Perez & Agama, 2017). SEM granula pati ubi kayu terlihat pada Gambar 7.

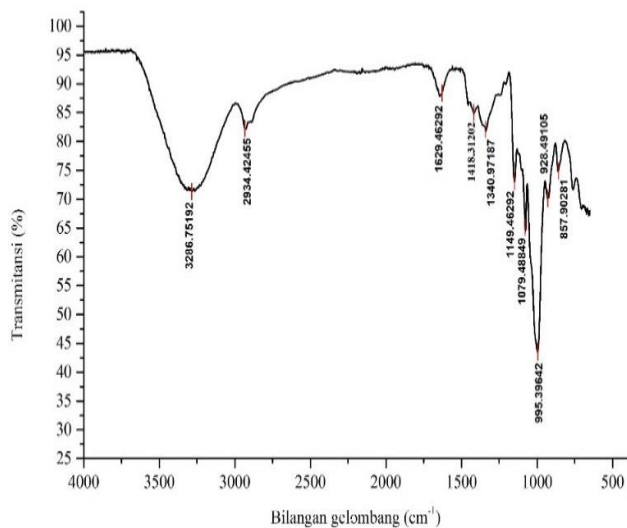


Gambar 7. SEM granula pati ubi kayu pada perbesaran 5000 \times

Derajat oksidasi pati alami

Karakteristik pati ubi kayu dilengkapi juga dengan pengujian derajat oksidasi meliputi kadar karbonil dan karboksil yang dilakukan untuk memastikan pati ubi kayu alami belum termodifikasi dan digunakan untuk kontrol pada perlakuan modifikasi pati secara ozonasi, ultrasonikasi maupun kombinasi keduanya. Kadar karbonil maupun karboksil pati ubi kayu sebesar 0,01% mendekati 0%. Analisis kuantitatif kadar karbonil didukung dengan pengujian gugus fungsional menggunakan FTIR (*fourier-transform infrared spectroscopy*) pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Hasil identifikasi pati ubi kayu alami seperti pati pada umumnya terdeteksi adanya gugus O-H, C-H, C=C, C-H dan C-O-C seperti terlihat pada Gambar 8.

Hasil spektra FTIR pati ubi kayu alami tidak memperlihatkan adanya gugus fungsional baru seperti karbonil yang terletak pada rentangan bilangan gelombang 1680-1780 cm^{-1} (Petit & Puskar, 2018). Spektra FTIR menunjukkan pati ubi kayu alami memiliki gugus regangan (*stretching*) O-H dan C-H secara berurutan pada bilangan gelombang 3286,7 cm^{-1} dan 2934,4 cm^{-1} . Sedangkan gugus regangan C=C teridentifikasi pada bilangan gelombang 1629,5 cm^{-1} , gugus bending C-H (1418,3 cm^{-1}), gugus bending C-O-C (1079,5 cm^{-1}), serta bilangan gelombang 928,5 cm^{-1} dan 857,9 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus bending C-H. Hasil identifikasi gugus fungsional pati ubi kayu alami ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Garces *et al.* (2021), yang telah mengidentifikasi spektra FTIR pati secara umum yaitu gugus regangan O-H (3600 dan 3100 cm^{-1}), regangan C-H (2950 dan 2850 cm^{-1}), regangan C=C (1080 cm^{-1}), *bending* C-H (1420 cm^{-1}), dan *bending* C-O-C (1000 cm^{-1}). Dari spektra FTIR terlihat bahwa pati ubi kayu alami belum teridentifikasi adanya gugus karbonil, hal ini mengindikasikan pati belum teroksidasi.



Gambar 8. Spektra FTIR pati ubi kayu alami

KESIMPULAN

Pati alami yang dihasilkan dari ekstraksi ubi kayu masih memiliki keterbatasan sifat fungsional dan fisikokimia diantaranya viskositas yang relatif tinggi (9084 cP), kelarutan rendah (0,4%), *angka swelling* cukup rendah (35,39%) dan kejernihan rendah (49,5%), tingkat kecerahan 84,81%, lebih rendah dari standar mutu yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), tipe kristalinitas A dengan sifat lebih kompak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, L. N., Estiasih, T., & Martati, E. (2017). Karakteristik sifat fisiko kimia ubi kayu berbasis kadar sianida. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 18(2), 119–128.
- Castanha, N., Matta Junior, M. D. da, & Augusto, P. E. D. (2017). Potato starch modification using the ozone technology. *Food Hydrocolloids*, 66, 343–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.12.001>
- Castro, C. M., Ramírez-Wong, B., Contreras-Jiménez, B., Quintero-Ramos, A., Figueroa-Cárdenas, J., & Vázquez-Lara, F. (2022). Effect of extrusion on the crystallinity, viscosity, damage starch, and thermal properties of corn flour, masa, and tortilla. *Applied Food Research*, 2, 100198. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100198>
- Cheetham, N. W. H., & Tao, L. (1998). Variation in crystalline type with amylose content in maize starch granules: An X-ray powder diffraction study. *Carbohydrate Polymers*, 36, 277–284. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00007-1)
- Chisenga, S. M., Workneh, T. S., Bultosa, G., & Laing, M. (2019). Characterization of physicochemical properties of starches from improved cassava varieties grown in Zambia. *AIMS Agriculture and Food*, 4(4), 939–966. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.4.939>
- Colussi, R., Lisie, S., El, M., Zanella, V., Bartz, J., Carlos, L., Zavareze, R., Renato, A., & Dias, G. (2015). Acetylation of rice starch in an aqueous medium for use in food. *LWT - Food Science and Technology*, 62(2), 1076–1082. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.053>
- Cozzolino, D. (2016). The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. *Journal of Cereal Science*, 70, 282–290. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.07.003>
- Fathoni, A., Hartati, N. S., Wahyuni, H. F., Rahman, N., Harmoko, R., & Perwitasari, U. (2020). Characterization of cassava starch and its potential for fermentable sugar production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 439(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/439/1/012024>
- Fonseca-florido, H. A., Hernández-ávila, J., Rodríguez-, A. I., Castro-rosas, J., & Acevedo-sandoval, O. A. (2017). Thermal, rheological and mechanical properties of normal corn and potato starch blends. *International Journal of Food Properties*, 20,3, 611–621.

- <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1171779>
- Garces, V., García-Quintero, A., Lerma, T. A., Palencia, M., Combatt, E. M., & Arrieta, Á. A. (2021). Characterization of cassava starch and its structural changes resulting of thermal stress by functionally-enhanced derivative spectroscopy (FEDS). *Polysaccharides*, 2(4), 866–877. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2040052>
- Gozé, P., Rhazi, L., Pauss, A., & Aussenac, T. (2016). Starch characterization after ozone treatment of wheat grains. *Journal of Cereal Science*, 70, 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.007>
- Hamzah, Y., & Hill, S. E. (2010). Native Starches: Physicochemical, Thermal and Swelling Properties in Excess Water Department of Food Science, Faculty of Agrotechnology and Food Science. *UMT Annual Seminar*, 1-8.
- Hasmadi, M., Harlina, L., Jau-Shya, L., Mansoor, A. H., Jahurul, M. H. A., & Zainol, M. K. (2021). Extraction and characterisation of cassava starch cultivated in different locations in Sabah, Malaysia. *Food Research*, 5(3), 44–52. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(3\).550](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(3).550)
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydrate Polymers*, 45, 253–267. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(00\)00260-5](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(00)00260-5)
- Indrianti, N., Nanang Surahman, D., & Kartika Indah Mayasti, N. (2015). The use of cassava flour from different harvest time with the addition of corn flour in making dried noodle. *Pangan*, 24 (1), 63-74
- Katsumi, N., Okazaki, M., Yonebayashi, K., & Kawashima, F. (2015). New proposal for crystalline index of starch. *Sago Palm*, 22, 25–30.
- Kim, H. Y., Park, S. S., & Lim, S. T. (2015). Preparation, characterization and utilization of starch nanoparticles. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 126, 607–620. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.11.011>
- Klein, B., Levien, N., Moomand, K., Zanella, V., Colussi, R., Zavareze, R., Renato, A., & Dias, G. (2014). Ozone oxidation of cassava starch in aqueous solution at different pH. *Food Chemistry*, 155, 167–173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.058>
- Le Corre, D., & Angellier-Coussy, H. (2014). Preparation and application of starch nanoparticles for nanocomposites: A review. *Reactive and Functional Polymers*, 85, 97–120. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2014.09.020>
- Lian, X., Cheng, K., Wang, D., Zhu, W., & Wang, X. (2018). Analysis of crystals of retrograded starch with sharp X-ray diffraction peaks made by recrystallization of amylose and amylopectin. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 3224–3236. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1362433>
- Luchese, C. L., Spada, J. C., & Tessaro, I. C. (2017). Industrial Crops & Products Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops & Products*, 109(May), 619–626. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.020>
- Minakawa, A. F. K., & Faria-tischer, P. C. S. (2019). Simple ultrasound method to obtain starch micro- and nanoparticles from cassava, corn and yam starches. *Food Chemistry*, 283, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.015>
- Monroy, Y., Rivero, S., & García, M. A. (2018). Ultrasonics - Sonochemistry Microstructural and techno-functional properties of cassava starch modified by ultrasound. *Ultrasonics - Sonochemistry*, 42, 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.12.048>
- Muzaifa, M., Sulaiman, M. I., & Liyuza. (2014). Evaluasi sifat fisik pati ganyong (*Canna edulis* Kerr.) sebagai bahan baku pembuatan kwetiaw pada tingkat substitusi yang berbeda. *Sagu*, 13(2), 35–40.
- Oladebeye, A. O., Oshodi, A. A., Amoo, I. A., & Karim, A. A. (2013). Functional, thermal and molecular behaviors of ozone-oxidized cocoyam and yam starches. *Food Chemistry*, 141(2), 1416–1423. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.080>
- Perez, L. A. B., & Agama-Acevedo, E. (2017). Starch. In *Starch-Based Materials in Food Packaging*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00001-7>
- Petit, T., & Puskar, L. (2018). Diamond & Related Materials FTIR spectroscopy of nanodiamonds: Methods and interpretation. *Diamond & Related Materials Journal*, 89(8), 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2018.08.005>

- Prabasini, H., Ishartani, D., Rahadian, D. (2013). Kajian sifat kimia dan fisik tepung labu kuning (*Cucurbita moschata*) dengan perlakuan blanching dan perendaman dalam natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$). *Jurnal Teknosains Pangan*, 2(2), 93-102.
- Rahman, N., Fitriani, H., & Sri Hartati. (2020). Morphological variation and beta carotene contents of several clones of ubi kuning cassava genotype derived from irradiated shoot in vitro. *Jurnal Ilmu Dasar*, 21(2), 73-80
- Rina Heldiyanti. (2020). Postharvest deterioration of breeding cassava during the storage. *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(2), 225-234.
- Sun, Q., Fan, H., & Xiong, L. (2014). Preparation and characterization of starch nanoparticles through ultrasonic-assisted oxidation methods. *Carbohydrate Polymers*, 106, 359–364.
- Tester, R. F., Karkalas, J., & Qi, X. (2004). *Starch — Composition, Fine Structure and Architecture*. 39, 151–165. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.12.001>
- Torres, M. D., Moreira, R., Chenlo, F., Morel, M. H., & Barron, C. (2014). Physicochemical and structural properties of starch isolated from fresh and dried chestnuts and chestnut flour. *Food Technology and Biotechnology*, 52(1), 135–139.
- Vanier, N. L., Lisie, S., El, M., Renato, A., Dias, G., & Zavareze, R. (2017). Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*, 221, 1546–1559. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.138>
- Wahyuningsih, S., & Sutrisno. (2019). Pertumbuhan dan produktivitas beberapa varietas ubi kayu dengan tingkat pupuk yang berbeda di lahan tegakan jati muda. *Buletin Palawija*, 17(1), 40–45.
- Waterschoot, J., Gomand, S. V., & Delcour, J. A. (2016). Impact of swelling power and granule size on pasting of blends of potato, waxy rice and maize starches. *Food Hydrocolloids*, 52, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.012>
- Zhu, F. (2015). Composite ion, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 122, 456–480. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.063>

Copyright © The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)