

PENGARUH KOMPOSISI ETANOL DAN KONSENTRASI AWAL PATI TAPIOKA TERHADAP SIFAT FUNGSIONAL PRODUK PATI YANG MENGEMBANG DALAM AIR DINGIN (*GRANULAR COLD WATER SWELLING STARCH*)

¹Asaf Kleopas Sugih*, ¹Dea Agata, ¹Hans Kristianto, ¹Henky Muljana

¹Program Studi Sarjana dan Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Rekayasa, Universitas Katolik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung 40141

*Penulis korespondensi: asaf.k.sugih@unpar.ac.id

Abstrak.

Pati tapioka merupakan komoditas industri berbasis pertanian penting di Indonesia yang juga adalah pati dengan volume produksi terbesar kedua secara global. Produk pati granular yang mengembang dalam air dingin atau Granular Cold Water Swelling (GCWS) starch merupakan produk pati termodifikasi secara fisik yang membentuk suspensi atau gel dalam air dingin. Pada penelitian ini dilakukan studi awal untuk mempelajari karakteristik fungsional produk GCWS yang disintesis dari pati tapioka lokal Bogor. Proses modifikasi dilakukan menggunakan Perlakuan Alkohol-Alkali (PAA) dengan media pensuspensi 40-60 % b/b etanol dalam air, konsentrasi awal pati sebesar 10-20 % b/b, dan NaOH 3 M sebagai reagen alkali. Kelarutan dalam Air (KAD) dan Daya Kembang dalam Air Dingin (DKAD) pati tapioka GCWS hasil modifikasi meningkat hingga mencapai 45,07 % b/b dan 10,27 g/g dibandingkan pati tapioka alami (5,26 % b/b dan 2,64 g/g). Perlakuan PAA juga memperbaiki secara signifikan kejernihan pasta dan kestabilan beku-cair gel pati tapioka. Penggunaan komposisi etanol dan konsentrasi pati awal yang lebih kecil akan meningkatkan jumlah air yang dapat masuk dan menyebabkan pembengkakan pada granula pati. Ruang kosong yang ditinggalkan oleh air dalam granula pati pada saat proses pengeringan menjadi lebih besar, sehingga produk akhir memiliki kapasitas penyerapan air yang lebih tinggi dan KAD, DKAD, kejernihan pasta, dan kestabilan beku-cair produk pati tapioka GCWS menjadi lebih baik. Pati tapioka GCWS memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai aditif pada produk pangan yang sensitif terhadap temperatur (seperti rempah dan nutraceuticals) serta pada produk dessert, saus, dan makanan instan.

Kata kunci: *tapioka, singkong, daya kembang, GCWS, pati termodifikasi*

Abstract.

Tapioca starch is an important agricultural-based industrial commodity in Indonesia, and is the second most produced starch globally. Granular Cold Water Swelling (GCWS) starch product is a physically modified starch capable to form suspension and gel in cold water. In this research, a preliminary study on the functional characteristics of GCWS products synthesized from local Bogor tapioca starch was performed. The starch was modified using Alcoholic-Alkali Treatment (AAT) with 40-60 % w/w ethanol in water as suspending medium, starch initial concentration of 10-20 % w/w, and 3 M NaOH as alkali reagent. Solubility in Cold Water (SCW) and Swelling Power in Cold Water (SPCW) of GCWS starch tapioca products (until 45.07 % w/w and 10.27 g/g, respectively) are significantly higher compared to native tapioca starch (5.25 % w/w and 2.64 g/g). AAT method also improves paste clarity and freeze-thaw stability of the tapioca starch. The use of lower ethanol composition and initial water concentration will increase the amount of water, resulting in more effective penetration of water and expansion of the starch granules. During drying, water will evaporate, leaving more empty spaces within the granules, thereby increasing water absorption capacity and improving SCW, SPCW, paste clarity, and freeze-thaw stability of the final products. GCWS tapioca starch products have the potentiality to be applied as additives for temperature-sensitive food products (such as spices and nutraceuticals), desserts, sauces, and instant foods.

Keywords: tapioca, cassava, swelling power, GCWS, modified starch

1. Pendahuluan

Ketela pohon atau singkong (*Manihot esculenta*) merupakan tanaman pangan yang berasal dari benua Amerika. Saat ini tanaman singkong telah tersebar ke seluruh bagian dunia, dan menjadi sumber bahan pangan pokok keempat secara global (Chisenga et al., 2019). Pada tanaman singkong, karbohidrat yang dihasilkan dari proses fotosintesis disimpan dalam bentuk granula pati yang terakumulasi pada umbi akarnya. Indonesia menghasilkan umbi singkong sebanyak 19-20 juta ton per tahun, dan merupakan produsen umbi singkong terbesar ke-4 di dunia setelah Nigeria, Thailand, dan Brazil (Rozi et al., 2023).

Pemanfaatan terbesar umbi singkong adalah sebagai bahan baku pembuatan pati singkong/ pati tapioka. Pati tapioka diisolasi dan dimurnikan melalui proses pencucian dan pengupasan kulit umbi, penghancuran/ pengecilan ukuran umbi, ekstraksi pati menggunakan air, dan pengeringan sampai dihasilkan granula halus yang dapat disimpan dalam waktu lama (Breuninger, Piyachomkwan and Sriroth, 2009). Pati tapioka merupakan produk pati komersial kedua terbesar yang diproduksi secara global (Chisenga et al., 2019) setelah pati jagung. Produk pati tapioka memiliki banyak kegunaan baik dalam industri pangan maupun non-pangan (antara lain kertas dan tekstil).

Pati tapioka memiliki beberapa sifat yang superior dibandingkan pati dari sumber-sumber lain (seperti jagung, gandum, atau kentang). Pati ini cukup murni dan mengandung sangat sedikit lipid dan protein dibandingkan dengan jenis-jenis pati dari sereal. Pati tapioka bersifat tawar/ tidak memiliki rasa yang kuat (*bland*), sehingga jika ditambahkan ke dalam produk akan bersifat netral dan tidak mengubah rasa. Pati ini juga memiliki kemampuan membentuk gel yang sangat baik (Breuninger, Piyachomkwan and Sriroth, 2009). Pati tapioka digunakan sebagai substitusi untuk pati jagung atau gandum pada produk-produk yang dijual untuk konsumen dengan reaksi alergi. Keunggulan-keunggulan tersebut membuat pati tapioka sangat cocok untuk digunakan pada berbagai aplikasi pangan, antara lain sebagai pengental dan penstabil (*thickener and stabilizer*), dan sebagai bahan baku untuk pembuatan makanan bayi, mie dan mie instan, *puffable snack*, dan puding (Breuninger, Piyachomkwan and Sriroth, 2009).

Pati alami (*native starch*) dapat digunakan secara langsung untuk kebutuhan pangan rumah tangga atau industri kecil. Untuk penggunaan sebagai bahan baku industri menengah/ besar, molekul pati alami seringkali perlu dimodifikasi lebih lanjut secara kimia atau fisik. Proses modifikasi ini diperlukan untuk memperbaiki sifat negatif (antara lain: tidak larut dalam air, cepat teretrogradasi dan menyebabkan sineresis, memiliki nilai kalori yang tinggi sehingga tidak cocok untuk produk diet, dan kemampuan membentuk lapisan film yang buruk) dan/ atau meningkatkan sifat positif pati alami (Majzoobi and Farahnaky, 2021) agar produk pati termodifikasi (*modified starch*) yang dihasilkan memiliki karakteristik yang cocok untuk aplikasi industrial yang dituju. Beberapa contoh proses modifikasi kimia yang banyak dilakukan adalah esterifikasi, eterifikasi, dan oksidasi pati, sedangkan proses modifikasi fisik antara lain berupa pregelatinisasi, perlakuan alkohol-alkali, dan *annealing*.

Modifikasi pregelatinisasi dan perlakuan alkohol-alkali (PAA) merupakan proses-proses modifikasi fisik yang biasa dilakukan untuk menghasilkan pati yang dapat menyerap air dan menghasilkan suspensi yang kental atau gel pada temperatur rendah (tidak membutuhkan suhu tinggi atau air panas) (Majzoobi et al., 2015). Produk *modified starch* yang dihasilkan cocok digunakan sebagai pengental/ *thickener* untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas seperti produk yang mengandung rempah atau nutraceuticals yang

Asaf Kleopas Sugih, Dea Agata, Hans Kristianto, Henky Muljana
asaf.k.sugih@unpar.ac.id: Pengaruh Komposisi Etanol dan Konsentrasi Awal Pati Tapioka terhadap Sifat Fungsional Produk Pati yang Mengembang dalam Air Dingin (*Granular Cold Water Swelling Starch*)

rusak pada suhu tinggi, atau pada produk-produk yang diproses atau digunakan pada suhu rendah (*dessert, saus, dan salad dressing*). Pati termodifikasi ini juga dapat diaplikasikan untuk pembuatan makanan instan (makanan bayi, sup, dan berbagai makanan instan lainnya) (Majzoobi and Farahnaky, 2021). Jika dibandingkan dengan pregelatinisasi, PAA memiliki berbagai kelebihan, antara lain tidak membutuhkan peralatan khusus seperti *drum dryer*, ekstruder, atau *spray dryer* (Sudheesh and Pillai, 2025), dan dapat dilakukan pada suhu rendah. PAA juga mempertahankan granula pati tetap utuh, sehingga permasalahan-permasalahan akibat kerusakan granula pada proses pregelatinisasi seperti produk akhir memiliki tekstur berpasir/ *grainy* atau kekentalan/ konsistensi gel yang rendah, dapat diperbaiki (Kaveh et al., 2020; Hedayati et al., 2020).

Modifikasi PAA pada berbagai jenis pati (jagung, beras, gandum, kentang, yam, dan chickpea) telah dilakukan sejak tahun 1986 (Qian et al., 2019; Chen et al., 2019; Zhu et al., 2019; Majzoobi and Farahnaky, 2021; Kaveh et al., 2020). Walaupun demikian, belum banyak studi yang telah dilakukan terkait modifikasi PAA untuk pati tapioka. Penelitian yang dilakukan oleh Rajagopalan dan Seib untuk membuat pati tapioka GCWS dilakukan menggunakan propandiol pada suhu tinggi (Majzoobi and Farahnaky, 2021), padahal penelitian terbaru umumnya menggunakan etanol atau propanol pada suhu yang lebih rendah. Kaveh et al. (2020) menggunakan campuran etanol/ air dan larutan NaOH untuk sintesis GCWS dari pati tapioka. Pada penelitian tersebut telah diteliti pengaruh jumlah etanol, jumlah NaOH, dan suhu perlakuan dalam jumlah percobaan yang terbatas (12 tempuhan). Dari hasil percobaan mereka, ditemukan bahwa kenaikan temperatur dan jumlah alkali serta penurunan jumlah etanol akan meningkatkan daya serap air, kelarutan, dan viskositas suspensi pati termodifikasi dalam air dingin. Selain kedua penelitian tersebut, hingga saat ini belum ada lagi studi lain yang telah dilakukan untuk mempelajari pengaruh berbagai variabel proses pada sintesis pati tapioka GCWS. Penelitian ini bertujuan melakukan studi awal untuk menentukan pengaruh konsentrasi etanol dan temperatur perlakuan terhadap beberapa sifat fungsional penting dari produk GCWS yang dihasilkan. Hasil studi diharapkan dapat menjadi landasan bagi studi lebih lanjut yang lebih sistematis dan komprehensif terkait sintesis GCWS dari pati tapioka.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Pati tapioka yang digunakan pada penelitian ini adalah pati komersial yang diproduksi oleh Tirta Kencana, Bogor, Indonesia. Etanol teknis (96%) dan NaOH teknis diperoleh dari PT Bratachem, Bandung. Etanol absolut dan HCl 37% yang digunakan didapatkan dari Merck (Jakarta, Indonesia).

2.2. Metode

Prosedur sintesis pati tapioka GCWS

Prosedur sintesis GCWS diadaptasi dari metode yang digunakan oleh Hedayati et al. (2020). Pati tapioka (10-20 % b/b Media Pendispersi/ MP) dimasukkan ke dalam larutan etanol/ air (komposisi etanol 40-60 % b/b) bersuhu 40 °C. Ke dalam suspensi ditambahkan larutan NaOH 3 M dalam air reverse osmosis (RO) (12% v/b MP) secara perlahan-lahan dalam selang waktu 30 menit. Larutan etanol/air dengan jumlah 80% b/b MP awal dan komposisi yang sama kemudian ditambahkan kembali. Seluruh proses dilakukan pada kondisi suhu konstan 40 °C. Setelah proses pengendapan selama 15 menit, produk pati

GCWS dipisahkan dari MP, disuspensikan kembali dalam larutan etanol/ air (sejumlah 40-60 % b/b MP awal dengan komposisi yang sama), dan kandungan alkali dinetralisasi menggunakan larutan HCl (3 M dalam etanol absolut). Produk kemudian kembali diendapkan serta dicuci menggunakan etanol 95% selama 1 jam sebelum akhirnya dikeringkan dalam *tray dryer* bersuhu 50 °C hingga beratnya konstan. Setiap percobaan dilakukan dengan dua kali replikasi (duplo).

Analisis Kelarutan dan Daya Kembang dalam Air Dingin (Cold Water Solubility & Swelling Power)

Kelarutan dalam Air Dingin (KAD) ditentukan berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Hedayati et al. (2016) dengan sedikit modifikasi. Sampel pati dalam air RO (1 % b/v) diaduk selama 15 detik pada kecepatan rendah, lalu dilanjutkan dengan kecepatan tinggi selama 5 menit. Suspensi yang terbentuk kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3100 rpm selama 30 menit untuk memisahkan supernatan dari padatan pati yang telah mengembang. Supernatan yang didapatkan dikeringkan pada temperatur 110°C selama 4 jam dan KAD dihitung sebagai:

$$KAD (\%) = \frac{\text{massa pati kering dalam supernatan}}{\text{massa pati dalam campuran awal (basis kering)}} \times 100\% \quad (1)$$

Daya Kembang dalam Air Dingin (DKAD) dihitung sebagai:

$$DKAD (g/g) = \frac{\text{massa endapan hasil sentrifugasi}}{\text{massa pati dalam campuran awal (basis kering)} \times (100 - KAD) / 100} \quad (2)$$

Analisis Kejernihan Pasta (Paste Clarity)

Kejernihan pasta pati ditentukan menggunakan metode dari Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López (2000) dengan sedikit modifikasi. Sampel pati diaduk dalam air RO (1 % b/v) selama 30 menit pada suhu 95 °C. Suspensi yang terbentuk didinginkan hingga temperatur ruang dan kejernihan pasta ditentukan sebagai % transmitansi atau absorbansi dari suspensi yang diukur pada panjang gelombang 650 nm dengan air RO sebagai blanko.

Analisis Kestabilan Beku-Cair (Freeze-Thaw Stability)

Kestabilan beku cair ditentukan sesuai cara yang diberikan oleh Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López (2000) dengan sedikit modifikasi. Pasta pati dalam air RO (5 % b/v) disimpan selama 18 jam pada temperatur beku -20°C. Setelah itu, pasta pati tersebut disimpan selama 6 jam pada temperatur ruang. Sampel kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000g selama 19 menit. Supernatan yang terbentuk ditimbang untuk menentukan persentase air yang terpisah pada siklus pembekuan dan pencairan yang pertama. Proses pembekuan dan pencairan kemudian diulangi hingga 3 siklus, dan sineresis dihitung sebagai persentase cairan yang terpisah pada setiap siklus.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada sintesis GCWS, alkali yang digunakan (NaOH) akan menarik proton pada gugus hidroksil pati dan membuat rantai pati bermuatan negatif sehingga akan saling tolak-menolak dan menyebabkan granula pati membengkak. Pembengkakan ini lebih lanjut akan menyebabkan hilangnya struktur kristalin pada pati dan mengubah struktur *helix* ganda pada amilopektin menjadi struktur *helix* tunggal (Majzoubi and Farahnaky, 2021). Kehadiran etanol berfungsi untuk mencegah pembengkakan berlebihan dari pati agar struktur granula pati masih tetap ada dan menstabilisasi struktur *single helix* yang

Asaf Kleopas Sugih, Dea Agata, Hans Kristianto, Henky Muljana
 asaf.k.sugih@unpar.ac.id: Pengaruh Komposisi Etanol dan Konsentrasi Awal Pati Tapioka terhadap Sifat Fungsional Produk Pati yang Mengembang dalam Air Dingin (*Granular Cold Water Swelling Starch*)

terbentuk. Saat etanol diuapkan dari produk, terdapat ruang kosong yang ditinggalkan pada struktur amilosa dan amilopektin sehingga kelarutan dan daya kembang produk GCWS menjadi lebih tinggi (Majzooobi and Farahnaky, 2021).

3.1. Kelarutan dan Daya Kembang Produk GCWS dalam Air Dingin

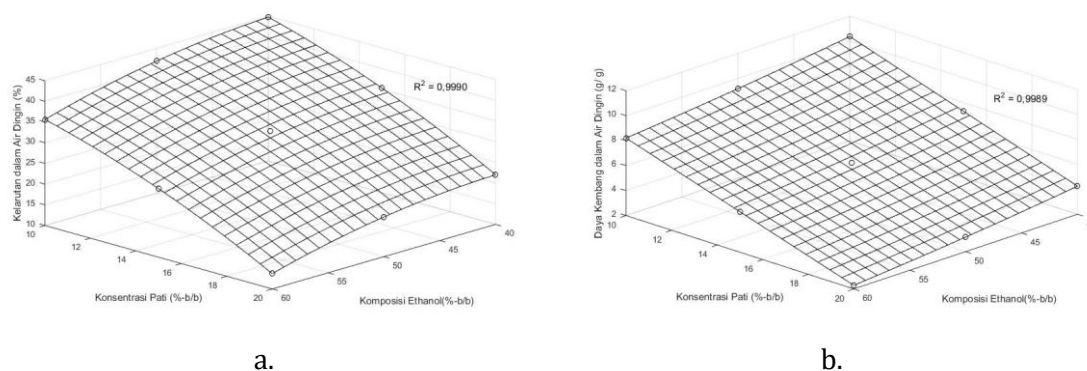
Pada penelitian ini, percobaan dilakukan untuk mengamati pengaruh dua variabel proses (konsentrasi pati awal dalam MP larutan etanol/ air dan komposisi etanol dalam MP larutan etanol/ air) yang digunakan. Hasil pengujian terhadap KAD dan DKAD produk GCWS yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Nilai KAD produk pati GCWS jauh lebih tinggi (2,5-9 kali) jika dibandingkan dengan pati alami (5,26 % b/b pati awal). Kecuali untuk percobaan pada konsentrasi etanol 60 % b/v dan konsentrasi pati awal 20 % b/b, hampir seluruh nilai DKAD produk pati GCWS juga lebih tinggi (2-4 kali) dibandingkan dengan pati alami (2,64 g/g). Hal ini menunjukkan bahwa proses modifikasi membuat pati jauh lebih mudah larut dan mengembang dalam air dingin secara signifikan. KAD pati tapioka GCWS (13,45-45,07%) lebih besar dari KAD produk pati jagung GCWS (Hedayati et al., 2016), berada dalam rentang KAD produk GCWS yang dibuat dari pati pisang dan jagung (Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López, 2000). Jika dibandingkan dengan produk pati tapioka GCWS yang disintesis oleh Kaveh et al. (2020) sebesar 2,36-20,89 %, KAD produk yang dihasilkan pada penelitian ini cenderung jauh lebih besar. DKAD produk penelitian ini (2,32-10,27 %) lebih kecil dari pati jagung GCWS (Hedayati et al., 2016) dan masih berada di sekitar rentang KAD pati tapioka GCWS yang dihasilkan pada penelitian Kaveh et al. (2020) sebesar 3.64-18.48 %.

Tabel 1. Hasil Uji KAD Produk GCWS dari Pati Tapioka

Komposisi Etanol dalam Campuran MP Awal (% b/b)	KAD (% b/b Pati Awal)		
	Konsentrasi Pati dalam MP Awal (% b/b)		
	10	15	20
40	45,07 ±2,68	35,20 ±1,55	21,77 ±0,75
50	41,34 ±1,96	32,83 ±0,03	20,05 ±4,31
60	35,90 ±1,25	26,51 ±1,88	13,45 ±4,48

Tabel 2. Hasil Uji DKAD Produk GCWS dari Pati Tapioka

Komposisi Etanol dalam Campuran MP Awal (% b/b)	DKAD (g/g)		
	Konsentrasi Pati dalam MP Awal (% b/b)		
	10	15	20
40	10,27 ±0,97	7,44 ±0,33	4,22 ±0,10
50	9,31 ±0,29	6,03 ±0,13	3,17 ±0,29
60	8,18 ±0,44	5,25 ±0,18	2,32 ±0,18



Gambar 1. Hasil Regresi Multinier terhadap Data (a) KAD dan (b) DKAD

Untuk mempelajari pengaruh kedua variabel proses (komposisi etanol dan konsentrasi pati awal) terhadap KAD dan DKAD, dilakukan regresi multinier dengan mengikutsertakan suku kuadratik dan suku interaksi kedua variabel terhadap data pada Tabel 1 dan 2, yang hasilnya diberikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1.a. dan b. dapat disimpulkan bahwa walaupun terdapat sedikit *curvature*, secara umum KAD dan DKAD adalah fungsi linier dari konsentrasi pati dan komposisi etanol. Pada rentang variasi percobaan yang dilakukan, dapat diamati bahwa perubahan konsentrasi pati awal jauh lebih sensitif dan dominan untuk menyebabkan perubahan KAD dan DKAD dibandingkan dengan perubahan pada komposisi etanol dalam campuran media pendispersi. KAD menurun terhadap komposisi etanol dan konsentrasi pati awal, dengan nilai KAD tertinggi didapatkan pada konsentrasi pati awal sebesar 10 % b/b media pendispersi dan komposisi etanol sebesar 40 % b/b. Penggunaan etanol dengan komposisi yang lebih tinggi menghasilkan produk dengan KAD lebih kecil. Hal ini disebabkan kehadiran etanol akan membatasi *swelling* pada granula pati sehingga proses pengubahan rantai pati dari *double helix* ke *single helix* menjadi lebih terbatas. Kecenderungan yang sama dapat diamati pada DKAD pati tapioka GCWS, yang juga menurun jika komposisi etanol naik. KAD dan DKAD produk pati GCWS juga akan menurun jika konsentrasi awal pati dalam MP naik. Hal ini disebabkan kenaikan konsentrasi pati akan menurunkan jumlah air per gram molekul pati, sehingga juga akan membatasi terjadinya *swelling* atau pembengkakan granula pada perlakuan alkohol-alkali, yang kemudian akan membatasi terjadinya perombakan struktur kristalin pada pati.

3.2. Kejernihan Pasta Produk GCWS

Kejernihan pasta merupakan salah satu sifat fungsional penting yang harus dimiliki oleh produk pati termodifikasi. Kekeruhan pada suspensi pati dapat terjadi ketika amilosa dan amilopektin pada pati saling berinteraksi membentuk mikrokristal yang menghamburkan cahaya (Majzoubi et al., 2015). Beberapa aplikasi pati dalam industri membutuhkan pasta pati dengan kejernihan yang tinggi sehingga dapat memberikan produk yang *glossy* dan transparan, seperti pada saus dan *filling*. Atas dasar tersebut, dilakukan studi terhadap kejernihan pasta pati tapioka GCWS pada berbagai variasi percobaan, yang hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 2.

Asaf Kleopas Sugih, Dea Agata, Hans Kristianto, Henry Muljana
 asaf.k.sugih@unpar.ac.id: Pengaruh Komposisi Etanol dan Konsentrasi Awal Pati Tapioka terhadap Sifat Fungsional Produk Pati yang Mengembang dalam Air Dingin (*Granular Cold Water Swelling Starch*)

Tabel 2. Kejernihan Pasta (*Paste Clarity*) Produk GCWS dari Pati Tapioka

Komposisi Etanol dalam Campuran MP Awal (% b/b)	Kejernihan Pasta (% Transmittans) Konsentrasi Pati dalam MP Awal (% b/b)			Kejernihan Pasta (Absorbans) Konsentrasi Pati dalam MP Awal (% b/b)		
	10	15	20	10	15	20
	40	79,80 ±0,40	76,15 ±0,25	70,70 ±0,50	0,098 ±0,002	0,118±0,001
50	77,30 ±0,10	75,30 ±0,60	71,35 ±0,85	0,112±0,000	0,123±0,004	0,147±0,005
60	70,20 ±0,80	68,20 ±0,30	65,45 ±0,25	0,154±0,005	0,166±0,002	0,184±0,002

Kejernihan pasta pati tapioka GCWS yang dikarakterisasi sebagai transmitans pasta pati GCWS dalam air (65,45 - 79,80 %) jauh lebih tinggi dibandingkan kejernihan pasta pati tapioka alami (48,40 %). Hasil yang sama ditunjukkan pada penelitian Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López (2000) yang menggunakan pati pisang. Transmitans pasta pati GCWS pisang juga lebih tinggi dibandingkan pati pisang maupun jagung alami. Pasta produk pati tapioka GCWS yang dihasilkan pada percobaan ini (diukur sebagai absorbans) jauh lebih kecil dibandingkan dengan pasta pati GCWS yang dibuat dari pati jagung (Hedayati et al., 2016), pati millet (Sattari, Hashemi and Hosseini, 2025), maupun pati tapioka (Kaveh et al., 2020). Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlakuan alkohol-alkali pada penelitian ini sangat efektif menghilangkan kristalinitas pada struktur pati dan meninggalkan ruang kosong dalam granula pati ketika etanol diuapkan, sehingga ketika pati tapioka GCWS dipanaskan dalam air panas saat pembuatan pasta, air lebih mudah masuk dan membentuk ikatan hidrogen dengan rantai pati. Pati tapioka GCWS tergelatinisasi dan terhidrasi lebih sempurna, dan memberikan transmitans yang lebih tinggi/ absorbans yang lebih rendah pada saat disuspensikan sebagai pasta (Sugih et al., 2019).

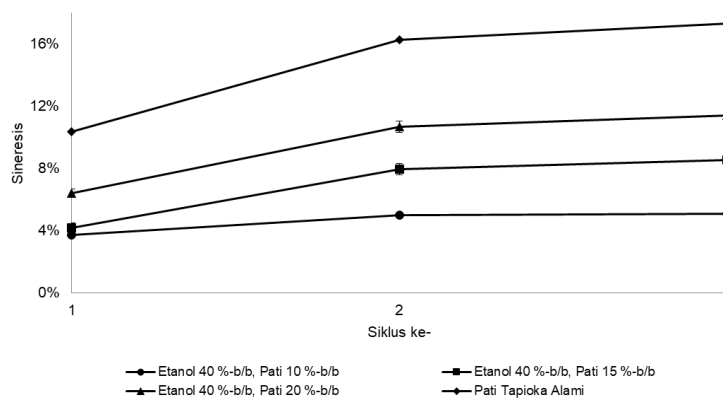
Kejernihan pati sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dapat masuk dan menyebabkan hidrasi serta pembengkakan pada granula pati. Kehadiran air dalam jumlah yang lebih besar dalam matriks granula pati akan menyebabkan terbentuknya pasta pati yang lebih jernih dan transparan (Sugih et al., 2019). Hal ini menjelaskan mengapa kecenderungan kejernihan akan berbanding lurus dengan nilai DKAD produk GCWS, karena nilai DKAD menunjukkan kemampuan produk untuk dapat menyerap air. Produk yang disintesis pada komposisi etanol dan konsentrasi pati awal yang lebih besar (yang memiliki nilai DKAD yang rendah) akan memiliki pasta yang kurang jernih/ lebih keruh.

3.3. Kestabilan Beku-Cair (*Freeze-Thaw Stability*) Produk GCWS

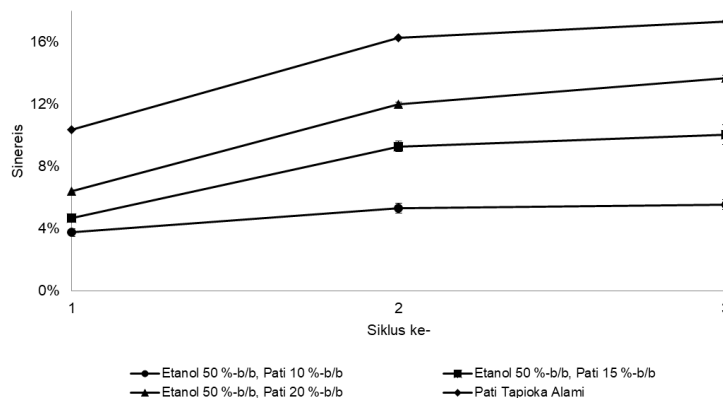
Kestabilan beku cair (*freeze-thaw stability*) menunjukkan kemampuan gel pati untuk mempertahankan kandungan air dalam gel ketika mengalami pembekuan dan pencairan berulang kali. Kestabilan ini sangat penting terutama jika pati akan digunakan pada produk-produk pangan *frozen*. Pada produk dengan kestabilan beku cair yang rendah, air dengan mudah terpisah dari matriks gel pati sehingga terjadi perubahan tekstur dan kandungan air serta penurunan kualitas pangan (Chen, Dai and Gao, 2020). Produk dengan kestabilan beku cair yang tinggi memiliki % air terpisah atau % sineresis yang rendah, yang menunjukkan bahwa sebagian besar air masih terserap dan terikat dalam gel pati.

Selama proses pembekuan, akan terbentuk bagian-bagian yang kaya pati dalam matriks gel dengan kandungan air yang hanya membeku sebagian. Konsentrasi pati yang tinggi pada bagian-bagian ini membantu rantai-rantai pati untuk saling terhubung dan

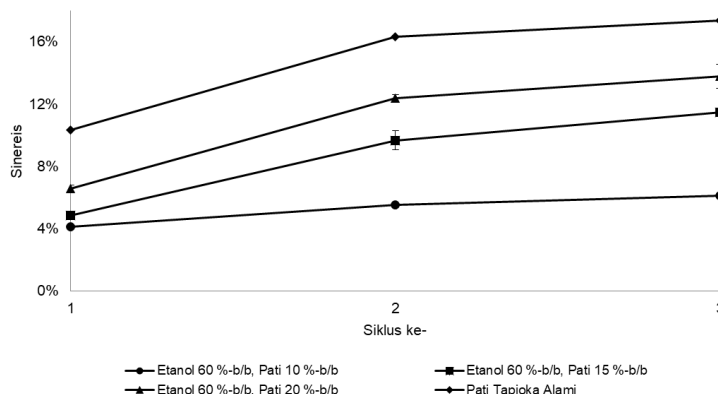
membentuk filamen, sedangkan molekul air bebas akan lebih lanjut berubah menjadi kristal es. Akibat proses ini dihasilkan pemisahan fasa. Saat proses pencairan, kristal es akan mencair dan sebagian air akan berkumpul menjadi satu fasa yang lolos dengan mudah dari matriks polimer dan terpisah dari gel (Majzoobi et al., 2015). Ketika proses pembekuan dan pencairan diulangi beberapa kali (siklus kedua dan seterusnya), jumlah total air yang terpisah biasanya akan terus meningkat hingga suatu saat menjadi konstan ketika tidak ada lagi air yang dapat dipisahkan dari matriks polimer pati (Sattari, Hashemi and Hosseini, 2025).



a.



b.



c.

Gambar 2. Hasil Analisis Beku Cair terhadap Pasta GCWS pada Berbagai Komposisi Etanol: (a) 40% b/b, (b) 50% b/b dan (c) 60% b/b

Hasil analisis kestabilan beku cair untuk produk pati tapioka GCWS diberikan pada Gambar 2. Gel pati tapioka alami yang digunakan sebagai pembanding dalam percobaan ini memiliki kestabilan beku-cair yang jauh lebih tinggi (sineresis sebesar 10,4 – 17,3 %) dibandingkan pati jagung, millet, dan pisang pada penelitian-penelitian terdahulu (Chen, Dai and Gao, 2020; Sattari, Hashemi and Hosseini, 2025; Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López, 2000; dan Majzoobi et al., 2015). Walaupun demikian, jika dibandingkan dengan kestabilan beku-cair gel pati jagung pada penelitian yang dilakukan oleh Bello-Pérez, Romero-Manilla and Paredes-López (2000), gel pati tapioka alami pada penelitian ini memiliki nilai sineresis pada rentang nilai yang mirip. Perbedaan-perbedaan nilai sineresis ini disamping mungkin disebabkan oleh variasi-variasi pada penerapan metode uji yang digunakan, juga menunjukkan bahwa pati tapioka alami telah memiliki kestabilan beku-cair gel yang cukup baik bila dibandingkan dengan pati-pati jenis lain.

Produk pati GCWS yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kestabilan beku-cair gel yang lebih baik dibandingkan pati alaminya (lihat Gambar 2). Sineresis pati tapioka GCWS menurun menjadi 3,7 - 6,6 % (siklus 1), 5,0 - 12,4 % (siklus 2), dan 5,1 - 13,8 % (siklus 3) bila dibandingkan dengan pati alami, yaitu 10,4 % (siklus 1), 16,3 % (siklus 2), dan 17,3 % (siklus 3). Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi PAA efektif memperbaiki kestabilan beku-cair pada produk GCWS. Hasil yang mirip (perbaikan kestabilan pada produk GCWS) ditunjukkan oleh produk GCWS dari pati jagung, pisang, dan millet (Sattari, Hashemi and Hosseini, 2025).

Pengamatan terhadap Gambar 2 dan Tabel 1. menunjukkan adanya korelasi antara kestabilan beku cair dengan Daya Kembang dalam Air Dingin (DKAD), seperti juga dilaporkan dalam penelitian sebelumnya yang menggunakan pati millet (Sattari, Hashemi and Hosseini, 2025). Produk dengan daya kembang tinggi lebih mudah menyerap air saat pembentukan gel, sehingga interaksi antara matriks polimer pati dan air dalam gel lebih baik. Pada saat pendinginan dan pencairan kembali, air lebih sukar meloloskan diri dan berkumpul menjadi fase yang terpisah. Hal ini menjelaskan mengapa produk dengan DKAD yang lebih besar (dihasilkan pada komposisi etanol dan konsentrasi awal pati yang rendah) memberikan kestabilan beku-cair yang jauh lebih baik dibandingkan produk GCWS yang dihasilkan pada komposisi etanol dan konsentrasi pati awal tertinggi (60 % b/b dan 20 % b/b).

4. Kesimpulan

Pada studi awal sintesis pati GCWS dari bahan baku tapioka lokal Bogor (Indonesia) ini dihasilkan produk GCWS dengan KAD dan DKAD yang jauh lebih tinggi (hingga 9 kali dan 4 kali) dibandingkan pati tapioka alami. Pasta produk GCWS juga memiliki kejernihan yang lebih baik (transmitansi lebih tinggi/ absorbansi lebih rendah). Kestabilan beku-cair gel pati tapioka GCWS dalam air meningkat, sehingga pada siklus ke-3, jumlah air yang terpisah dapat turun hingga hanya sekitar 4% (menurun 4 kali dibandingkan air terpisah dari gel pati tapioka alami sebesar 16%). Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penurunan komposisi etanol dalam media pendispersi dan penurunan konsentrasi pati awal akan memberikan produk GCWS dengan sifat-sifat yang lebih baik. Proses pembuatan GCWS yang dihasilkan pada penelitian ini berpotensi besar untuk dimanfaatkan oleh industri mengingat proses pembuatannya yang mudah dan hanya melibatkan modifikasi

secara fisik. Produk pati termodifikasi yang dihasilkan juga cocok digunakan untuk berbagai produk pangan seperti *dessert*, saus, dan makanan instan.

References

Bello-Pérez, L.A., Romero-Manilla, R. and Paredes-López, O., 2000. Preparation and Properties of Physically Modified Banana Starch Prepared by Alcoholic-Alkaline Treatment. *Starch/Stärke*, 52, pp.154–159.

Breuninger, W.F., Piyachomkwan, K. and Sriroth, K., 2009. Tapioca/Cassava Starch. In: *Starch*. Elsevier. pp.541–568. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00012-4>.

Chen, F., Xie, F., Liu, P. and Chen, P., 2019. Structure, thermal stability and suspension rheological properties of alcohol-alkali-treated waxy rice starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, pp.397–404. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.009>.

Chen, Y., Dai, G. and Gao, Q., 2020. Preparation and properties of granular cold-water-soluble porous starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144, pp.656–662. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.060>.

Chisenga, S.M., Workneh, T.S., Bultosa, G. and Alimi, B.A., 2019. Progress in research and applications of cassava flour and starch: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), pp.2799–2813. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03814-6>.

Hedayati, S., Shahidi, F., Koocheki, A., Farahnaky, A. and Majzoobi, M., 2016. Physical properties of pregelatinized and granular cold water swelling maize starches at different pH values. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, pp.730–735. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.06.020>.

Hedayati, S., Shahidi, F., Majzoobi, M., Koocheki, A. and Farahnaky, A., 2020. Structural, rheological, pasting and textural properties of granular cold water swelling maize starch: Effect of NaCl and CaCl₂. *Carbohydrate Polymers*, 242, p.116406. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116406>.

Kaveh, Z., Azadmard-Damirchi, S., Yousefi, G. and Hosseini, S.M.H., 2020. Effect of different alcoholic-alkaline treatments on physical and mucoadhesive properties of tapioca starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, pp.1005–1015. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.230>.

Majzoobi, M. and Farahnaky, A., 2021. Granular cold-water swelling starch; properties, preparation and applications, a review. *Food Hydrocolloids*, 111, p.106393. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106393>.

Majzoobi, M., Kaveh, Z., Blanchard, C.L. and Farahnaky, A., 2015. Physical properties of pregelatinized and granular cold water swelling maize starches in presence of acetic acid. *Food Hydrocolloids*, 51, pp.375–382. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.002>.

Qian, S.-Y., Tang, M.-Q., Gao, Q., Wang, X.-W., Zhang, J.-W., Tanokura, M. and Xue, Y.-L., 2019. Effects of different modification methods on the physicochemical and rheological properties of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) starch. *LWT*, 116, p.108513. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108513>.

Rozi, F., Adi Anggraeni Elisabeth, D., Krisdiana, R., Adri, A., Yardha, Y. and Rina, Y., 2023. Prospects of Cassava Development in Indonesia in Supporting Global Food Availability in

- Asaf Kleopas Sugih, Dea Agata, Hans Kristianto, Henky Muljana
asaf.k.sugih@unpar.ac.id: Pengaruh Komposisi Etanol dan Konsentrasi Awal Pati Tapioka terhadap Sifat Fungsional Produk Pati yang Mengembang dalam Air Dingin (*Granular Cold Water Swelling Starch*)
Future. In: *Advances in Root Vegetables Research*. IntechOpen.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.106241>.
- Sattari, P., Hashemi, H. and Hosseini, S.M.H., 2025. Alcoholic-alkaline modification of millet starch as an emerging resource to develop granular cold water swelling properties: physicochemical, morphological and rheological insights. *International Journal of Biological Macromolecules*, 328, p.147660. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.147660>.
- Sudheesh, C. and Pillai, S., 2025. Recent trends in harnessing potential techniques for the functionalization of granular cold-water swelling starch prepared using alkali-based protocols: A comprehensive review. *Carbohydrate Polymers*, 370, p.124345. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.124345>.
- Sugih, A.K., Christabella, L., Kristianto, H. and Prasetyo, S., 2019. Effect of different types of phosphorylating reagent on the synthesis of modified tapioca starch. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1), p.012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012001>.
- Zhu, B., Cao, X., Liu, J. and Gao, W., 2019. Effects of different drying methods on physicochemical and sizing properties of granular cold water swelling starch. *Textile Research Journal*, 89(5), pp.762–770. <https://doi.org/10.1177/0040517518755786>.