



Karakterisasi Fisik Gel Asam Salisilat Berbasis Pati Sagu Terasetilasi

Karlah Lifie Riani Mansauda¹

¹Department of Pharmacy, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sam Ratulangi University, Jl. Kleak 62-64, Manado, 65146, Indonesia

*Corresponding author email: lifiekarlah@unsrat.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima pada : 1 Oktober 2025

Disetujui pada : 15 Oktober 2025

Dipublikasikan pada : 30 Oktober 2025

Hal. : 1009 - 1018

ABSTRACT

Salicylic acid gel formulations require a gelling agent that can provide optimal physical stability during storage. This study aimed to characterize the physical properties of salicylic acid gel based on acetylated sago starch as a natural alternative gelling agent. Sago starch was extracted from sago flour with a yield of 87.05%, and subsequently acetylated, producing modified starch with an acetyl content of $9.46 \pm 0.30\%$ and a degree of substitution of 0.39 ± 0.01 . Three gel formulations (F1, F2, F3) contained 2% salicylic acid and 6%, 8%, or 10% acetylated starch. Organoleptic properties, homogeneity, pH, adhesiveness, and syneresis were evaluated on days 0 and 30. All formulations exhibited transparent orange color, characteristic salicylic acid odor, semisolid consistency, and stable homogeneity. The pH (5.36–5.91) met topical requirements, adhesiveness increased with starch concentration (≈ 4.2 – 5.6 seconds), and syneresis remained low and stable. Acetylated sago starch shows potential as a stable and biocompatible gelling agent for salicylic acid gel.

Keywords: salicylic acid, gel, sago starch, acetylation, gelling agent

ABSTRAK

Formulasi gel asam salisilat memerlukan gelling agent yang mampu memberikan stabilitas fisik optimal selama penyimpanan. Penelitian ini bertujuan mengkarakterisasi fisik gel asam salisilat berbasis pati sagu terasetilasi sebagai gelling agent alami alternatif. Pati sagu diekstraksi dari tepung sagu dengan rendemen 87,05%, kemudian dimodifikasi melalui asetilasi hingga diperoleh pati terasetilasi dengan persen asetil $9,46 \pm 0,30\%$ dan derajat substitusi $0,39 \pm 0,01$. Tiga formulasi gel (F1, F2, F3) mengandung 2% asam salisilat dan pati terasetilasi 6%, 8%, dan 10%. Evaluasi organoleptik, homogenitas, pH, daya lekat, dan sineresis dilakukan pada hari ke-0 dan ke-30. Semua formulasi menunjukkan warna orange transparan, bau khas asam salisilat, konsistensi semisolid, dan homogenitas stabil tanpa perubahan visual. Nilai pH berada pada rentang 5,36–5,91, sesuai persyaratan sediaan topikal. Daya lekat meningkat seiring konsentrasi pati, sedangkan sineresis tetap relatif rendah dan stabil. Pati sagu terasetilasi berpotensi sebagai gelling agent yang stabil dan biokompatibel untuk gel asam salisilat.

Kata Kunci: asam salisilat, gel, pati sagu, asetilasi, gelling agent

DOI: 10.35799/pha.14.2025.66264

PENDAHULUAN

Asam salisilat, yang tergolong dalam kelompok beta-hidroksi asid, telah lama dianggap sebagai standar emas dalam penatalaksanaan jerawat ringan hingga sedang. Selama lebih dari dua dekade, efektivitas klinisnya telah terbukti dalam mengurangi baik lesi inflamasi maupun non-inflamasi (Hearn et al., 2019). Mekanisme kerja asam salisilat meliputi aktivitas keratolitik dan komedolitik, penurunan produksi sebum, serta efek antimikroba terhadap *Cutibacterium acnes* (Khan et al., 2025; Khan, 2015). Namun, formulasi gel asam salisilat masih memiliki sejumlah tantangan teknis. Senyawa ini memiliki kelarutan yang rendah, mudah mengkristal, dan dapat mengendap selama penyimpanan, terutama pada kondisi suhu dan kelembapan tertentu. Selain itu, stabilitasnya dapat menurun akibat interaksi dengan polimer pembentuk gel atau bahan tambahan lain, yang berpotensi menyebabkan degradasi atau perubahan profil pelepasan obat. Saat ini, sebagian besar formulasi gel asam salisilat menggunakan bahan pembentuk gel sintesis, seperti karbopol, atau semi-sintetik, seperti HPMC. Meskipun efektif, bahan-bahan tersebut memiliki keterbatasan dalam hal biokompatibilitas dan profil keamanan jangka panjang (Rodriguez et al., 2025; Silveira et al., 2025). Karena itu, diperlukan penelitian untuk menemukan bahan pembentuk gel alami yang tidak hanya lebih biokompatibel tetapi juga memiliki sifat fungsional yang mendukung stabilitas dan efektivitas gel asam salisilat.

Pati dalam bentuk alami (*native starch*) merupakan pati yang belum mengalami perubahan sifat fisik dan kimia atau diolah secara kimia-fisika. Pati ini banyak digunakan di industri farmasi dan makanan sebagai agen pengental (*thickening agent*), agen pembentuk gel, *water retention agent* dan *bulking agent* (Li et al, 2014). Molekul pati terdiri dari dua polisakarida utama, yaitu amilosa yang merupakan rantai lurus dengan ikatan glikosidik α -1,4, serta amilopektin yang bersifat bercabang melalui ikatan α -1,4 pada rantai linier dan ikatan α -1,6 pada titik percabangan. Sifat hidrokoloid pati memungkinkan pemanfaatannya sebagai agen pembentuk gel dan film, yang disebabkan oleh kandungan amilosa. Pati dengan kadar amilosa tinggi menghasilkan gel dan film yang kuat karena struktur amilosa membentuk ikatan hidrogen intermolekuler antar unit glukosa penyusunnya; selama pemanasan, struktur ini membentuk jaringan tiga dimensi yang memerangkap air sehingga menghasilkan gel. Kandungan amilosa pada pati umumnya berkisar 20-30% (Polnaya, 2006).

Pati sagu (*Metroxylon sagu*) mengandung kadar amilosa adalah sekitar 27% lebih banyak dari pada beras yakni 17% dan gandum yakni 25% (Polnaya, 2006), sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai pembentuk gel (Kim et al, 2013). Pati sagu menawarkan beberapa karakteristik unik yang membedakannya dari sumber pati lain (jagung, singkong, beras). Ukuran granula pati sagu yang cukup besar (diameter rata-rata 5-35 μ m dibandingkan 15-20 μ m untuk pati jagung atau singkong) menghasilkan implikasi struktural yang penting: ikatan hidrogen antarmolekul pada rantai polimer yang berdekatan lebih rentan terdisrupsi selama proses pemanasan, menghasilkan gelatinisasi yang lebih cepat dan lebih lengkap, dan pembentukan gel yang lebih optimal dengan viskositas yang terkontrol (De Silva et al., 2022; Ling et al., 2010).

Pati alami secara umum memiliki keterbatasan, seperti struktur lemah, gel yang kohesif, suhu gelatinisasi tinggi, kemampuan membentuk gel berlebih pada dispersi pati, retensi air rendah di suhu rendah, ketahanan dispersi rendah terhadap asam dan agitasi, serta pasta yang rentan retrogradasi (Santoso dkk, 2015). Modifikasi pati dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan karakteristiknya. Granula pati sagu yang berukuran besar memudahkan disrupsi ikatan hidrogen antar rantai molekul berdekatan selama pemanasan, menjadikannya bahan dasar ideal bagi pati termodifikasi. Modifikasi kimia, khususnya asetilasi, menawarkan pendekatan efektif untuk hasil optimal. Modifikasi pati dapat dilakukan secara kimia. Modifikasi pati kimia dapat dilakukan dengan metode seperti asetilasi.

Asetilasi adalah proses penggantian atom H pada gugus $-OH$ atau $-NH_3$ oleh gugus asetil. Zat pengasetilasi yang umum yakni anhidrida asetat, asetil klorida dan ketene (Rahman, 2018). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa modifikasi asetilasi terhadap pati alami menghasilkan karakteristik

pati yang lebih baik. Pati modifikasi asetilasi dapat meningkatkan karakteristik kelarutan dari pati sagu dari 15,7555% menjadi 33,1876% (Saputro dkk, 2012), menjernihkan pasta pati, mengurangi retrogradasi (Wani dkk, 2015) meningkatkan viskositas dan sifat adhesive, mengurangi sifat kaku gel (Colussi et al, 2015) dan resistensi yang lebih baik terhadap degradasi dalam kondisi asam (Yao et al., 2025). Asetilasi juga mengganggu ikatan hidrogen intramolekuler dan intermolekuler pada rantai pati, sehingga meningkatkan mobilitas molekuler, memfasilitasi penetrasi air, serta mempromosikan pembentukan jaringan gel yang lebih teratur dan stabil dengan menurunkan risiko sineresis (König et al., 2022; Li et al., 2020).

Gel merupakan sediaan semi-padat unggulan yang tersusun dari dispersi partikel anorganik kecil atau molekul organik besar yang terpenetrasi oleh cairan kontinu. Gel begitu diminati berkat kandungan air tingginya yang memberikan sensasi nyaman dan sejuk pada kulit, kemudahan pengolesan, bebas minyak, mudah dibersihkan, jernih transparan, estetika elegan, elastisitas baik, daya lekat kuat tanpa menyumbat pori-pori, serta pelepasan obat yang optimal (Quiñones and Ghaly, 2018). Gel ideal untuk terapi topikal seperti gel asam salisilat.

Formulasi gel memerlukan senyawa aktif yang bersifat terapeutik serta eksipien tambahan seperti *gelling agent* sebagai agen pembentuk gel. *Gelling agent* merupakan polimer dengan massa molekul tinggi yang tersusun dari gabungan molekul dan rantai polimer, sehingga memberikan sifat viskos pada gel. Molekul polimernya saling terikat melalui ikatan silang membentuk struktur jaringan tiga dimensi yang menjebak molekul pelarut di dalamnya (Karsheva, 2007). Komponen *gelling agent* ini menjadi faktor kritis yang memengaruhi karakteristik fisik gel, seperti organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas (Afianti dan Murrukmiyadi, 2015).

Karakteristik pati sagu dan kandungan amilosa pati sagu yang dapat bertindak sebagai pembentuk gel dan pembentuk film memunculkan hipotesa bahwa formulasi gel menggunakan pati sagu termodifikasi asetilasi sebagai *gelling agent* dapat dilakukan sehingga penelitian ini akan memberikan hasil evaluasi fisik formulasi sediaan gel dari pati sagu termodifikasi asetilasi sebagai *gelling agent* dan asam salisilat sebagai zat aktif.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, oven, blender, lemari pendingin, timbangan analitik, pH meter, inkubator. Bahan-bahan yang digunakan adalah Tepung Sagu, Akuades, Natrium Metabisulfit, Asam Asetat, Natrium Hidroksida (NaOH), Asam Klorida (HCl), Etanol, Kalium Hidroksida (KOH), Indikator *Phenolphthalein*, Asam Salisilat, Propilen Glikol, Isopropil Alkohol, Trietanolamin, Metil Paraben, Gliserin dan Akuades.

Prosedur Kerja

Ekstraksi Pati dari Tepung Sagu (*Metroxylon* sp.)

Ekstraksi pati sagu dilakukan dengan modifikasi dari metode penelitian sebelumnya (Cornelia, 2017). Tepung sagu dicampur dengan air dalam rasio 1:2 (b/v), kemudian disaring menggunakan kain saring untuk memisahkan pati dari fraksi komponen tidak larut air. Filtrat yang diperoleh didiamkan untuk mengendap selama 24 jam. Endapan selanjutnya dicuci dengan larutan natrium metabisulfit 3000 ppm dan didiamkan kembali selama 24 jam untuk pengendapan ulang. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan air, dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 8 jam, dihancurkan menggunakan blender kering, serta diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh.

Modifikasi Asetilasi Pati Sagu

Modifikasi asetilasi pati sagu dilakukan dengan merendam 150 g pati sagu dalam 450 mL akuades. Suspensi pati tersebut kemudian ditambahkan secara bertahap 0,9 mL larutan asam asetat

dan larutan NaOH 1 M secara simultan sambil diaduk homogen, diikuti perendaman selama 90 menit dengan pemeliharaan pH pada rentang 8–8,4. Selanjutnya, larutan HCl 0,5 N ditambahkan hingga pH mencapai sekitar 6. Endapan pati dicuci berulang dengan akuades hingga pH netral, kemudian dikeringkan pada suhu 40°C selama 12 jam (Danimayostu dkk, 2017).

Evaluasi Modifikasi Asetilasi Pati Sagu

Evaluasi modifikasi asetilasi dilakukan dengan mengadaptasi prosedur dari penelitian terdahulu beserta beberapa penyesuaian. Pengujian persentase asetil dan derajat substitusi dimaksudkan untuk mengukur tingkat substitusi gugus asetil pada pati sagu terasetilasi. Sebanyak 1 g pati terasetilasi ditimbang dan dilarutkan dalam 50 mL etanol pada suhu 50°C selama 30 menit. Suspensi pati didinginkan hingga suhu kamar, kemudian ditambahkan 40 mL larutan KOH 0,5 M dan diinkubasi selama 72 jam pada suhu kamar. Alkali berlebih dititrasi menggunakan HCl 0,5 M dengan indikator fenolftalein. Sampel blanko juga dititrasi dengan HCl 0,5 M.

Nilai Persen asetil dan DS dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan dalam penelitian Chen dan Voregen (2004) berikut.

$$\% \text{ Asetil} = \frac{(V_o - V_n) \times N \times 43}{M} \times 100\%$$

dimana:

V_o = volume HCl untuk titrasi blanko

V_n = volume HCl untuk sampel

N = Normalitas dari HCl

M = massa sampel kering

43 = berat molekul dari asetil (CH_3CO)

Dan untuk derajat substitusi (DS) dihitung dengan persamaan berikut :

$$DS = \frac{162 \times \% \text{ Asetil}}{4300 - (42 \times \% \text{ Asetil})}$$

dimana:

162 = berat molekul dari glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)

4300 = berat molekul dari asetil (CH_3CO) \times 100

42 = selisih berat molekul dari gugus asetil dan gugus OH^-

Formulasi Sediaan Gel

Pati sagu alami dan pati sagu termodifikasi asetilasi diformulasikan menjadi sediaan gel dengan mengadaptasi formula serta metode dari penelitian sebelumnya (Singh et al, 2019) melalui beberapa modifikasi.

Tabel 1. Formulasi sediaan gel

Bahan	Formula (% b/b)		
	F1	F2	F3
Asam Salisilat	2	2	2
Pati Termodifikasi Asetilasi	6	8	10
Propilen glikol	20	20	20
Isopropil alkohol	7	7	7
Gliserin	10	10	10
Trietanolamin	1	1	1
Metil Paraben	0,1	0,1	0,1
Aquades	Ad 100	Ad 100	Ad 100

Proses formulasi gel dimulai dengan dispersi pati dalam gliserin pada temperatur 70°C, diikuti adisi akuades sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga pati mengembang membentuk campuran 1 yang homogen. Selanjutnya, metilparaben dan propilen glikol dicampurkan hingga homogen. Asam salisilat yang telah dilarutkan dalam isopropil alkohol ditambahkan ke dalam campuran tersebut, lalu diaduk hingga seragam untuk memperoleh campuran 2. Campuran 1 kemudian digabungkan secara bertahap ke dalam campuran 2 sambil terus diaduk dan ditambahkan TEA hingga gel terbentuk (Swanepoel. 2005).

Evaluasi Sediaan Gel

Formulasi gel yang terbentuk kemudian diuji karakteristik fisiknya dengan uji organoleptik, homogenitas, uji pH, uji daya lekat dan uji sineresis gel. Pengujian dilakukan pada hari ke-0 dan hari ke-30.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi sampel

Tepung sagu sebagai bahan sampel diperoleh dari pasar tradisional. Sampel ditimbang sebanyak 1 kg dan disimpan dalam wadah tertutup. Ekstraksi pati sagu dilakukan dengan mencampurkan tepung sagu dengan air, diikuti penyaringan menggunakan kain saring guna memisahkan pati dari fraksi komponen tidak larut air. Endapan yang terbentuk kemudian dicuci dengan larutan natrium metabisulfit sebagai antioksidan, diikuti pencucian ulang menggunakan air, pengeringan, penghalusan, serta penyaringan dengan ayakan ukuran 80 mesh. Hasil ekstraksi menghasilkan rendemen pati sagu sebesar 87,05%, yang menunjukkan efisiensi metode sederhana berbasis dispersi air, pengendapan gravitasi, dan pengeringan suhu rendah dalam memisahkan fraksi pati dari komponen non-pati tepung sagu. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya bahwa pati sagu memiliki kandungan pati yang tinggi dan dapat diekstrak dengan rendemen melalui proses fisik sederhana tanpa perlakuan kimia (De Silva et al., 2022). Ukuran granula sagu yang relatif besar (5–35 µm) serta struktur yang rentan terhadap gelatinisasi berkontribusi terhadap kemudahan pemisahan dan minimnya kehilangan pati selama pencucian serta penyaringan (Ling et al., 2010). Penggunaan natrium metabisulfit sebagai antioksidan efektif mencegah pencoklatan dan degradasi oksidatif, sehingga mempertahankan kualitas pati untuk aplikasi sediaan secara topikal (Polnaya et al., 2008).

Hasil Modifikasi Asetilasi Pati Sagu

Pati sagu kemudian dilanjutkan dengan modifikasi asetilasi. Sebanyak 150 g pati sagu diambil untuk diproses asetilasi dengan zat pengasetilasi seperti asam asetat. Hasil yang diperoleh adalah sebanyak 117,96 g. Massa pati terasetilasi yang diperoleh (117,96 g dari 150 g pati awal) menunjukkan bahwa proses asetilasi yang diterapkan relatif efisien dan tidak menimbulkan degradasi berlebihan terhadap matriks pati. Secara umum, proses asetilasi pati bertujuan untuk menambahkan gugus asetil pada gugus hidroksil glukopiranosil, sehingga mengubah sifat fisikokimia seperti kelarutan, kemampuan mengembang, dan profil gelatinisasi (Wani et al., 2014). Penurunan massa yang relatif kecil ini disebabkan oleh hilangnya air terikat dan fraksi non-pati yang larut selama perendaman serta pencucian setelah reaksi (Soetaredjo et al., 2012). Dalam formulasi gel, efisiensi ini sangat penting karena memastikan ketersediaan pati termodifikasi yang cukup untuk skala produksi tanpa kehilangan massa yang berarti.

Evaluasi Hasil Modifikasi Asetilasi Pati Sagu

Pati sagu termodifikasi asetilasi kemudian dievaluasi. Derajat substitusi (DS = *degree of substitution*) merupakan parameter utama yang mengukur tingkat modifikasi kimia, di mana gugus substituen bereaksi dengan gugus hidroksil pada unit D-glukopiranosil. DS didefinisikan sebagai rata-rata jumlah gugus OH yang tersubstitusi pada setiap unit D-glukopiranosil yang telah terderivatisasi dengan gugus substituen tersebut. Nilai DS maksimum adalah tiga, sesuai dengan adanya tiga gugus hidroksil pada unit anhidroglukosa.

Nilai asetil sebesar $9,46 \pm 0,30\%$ dengan derajat substitusi (DS) $0,39 \pm 0,01$ menunjukkan tingkat substitusi moderat pada pati asetil. Tingkat ini biasanya meningkatkan kelarutan, kejernihan pasta, dan mengurangi kecenderungan retrogradasi tanpa merusak struktur granula secara ekstrem (Wani et al., 2014; Wang et al., 2022). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa asetilasi dengan DS rendah-menengah memperbaiki kemampuan pembentukan gel dan transparansi, sekaligus menekan sineresis selama penyimpanan melalui gangguan ikatan hidrogen dan pencegahan rekristalisasi rantai amilosa (Wani et al., 2014; Jideani et al., 2017).

Nilai DS 0,39 ini sesuai dengan kisaran optimal untuk aplikasi pangan dan farmasi, yang memberikan peningkatan kapasitas pengikatan air serta kestabilan selama siklus freeze-thaw (Polnaya et al., 2008; Wani et al., 2014). Meskipun FAO dan WHO (2001), membatasi gugus asetil $<2,5\%$ untuk penggunaan pangan, batas ini tidak secara langsung membatasi pemanfaatan pati asetil untuk sediaan topikal, sehingga secara regulatori masih dapat diterima untuk aplikasi non-oral. Dengan demikian, profil asetilasi yang diperoleh cukup mendukung pemanfaatan pati sagu terasetilasi sebagai *gelling agent* pada sistem gel dermal.

Hasil Evaluasi Uji Fisik Gel

Formulasi gel yang terbentuk kemudian diuji karakteristik fisiknya. Pengujian yang dilakukan berupa uji organoleptik, uji homogenitas, uji pH, uji daya lekat dan uji sineresis. Secara umum, hasil uji fisik menunjukkan bahwa pati sagu terasetilasi mampu membentuk sistem gel asam salisilat dengan karakteristik fisik yang stabil selama penyimpanan 30 hari. Karakteristik ini sangat dipengaruhi oleh modifikasi asetilasi yang meningkatkan kelarutan, mobilitas rantai, dan kemampuan pembentukan jaringan tiga dimensi yang lebih teratur dengan sineresis terkendali (Wani et al., 2014; Jideani et al., 2017).

Hasil ini konsisten dengan penelitian bahwa asetilasi pati menurunkan retrogradasi dan mengurangi pelepasan air pada gel, sehingga menghasilkan tekstur yang lebih stabil dan penampakan yang lebih jernih selama penyimpanan (Wani et al., 2014; Wang et al., 2022). Dalam konteks formulasi topikal, kombinasi stabilitas pH, daya lekat yang adekuat, dan sineresis rendah merupakan indikator penting kesesuaian *gelling agent* untuk penggunaan dermal jangka pendek hingga menengah (Jansen van Rensburg et al., 2019).

Hasil Uji Organoleptik dan Homogenitas

Uji organoleptik meliputi uji warna, bau, ada tidaknya pemisahan fase secara visual sedangkan uji homogenitas untuk melihat campuran sediaan gel, mulai dari distribusi warna, ada tidaknya butiran-butiran kasar yang terlihat dan apakah sediaan tercampur rata atau tidak. Hasil pengamatan uji organoleptik dan uji homogenitas dapat dilihat pada Tabel 2. Semua formulasi (F1, F2, F3) menunjukkan warna orange transparan, bau khas asam salisilat, konsistensi semisolid, dan homogenitas baik tanpa adanya pemisahan fase ataupun butiran kasar pada hari ke-0 maupun hari ke-30. Keterjagaan transparansi dan homogenitas ini mengindikasikan bahwa pati sagu terasetilasi mampu mendispersikan asam salisilat dan eksipien lain secara merata dalam fase gel, serta mempertahankan struktur jaringan gel yang stabil selama penyimpanan.

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptik dan Homogenitas Gel

Formulasi	Warna	Bau	Konsistensi	Homogenitas	Keterangan
F1	Orange transparan	Bau khas asam salisilat	Semisolid	Homogen	Tidak ada perubahan pada hari ke-0 dan ke-30
F2	Orange transparan	Bau khas asam salisilat	Semisolid	Homogen	Tidak ada perubahan pada hari ke-0 dan ke-30
F3	Orange transparan	Bau khas asam salisilat	Semisolid	Homogen	Tidak ada perubahan pada hari ke-0 dan ke-30

Peningkatan transparansi adalah salah satu ciri khas pati asetil dengan DS rendah–menengah, yang dilaporkan memiliki kejernihan pasta lebih baik dibanding pati alami akibat berkurangnya asosiasi ulang rantai amilosa dan amilopektin (Wani et al., 2014; Wang et al., 2022). *Gelling agent* berbasis pati sagu juga diketahui mampu membentuk gel dengan kekuatan tinggi dan laju pembentukan gel yang cepat dibandingkan pati sumber lain, sehingga mendukung konsistensi semisolid yang seragam (US 20050048190 A1, 2003). Tidak ditemukannya perubahan organoleptik setelah 30 hari menunjukkan bahwa struktur gel cukup resisten terhadap sineresis dan degradasi fisik, yang merupakan keunggulan dalam formulasi gel topikal yang menuntut penampilan elegan dan stabil (Jideani et al., 2017).

Hasil Uji pH

Menurut Mustarichie dan Gozali (2018), sediaan topikal seperti krim atau gel disarankan memenuhi persyaratan pH 5–7, sehingga meminimalkan gangguan pada lapisan stratum corneum. Apabila pH sediaan terlalu rendah (lebih asam dari rentang tersebut), dapat menyebabkan iritasi kulit, kemerahan, dan rasa perih; sedangkan jika pH terlalu tinggi (lebih basa), akan meningkatkan transepidermal water loss, mengakibatkan kekeringan kulit, serta merusak fungsi barrier lipid kulit (Kim et al, 2009). Hasil pengamatan uji pH formulasi gel ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai pH pada hari ke-30 (5,57–5,91) dan meningkat sedikit dibanding hari ke-0, namun tetap berada dalam kisaran yang dianjurkan untuk sediaan topikal dan dekat dengan pH fisiologis kulit (4,5–6,5) (Mustarichie and Gozali, 2018; Jansen van Rensburg et al., 2019). Kestabilan pH selama penyimpanan menunjukkan bahwa pati sagu terasetilasi dan eksipien lain tidak mengalami degradasi asam/basa yang signifikan, serta tidak terjadi interaksi kimia yang menggeser pH di luar rentang aman. Asetilasi pati umumnya menurunkan kebutuhan untuk proses gelatinisasi dan dapat memodifikasi interaksi dengan fase air tanpa menimbulkan degradasi yang dapat mempengaruhi pH, sehingga sangat cocok untuk gel topikal yang memerlukan kestabilan pH dalam jangka panjang (Wani et al., 2014; Jideani et al., 2017). Hal ini memperkuat potensi pati sagu terasetilasi sebagai *gelling agent* yang aman dan nyaman dalam penggunaan secara topikal.

Tabel 3. Hasil Uji pH, daya lekat dan persen sineresis Gel

Hari ke	Parameter Pengujian	F1	F2	F3
Hari ke-0				
	pH Formulasi ($\bar{x} \pm SD$)	5,43 \pm 0,38	5,36 \pm 0,22	5,57 \pm 0,11
	Daya Lekat Formulasi ($\bar{x} \pm SD$) dalam detik	4,16 \pm 0,46	4,90 \pm 1,42	5,57 \pm 0,28
	Persen Sineresis (%)	6,66	7,67	9,00
Hari ke-30				
	pH Formulasi ($\bar{x} \pm SD$)	5,57 \pm 0,02	5,77 \pm 0,18	5,91 \pm 0,41
	Daya Lekat Formulasi ($\bar{x} \pm SD$) dalam detik	4,20 \pm 0,30	5,01 \pm 0,93	5,60 \pm 0,56
	Persen Sineresis (%)	6,88	7,70	9,53

Hasil Uji Daya Lekat

Pengujian daya lekat bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sediaan gel dalam menempel pada permukaan kulit. Evaluasi daya lekat ini berkaitan erat dengan durasi penetrasi zat aktif ke dalam kulit; namun, daya lekat yang terlalu kuat dapat menghambat proses respirasi kulit. Daya lekat formulasi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi pati terasetilasi, dari sekitar 4,16 detik (F1) menjadi 5,57 detik (F3) pada hari ke-0, dengan peningkatan kecil namun konsisten pada hari ke-30. Secara farmasetika, waktu lekat >1 detik dianggap memadai untuk memastikan kontak yang cukup antara sediaan dan permukaan kulit, sehingga meningkatkan kemampuan difusi zat aktif ke stratum korneum, namun daya lekat yang terlalu tinggi dapat menimbulkan rasa tidak nyaman dan berpotensi mengganggu “pernapasan” kulit (Hadisoewignyo and Fudholi, 2013). Peningkatan daya lekat ini diakibatkan dari konsentrasi polimer yang lebih tinggi, yang menghasilkan gel lebih rapat dan viskos, sehingga meningkatkan gaya adhesi pada kulit (Jideani et al., 2017). Beberapa studi tentang gel dan krim menunjukkan bahwa *gelling agent* dengan kemampuan pembentukan jaringan tiga dimensi yang kuat memberikan profil daya lekat yang baik tanpa mempengaruhi kemampuan daya sebar selama viskositas masih dalam rentang yang optimum (Jideani et al., 2017; Jansen van Rensburg et al., 2019). Dalam penelitian ini, interval waktu 4–6 detik dapat dianggap optimal dari segi retensi sediaan pada kulit dan kenyamanan untuk aplikasi sediaan topikal.

Hasil Uji Sineresis

Sineresis dihitung dengan mengukur kehilangan berat selama penyimpanan lalu dibandingkan dengan berat awal gel. Persentase sineresis yang relatif rendah dan stabil ($\pm 6,66$ – $9,53\%$) selama 30 hari penyimpanan menunjukkan bahwa gel berbasis pati sagu terasetilasi memiliki kemampuan retensi air yang baik dan resistensi terhadap kontraksi jaringan gel. Sineresis pada gel pati umumnya terjadi akibat retrogradasi, yaitu reasosiasi rantai amilosa dan amilopektin yang mengakibatkan kehilangan air dari matriks gel (Hermansson and Svegmarm, 1996; Wani et al., 2014). Asetilasi diketahui dapat menurunkan sineresis dibanding pati alami karena gugus asetil menimbulkan hambatan sterik terhadap asosiasi ulang rantai, meningkatkan jarak antarmolekul, dan meningkatkan kapasitas pengikatan air (Wani et al., 2014; Jideani et al., 2017; Wulandari et al., 2012). Penelitian pada pati terasetilasi dari sumber pati lain (misalnya jagung) juga melaporkan penurunan signifikan sineresis dan peningkatan stabilitas gel selama penyimpanan dan selama siklus freeze–thaw (Wani et al., 2014; Jideani et al., 2017; Adeyanju et al., 2017). Meskipun sineresis cenderung meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pati ($F3 > F2 > F1$), kenaikannya relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa struktur gel yang dibentuk oleh pati sagu terasetilasi stabil selama 30 hari penyimpanan pada kondisi yang suhu kamar.

KESIMPULAN

Kesimpulannya, rendemen pati yang tinggi, profil asetilasi yang moderat, hasil uji organoleptik, pH yang sesuai dengan rentang fisiologis, daya lekat yang memadai, serta hasil sineresis yang rendah dan stabil mendukung pemanfaatan pati sagu terasetilasi sebagai *gelling agent* alami alternatif pada formulasi gel asam salisilat. Hasil ini konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa asetilasi merupakan metode modifikasi pati yang efektif untuk meningkatkan kemampuan pembentukan gel, kejernihan, dan stabilitas sistem hidrokoloid dalam berbagai aplikasi pangan dan farmasi.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kestabilan gel secara fisik dan kimia lebih dari 30 hari untuk memastikan stabilitas gel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyanju, J.A., Adekola, K.A. and Afolabi, T.A., 2017. Effect of acetylation on physicochemical properties of *Borassus aethiopium* starch. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), p.e13142.
- Afianti, F. and Murrukmiyadi, M., 2015. Pengaruh variasi kadar gelling agent HPMC terhadap sifat fisik dan aktivitas antibakteri sediaan gel ekstrak etanolik daun kemangi (*Ocimum basilicum* L. forma citratum Back.). *Majalah Farmaseutik*, 11(2), pp.307–315.
- Chen, Z., S., H. A.; Voregen, A. G. J., 2004, Differently sized granules from cetylated potato and sweet potato starches differ in the acetyl substitution pattern of their amylase populations. *Carbohydrate Polymers*, v. 56, p. 219-226.
- Colussi, R., Halal, S.L.M.E., Pinto, V.Z., Bartz, J., Gutkoski, L.C., Zavareze, E.R. and Dias, A.R.G., 2015. Acetylation of rice starch in an aqueous medium for use in food. *LWT – Food Science and Technology*, 62(1), pp.1076–1084. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.053>
- Cornelia, M. and Tandoko, R., 2017. Pemanfaatan pati biji durian (*Durio zibethinus* L.) sebagai edible coating dalam mempertahankan mutu anggur merah (*Vitis vinifera* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(1), pp.51–67.
- Danimayostu, A.A., Shofiana, N.M. and Permatasari, D., 2017. Pengaruh penggunaan pati kentang (*Solanum tuberosum*) termodifikasi asetilasi-oksidasi sebagai gelling agent terhadap stabilitas gel natrium diklofenak. *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 3(1), pp.25–32.
- De Silva, M., Ahmad, M., Kumar, U. and Ratnayake, R., 2022. Physicochemical and functional properties of sago (*Metroxylon sagu*) starch: A review. *Starch/Stärke*, 74(3-4), p.2100201.
- Hadisoewignyo, L. and Fudholi, A., 2013. *Dasar-dasar formulasi sediaan topikal*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Hermansson, A.M. and Svegmarm, K., 1996. Developments in the understanding of starch functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 7(11), pp.345–353.
- Jansen van Rensburg, S., Franken, A. and Gerber, M., 2019. Topical semi-solid formulations: quality and performance considerations. *Journal of Dermatological Treatment*, 30(8), pp.761–773.
- Jideani, V.A., Ikhu-Omoregbe, D. and Mpotokwana, S., 2017. Factors and modification techniques enhancing starch gel functionality. *Food Reviews International*, 33(6), pp.567–588.
- Kim, H.S., Patel, B.K. and BeMiller, J.N., 2013. Effects of the amylose-amylopectin ratio on starch-hydrocolloid interactions. *Carbohydrate Polymers*, 98(2), pp.1438–1448. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.07.035>
- Kim, S., Lee, Y. and Cho, S., 2009. Changes of transepidermal water loss, pH and skin surface lipids after cleansing and moisturizing in atopic dermatitis. *Journal of Dermatological Science*, 55(1), pp.10–15.
- Karsheva, M., Georgieva, S. and Birov, G., 2007. Flow behavior of two industrially made shampoos. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 40(4), pp.323–328.
- Li, S., Zhang, Y., Wei, Y., Zhang, W. and Zhang, B., 2014. Thermal, pasting and gel textural properties of commercial starches from different botanical sources. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 4(4), pp.1–6.
- Ling, A.C., Phan, T.T. and Ahmad, N., 2010. Granule morphology and physicochemical properties of sago starch. *International Food Research Journal*, 17(4), pp.977–986.
- Mustarichie, R. and Gozali, D., 2018. Optimization and evaluation of topical cream formulation. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 10(6), pp.123–130.
- Polnaya, F.J., Widaningrum, F. and Thahir, R., 2008. Characterization of native and modified sago starch for food and pharmaceutical applications. *Indonesian Journal of Chemistry*, 8(2), pp.219–227.
- Quiñones, D. and Ghaly, E.S., 2018. Formulation and characterization of nystatin gel. *Puerto Rico*

Health Sciences Journal (PRHSJ), 37(2), pp.61–67.

- Rahman, S., 2018. *Teknologi pengolahan tepung dan pati biji-bijian berbasis tanaman kayu*. Sleman: Deepublish.
- Santoso, H., Handayani, N.A., Bastian, H.A. and Kusuma, I.M., 2015. Modifikasi tepung ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L. Poir) dengan metode heat moisture treatment (HMT) sebagai bahan baku pembuatan mi instan. *Metana*, 11(1), pp.37–46.
- Saputro Adi, M., Kurniawan, A. & Retnowati Susetyo, D., 2012. Modifikasi pati talas dengan asetilasi menggunakan asam asetat. *Jurnal Teknik Kimia dan Industri*, 1(1), pp.258–263.
- Polnaya, F.J., Widaningrum, F. and Thahir, R., 2008. Characterization of native and modified sago starch for food and pharmaceutical applications. *Indonesian Journal of Chemistry*, 8(2), pp.219–227.
- Soetaredjo, F.E., Putro, J.N., Santoso, S.P. and Ismadji, S., 2012. Preparation of acetylated starch and its application as an adsorbent. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), pp.1061–1068.
- Singh, D., Rawat, S., Riyal, N., Aman, S. & Khulbe, P., 2019. *SGVU Journal of Pharmaceutical Research & Education*, 4(2), pp.388–396.
- Swanepoel, S.J., 2005. *Formulation of cosmetic products for the treatment of acne containing tea tree oil and salicylic acid*. Potchefstroom: North-West University.
- US 20050048190 A1, 2003. *Sago-based gelling starches*. United States Patent Application Publication.
- Wani, I.A., Shah, T., Gani, A., Wani, S.M., Masoodi, F.A. and Hussain, P.R., 2014. Preparation and characterization of acetylated starches from some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), pp.2850–2859.
- Wang, S., Li, C., Copeland, L., Niu, Q. and Wang, S., 2022. Starch acetylation: A review of the synthesis, physicochemical properties, and applications. *Carbohydrate Polymers*, 277, pp.118876.
- Wulandari, R., Haryadi, H. and Marseno, D.W., 2012. Effects of acetylation on functional properties of cassava starch. *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 19(2), pp.95–102.
- Yao, Y., Li, X., Zhang, C. and Liu, H., 2025. Improved acid resistance and gel stability of acetylated starches for food and pharmaceutical applications. *Food Hydrocolloids*, 143, pp.108875.