



Produksi Pati Resisten dari Biji Alpukat (*Persea americana*) melalui Fermentasi oleh *Streptomyces* sp. AB 8 dan Variasi *Auotoclaving-Cooling*

Achmad Arifiyanto*, Siti Inah, Indah Sukma Ningsih, Christina Nugroho Ekowati, Tundjung Tripeni Handayani

Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung

* corresponding author: achmad.arifiyanto@fmipa.unila.ac.id

DOI : 10.20885/ijca.vol6.iss1.art3

ARTIKEL INFO

Diterima : 11 Oktober 2022
Direvisi : 25 November 2022
Diterbitkan : 16 Maret 2023
Kata kunci : Biji alpukat; Pati resisten; *Streptomyces* sp. AB 8

ABSTRAK

Kandungan pati yang tinggi dari limbah pertanian berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber pati resisten. Salah satu nya biji alpukat, yang belum banyak dieksplorasi dan seringkali dibuang sebagai limbah dalam konsumsi buah alpukat. Pati resisten memiliki sifat dan fungsi sebagai serat pangan dan memiliki kelebihan sebagai prebiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan fermentasi menggunakan bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dan variasi jumlah siklus pemanasan bertekanan-pendinginan dalam upaya meningkatkan pati resisten biji alpukat. Tahap penelitian terdiri dari *pretreatment* biji alpukat terlebih dahulu yang akan digunakan dengan kondisi biji yang masih baik. Selanjutnya, dilakukan fermentasi oleh *Streptomyces* sp. AB 8 diikuti tahap pemanasan bertekanan-pendinginan dengan 0, 1, 2 dan 3 siklus. Pati hasil modifikasi dianalisis kadar pati, amilosa, amilopektin, serta kadar pati resisten. Uji cerna dilakukan dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus* sp. dengan melihat zona jernih di sekitar koloni setelah 48 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan perlakuan fermentasi oleh *Streptomyces* sp. AB 8 dan pemanasan bertekanan-pendinginan mampu meningkatkan kadar pati resisten pada biji alpukat. Perlakuan fermentasi dengan 2 siklus pemanasan bertekanan-pendinginan (S1) menghasilkan kadar pati resisten terbaik yaitu sebesar 7.51%, dan memiliki indeks enzimatik paling tinggi sebesar 2.48 ± 0.45 .

ARTICLE INFO

Received : 11 October 2022
Revised : 25 November 2022
Published : 16 March 2023
Key word : Avocado seeds; resistant starch; *Streptomyces* sp. AB 8

ABSTRACT

Agricultural waste with a high starch content potentially serves as a source of resistant starch. The avocado seed has not been explored much and is often thrown away as waste in consuming avocados. Resistant starch has properties and functions as dietary fiber and has advantages as a prebiotic. This study aims to determine the effect of fermentation treatment using *Streptomyces* sp. AB 8 and variations in the number of pressure-cooling heating cycles to increase avocado seed-resistant starch. The research phase consisted of pre-treating the avocado seeds and fermentation by *Streptomyces* sp. AB 8 followed by a pressure heating-cooling stage with 0, 1, 2, and 3 cycles. Concerning modified starch, this

study also measured levels of starch, amylose, amylopectin, and resistant starch. Digestion test using *Lactobacillus* sp. by viewing the clear zone around the colonies after 48 hours to evaluate the digestibility of resistant starch. The results of this study indicate that the fermentation treatment by *Streptomyces* sp. AB 8 and pressure-cooling heating can increase the levels of resistant starch in avocado seeds. Fermentation treatment with two cycles of heating-pressure-cooling (S1) produced the best resistant starch content of 7.51% and had the highest enzymatic index of 2.48 ± 0.45 .

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) 2021 [1], produksi buah alpukat di Indonesia meningkat di setiap tahunnya. Produksi pada tahun 2020 mencapai 669.260 ton. Selaras dengan produksi buah alpukat, akan menghasilkan limbah biji yang tinggi pula, sehingga diperlukan solusi untuk memanfaatkan dan meningkatkan nilai guna limbah biji alpukat. Bagian biji merupakan sumber pati pada tumbuhan. Biji alpukat sendiri memiliki kandungan pati sebesar 23% dengan kandungan amilosa 43.3% dan amilopektin sebesar 37.7% [2]. Data di atas menunjukkan adanya kelimpahan bahan potensial untuk dikonversi menjadi pati resisten. Pati resisten termasuk sumber serat yang penting bagi kesehatan usus besar (kolon) dan memiliki kelebihan sebagai prebiotik, karena mempunyai sifat yang tidak dapat dicerna oleh saluran pencernaan manusia dan difermentasi oleh bakteri probiotik [3]. Secara alamiah kandungan pati resisten pada bahan pangan tanpa perlakuan masih rendah [4]. Pemberian perlakuan bertujuan untuk meningkatkan sifat resisten pati. Upaya untuk memperoleh hasil yang efektif dan efisien sejauh ini ditempuh melalui fermentasi, teknik pemanasan bertekanan pendinginan, atau kombinasi keduanya [5].

Pada penelitian terkait peningkatan kadar pati resisten tepung singkong, perlakuan fermentasi mampu meningkatkan hasil pati resisten sebesar 3.9%, perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan sebesar 4.6%. Sedangkan, kombinasi keduanya dengan fermentasi dan 2 siklus pemanasan bertekanan-pendinginan (*autoclaving-cooling*) kadar pati resisten mampu meningkat 3 kali jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu sebesar 12.5%[6]. Perlakuan fermentasi tidak cukup meningkatkan pati resisten, sebaliknya kombinasi pemanasan bertekanan-pendinginan dan proses fermentasi terbukti meningkatkan pati resisten. Pada perlakuan fermentasi digunakan strain bakteri *Streptomyces* AB 8 yang diperoleh pada penelitian sebelumnya [7],[8], [9].

Frekuensi pemanasan bertekanan-pendinginan yang seringkali disebut siklus pemanasan bertekanan-pendinginan [10]. Informasi terkait pengaruh siklus pemanasan bertekanan-pendinginan pada produksi pati resisten biji alpukat belum banyak tersedia. Sebagian besar perlakuan fermentasi untuk meningkatkan kandungan pati resisten berfokus pada bakteri golongan asam laktat mulai dari *pretreatment* hingga uji cernanya [11]. Berdasarkan uraian tersebut di atas penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh perlakuan fermentasi bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dan variasi jumlah siklus pemanasan bertekanan-pendinginan dalam upaya meningkatkan pati resisten biji alpukat.

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa tabung reaksi, cawan Petri, gelas ukur, Erlenmeyer, labu ukur, jarum ose, pisau, baskom, sendok, autoklaf (ALP KT-30LDP), oven (Heraeus), inkubator (Heraeus), bunsen, *hot plate*, corong, pipet tetes, neraca analitik, pipet volumetri, *bulb*, kertas saring, blender (Phillips), saringan, *shaker* inkubator, *sentrifuge*, *waterbath*, kulkas (Sharp), mortar, mikroskop, gelas objek, *cover glass*, pH meter, *biosafety cabinet*, dan spektrofotometer UV-Vis (SHIMADZU 1800).

Bahan yang digunakan yaitu biji alpukat yang dikumpulkan dari pedagang jus buah di sekitar Kampus Universitas Lampung, akuades, etanol 96 % untuk pemeriksaan standar Lab, MRS (*De Mann Rogosa Sharpe*) Agar-Merck, air, NaCl Merck 6404 PA Lab, *Starch soluble* (Difco™), K₂HPO₄ Merck, MgSO₄.7H₂O Merck, (NH₄)₂SO₄ Merck, CaCO₃ Merck, Agar (*High Gel Strength*

for Microbiology- Loba Chemie), glukosa (D-(+)-Glucose monohydrate-Sigma Aldrich- $\geq 99.0\%$, suitable for microbiology), KOH dan NaOH (Reagent grade-Merck), HCl (fuming 37% for analysis-Merck), enzim α -amilase (SAGU), enzim protease (Sigma-Aldrich P5147-1G), enzim amiloglukosidase (Massi), buffer fosfat pH 6.0 dan buffer asetat pH 4.7 (Merck), amilosa murni (from potato-Sigma), asam asetat dan asam sulfat (PA -Merck), larutan iod (sublimated Merck), KI (PA Merck), pereaksi DNS 98%(3.5-asam dinitrosalisilat-Sigma Aldrich), isolat *Streptomyces* sp. AB 8 (submitted to GeneBank MZ520629), dan isolat *Lactobacillus* sp. koleksi Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Lampung.

2.2 Prosedur Kerja

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental mengacu pada metode Setiarto *et al.*, (2018) [12] yang dimodifikasi. Penelitian ini termasuk Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal terdiri dari 3 perlakuan yaitu fermentasi oleh bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dengan 1 siklus pemanasan bertekanan- pendinginan (S1), fermentasi oleh bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dengan 2 siklus pemanasan bertekanan- pendinginan (S2), fermentasi oleh bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dengan 3 siklus pemanasan bertekanan- pendinginan (S3), dan 1 perlakuan tanpa difermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan sebagai kontrol (S0).

2.2.1 Pretreatment Biji Alpukat

Biji alpukat yang digunakan dikumpulkan dari pedagang jus buah di Bandarlampung dan sekitarnya. Kemudian kulit biji dikupas, lalu diiris dengan ketebalan ± 5 mm dan dicuci bersih. Selanjutnya direndam dalam larutan NaCl 1% selama sehari semalam. Setelah itu irisan biji dibilas dengan air bersih mengalir dan ditiriskan [12].

2.2.2 Perlakuan Fermentasi dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan untuk Produksi Pati Resisten Biji Alpukat

Fermentasi dilakukan menggunakan kultur *Streptomyces* sp. AB 8 sebanyak 1% dengan irisan biji alpukat sebanyak 200 gram pada setiap perlakuan selama 24 jam dalam *shaker incubator*. Setelah fermentasi selesai, cairan fermentasi dipisahkan. Selanjutnya irisan biji alpukat diberi perlakuan pemanasan bertekanan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit dengan rasio irisan:akuades = 1:2. Setelah diautoklaf, dilanjutkan dengan pendinginan di dalam kulkas. Proses pemanasan hingga pendinginan diulangi sebanyak 1 kali untuk 2 siklus pemanasan bertekanan-pendinginan, dan 2 kali pengulangan untuk 3 siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. Selanjutnya irisan biji alpukat dikeringkan di oven pada suhu 60°C selama 24 jam, lalu dihaluskan dengan blender dan diayak, hingga diperoleh pati biji alpukat dalam bentuk tepung [12].

2.2.3 Analisis Komposisi Kimia

Sampel pati biji alpukat dianalisis dengan metode spektrofotometri meliputi kadar amilosa, kadar amilopektin [13], dan kadar pati resisten [14] .

2.2.4 Uji Cerna Pati Resisten oleh *Lactobacillus* sp.

Pati resisten biji alpukat sebanyak 1% dari jumlah media MRSA ditambahkan sebagai substrat amilum, lalu dihomogenkan di atas *hot plate*. Kemudian dituangkan pada cawan Petri steril hingga memadat. Setelah itu, 1 ose isolat *Lactobacillus* sp. diinokulasikan pada tengah cawan Petri dengan metode titik. Kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah masa inkubasi, media disiram dengan larutan lugol selama 15 menit, kemudian dibilas dengan larutan NaCl 1M. Kemampuan cerna dari pati resisten oleh *Lactobacillus* sp. ditandai dengan adanya zona jernih disekitar koloni [15]. Selanjutnya luas zona jernih yang terlihat dihitung menggunakan persamaan 1 [16]:

$$\text{Diameter zona bening} = \frac{(D_v - D_c) + (D_h - D_c)}{2} \quad (1)$$

Keterangan:

Dv: Diameter vertikal

Dh: Diameter horizontal

Dc: Diameter koloni

Pada penentuan indeks enzimatik (IE) dihitung menggunakan persamaan 2 [17].

$$IE = \frac{(\text{diameter zona jernih} - \text{diameter koloni})}{\text{diameter koloni}} \quad (2)$$

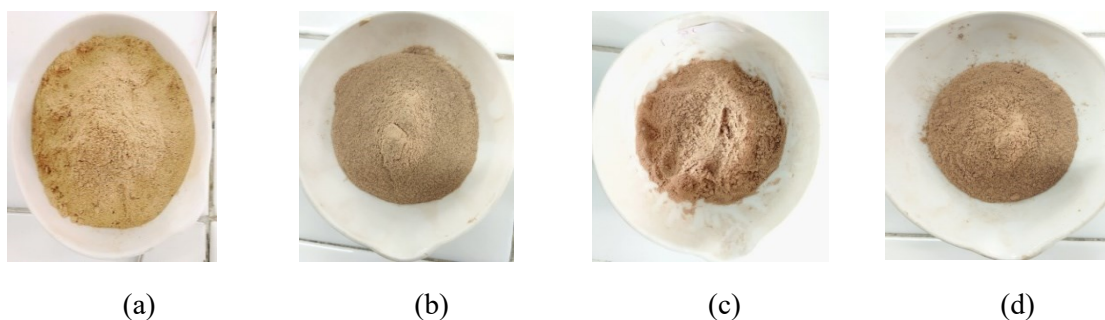
2.3 Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan ANOVA menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic 20 dengan taraf kepercayaan 5% ($P=0.05$). Apabila data diketahui berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji lanjut Duncan pada aplikasi yang sama. Serta data yang diperoleh disajikan dalam bentuk gambar dan tabel dan dibahas secara deskriptif.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Karakteristik Pati Biji Alpukat

Limbah biji alpukat yang digunakan dikumpulkan selama 5 hari dari pedagang jus buah sekitar Bandarlampung dan diperoleh sebanyak 5.5 kg. Pati resisten biji alpukat dibuat dengan fermentasi oleh *Streptomyces sp.* AB 8 dan variasi perlakuan pemanasan bertekanan-pendinginan yang ditempuh dengan pemanasan bertekanan menggunakan *autoclave* serta pendinginan pada lemari es. Hasil tepung pati resisten diperoleh sebanyak 172.56 gram. Memiliki ciri fisik berwarna cokelat dalam bentuk halus. Proses produksi pati resisten biji alpukat dapat dilihat pada Gambar 1.

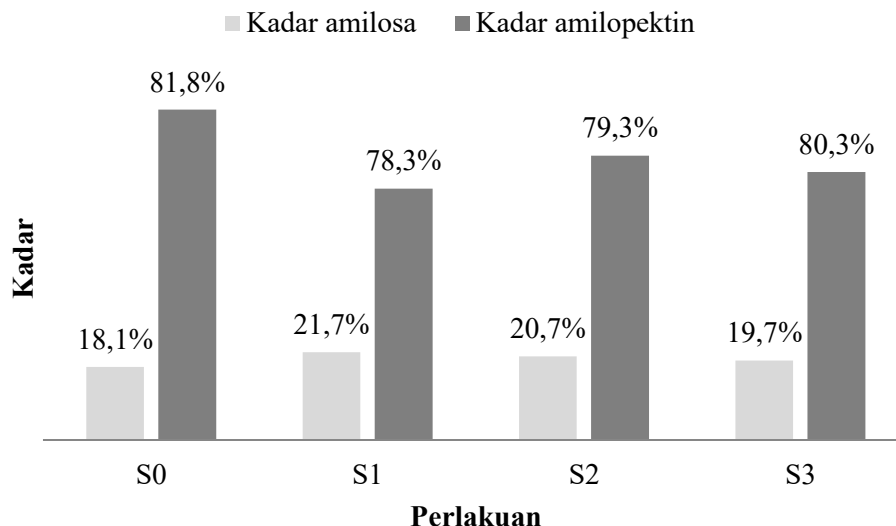


Gambar 1. Serbuk pati resisten biji alpukat setelah pemberian perlakuan a=S0, b=S1, c=S2, dan d=S3

3.2 Kadar Amilosa dan Amilopektin

Kadar amilosa dan amilopektin merupakan 2 indikator substrat utama yang diamati yang berpengaruh terhadap kadar pati resisten. Semakin tinggi kadar amilosa, maka semakin tinggi kadar pati resisten. Hal ini disebabkan karena perbedaan struktur pada amilosa dan amilopektin terhadap ketahanan enzim pencernaan. Rantai bercabang dari amilopektin memiliki sifat yang mudah sekali didegradasi oleh enzim-enzim pencernaan, sedangkan amilosa tidak mudah didegradasi oleh enzim pencernaan [4].

Perlakuan fermentasi dan pemanasan bertekanan pendinginan mampu meningkatkan kadar amilosa dan menurunkan kadar amilopektin dibandingkan dengan kontrol (Gambar 2). Pada perlakuan S1 memiliki kadar amilosa terbaik sebesar 21.73% tidak berbeda nyata terhadap perlakuan fermentasi dengan S2 dan S3 yaitu sebesar 20.7 % dan 19.7 %. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan kadar amilosa sekitar 3% dari kontrol yang semula 18.08% menjadi 21.73%. Sedangkan pada kadar amilopektin perlakuan kontrol (S0) memiliki kadar amilopektin tertinggi yaitu sebesar 81.8% tidak berbeda nyata terhadap perlakuan S3, dan berbeda nyata terhadap S1 dan S2.



Gambar 2. Pengaruh fermentasi dan jumlah siklus pemanasan bertekanan- pendinginan terhadap kadar amilosa dan amilopektin.

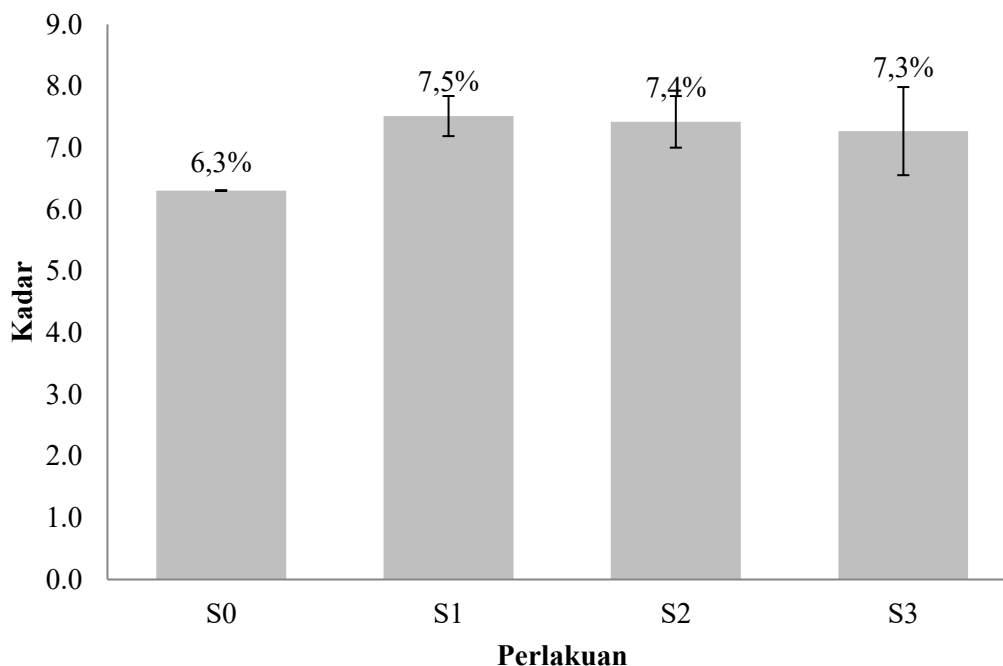
Keterangan: Huruf yang sama pada tabel menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan taraf nyata 95 %, ($\alpha= 5$ %), setelah dilakukan uji Duncan pada SPSS 20.

Secara umum kandungan amilosa pada pati sebesar 15-30% dan kandungan amilopektin sebesar 70-85%. Amilosa digolongkan menjadi empat kelompok yaitu kadar amilosa sangat rendah dengan kadar < 10 %, kadar amilosa rendah 10 - 20 %, dan kadar amilosa sedang 20 – 24 %, dan kadar amilosa tinggi > 25 % [19]. Berdasarkan hal tersebut pati biji alpukat digolongkan dalam kadar amilosa sedang.

3.3 Kadar Pati Resisten

Berdasarkan hasil kadar pati resisten pada Gambar 3 diketahui bahwa perlakuan fermentasi, pemanasan bertekanan-pendinginan berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar pati resisten. Jumlah rata-rata kadar pati resisten dengan perlakuan fermentasi pemanasan bertekanan-pendinginan berturut-turut yaitu S1 =7.51%, S2=7,42%, dan S3=7.27%. Berdasarkan hal tersebut perlakuan S1 memiliki kadar pati resisten terbaik yaitu sebesar 7.51% dibandingkan S2 dan S3, sedangkan pada kontrol (S0) kadar pati resisten sebesar 6.3%. Hal ini menunjukkan bahwa teknik kombinasi fermentasi dan pemanasan bertekanan-pendinginan dengan 1 siklus mampu meningkatkan kadar pati resisten dengan waktu yang lebih efisien untuk mempersingkat waktu pembuatan. Peningkatan kadar pati resisten terjadi akibat adanya pemutusan ikatan cabang α -1.6 amilopektin oleh enzim amilase yang dihasilkan selama fermentasi yang dilanjutkan dengan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. Hal lain yang perlu diperhatikan ialah bahwa semakin lama pemaparan perlakuan pemanasan bertekanan- pendinginan dapat menurunkan jumlah pati secara keseluruhan, termasuk kandungan pati resistennya [6]. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh kerusakan rantai pendek amilosa yang terpapar dengan durasi pemanasan bertekanan secara berulang [20]. Fakta menarik lainnya ialah bahwa kenaikan kadar amilosa berhubungan erat dengan kenaikan kadar pati resisten pada suatu bahan pangan, dampaknya dapat meningkatkan daya cerna oleh probiotik dan menurunkan daya cerna di usus manusia sehingga berpotensi menurunkan angka indeks glikemia [21][22]. Tidak mengherankan jika pada Gambar 2, perlakuan yang memiliki kadar amilosa lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, cenderung mempunyai kenaikan kadar pati resisten pada Gambar 3.

Kandungan pati resisten dalam bahan pangan digolongkan menjadi beberapa golongan yaitu kadar pati resisten < 1% sangat rendah, 1-2.5% pati resisten sedang, 5-15% pati resisten tinggi, dan >15% pati resisten sangat tinggi. Berdasarkan hal tersebut kandungan pati resisten biji alpukat tergolong dalam pati resisten yang tinggi [6].



Gambar 3. Pengaruh fermentasi dan jumlah siklus pemanasan bertekanan pendinginan terhadap kadar pati resisten, Keterangan: Huruf yang sama pada tabel menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan taraf nyata 95 %, ($\alpha= 5\%$), setelah dilakukan uji Duncan pada SPSS 20.

Proses pembentukan pati resisten terdiri dari 2 tahap yaitu gelatinasi dan retrogradasi. Pada proses gelatinisasi terjadi melalui tiga fase, yang pertama air secara perlahan dan berulang masuk ke dalam granula pati. Kondisi ini menyebabkan granula mengembang dengan cepat, sehingga kehilangan sifat *birefringence*. Fenomena ini menyebabkan gangguan kristanilitas amilosa dan struktur heliksnya. Kedua, jika suhu terus naik, molekul amilosa akan terdifusi keluar dari granula. Lalu, granula akan pecah dan terbentuk gel koloidal. Ketiga, pati tergelatinisasi akan mengkristal kembali saat dalam suhu rendah, peristiwa ini disebut retrogradasi [24].

Pada proses retrogradasi rantai polimer yang sebelumnya terpisah akan mengalami pembentukan kembali ke struktur awalnya secara perlahan membentuk struktur kompak dan kuat yang distabilkan oleh ikatan hidrogen. Selama proses fermentasi dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan, amilosa dan amilopektin mengalami hidrolisis atau pemecahan yang menghasilkan amilosa dengan rantai pendek. Amilosa rantai pendek yang terbentuk pada akhirnya memiliki bentuk kristal dengan ikatan yang lebih kuat. Ikatan tersebut tidak bisa dihidrolisis oleh enzim pencernaan yang menyebabkan pati termodifikasi tidak dapat dicerna dalam saluran pencernaan sehingga dapat disebut sebagai pati resisten [25].

3.4 Uji Cerna Pati Resisten Biji Alpukat Oleh *Lactobacillus* sp.

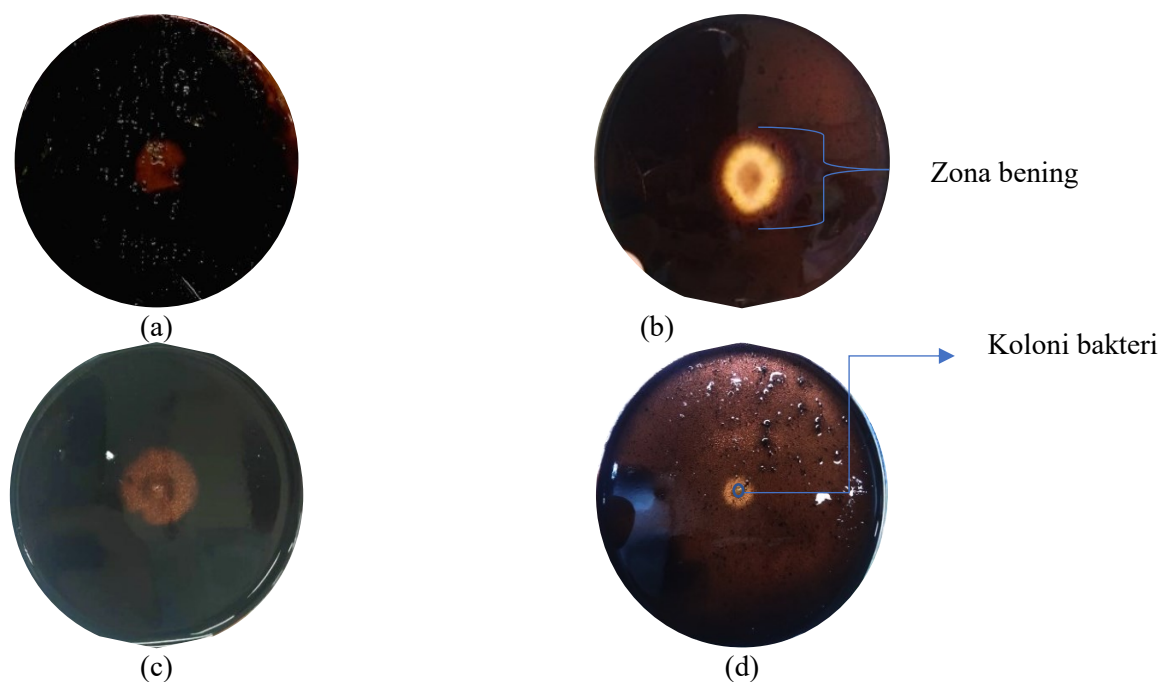
Hasil pengukuran indeks enzimatik yang disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa perlakuan S1 memiliki nilai indeks enzimatik lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 2.48 ± 0.45 berbeda nyata terhadap S0 dan S3. Semakin tinggi Indeks enzimatik dalam sampel, semakin resisten pati biji alpukat tersebut. Hal ini sesuai dengan kandungan kadar pati resisten pada perlakuan S1 dengan kadar pati resisten yang paling tinggi. Berdasarkan hal tersebut bakteri *Lactobacillus* sp. mampu memanfaatkan pati resisten biji alpukat sebagai substrat. Berikut ini tabel uji cerna pati resisten biji alpukat oleh *Lactobacillus* sp. Untuk mengetahui uji cerna pati resisten biji alpukat digunakan bakteri *Lactobacillus* sp. sebagai salah satu bakteri probiotik yang terdapat dalam usus [26]. Pati resisten yang bersifat sulit dicerna oleh enzim pencernaan dalam usus halus dan dimanfaatkan oleh bakteri probiotik sebagai substrat sehingga dapat lolos dalam usus besar [27]. Pati resisten biji alpukat digunakan sebagai substrat pada uji cerna, dengan indikasi terbentuknya zona jernih di sekitar koloni. *Lactobacillus* sp. akan memproduksi enzim amilase dari

dalam sel dan kemudian dikeluarkan ke substrat di sekitarnya [28]. Enzim amilase akan menghidrolisis amilosa, molekul amilum, menjadi senyawa sederhana seperti maltosa, glukosa, dekstrin sehingga terbentuk zona jernih di sekitar koloni setelah ditetesi larutan lugol iodin [29]. Hasil hidrolisis akan diserap kembali oleh sel bakteri untuk tumbuh, berkembang biak, sumber energi, dan cadangan makanan. Sedangkan daerah di sekitar zona jernih menunjukkan berwarna biru keunguan karena larutan *lugol's iodine* akan bereaksi dengan pati yang tidak dapat dihidrolisis [7].

TABEL I. Indeks enzimatik uji cerna oleh *Lactobacillus* sp.

Perlakuan	Indeks Enzimatik
S0	0.36 ± 0.62^a
S1	2.48 ± 0.45^b
S2	1.65 ± 0.37^b
S3	0.49 ± 0.58^a

Keterangan: Huruf yang sama pada tabel menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dengan taraf nyata 95 %, ($\alpha=5\%$), setelah dilakukan uji Duncan pada SPSS 20. Berbeda nyata (b), tidak berbeda nyata (a).



Gambar 4. Uji cerna pati resisten biji alpukat dengan perlakuan a=S0, b=S1, c=S2, d=S3

Pati resisten memiliki sifat fungsional untuk kesehatan bagi yang mengkonsumsinya. Manfaat pati resisten yaitu memiliki efek prebiotik karena bersifat tahan terhadap proses pencernaan di usus halus yang kemudian dimanfaatkan oleh mikroba probiotik. Selain itu, pati resisten juga mampu menurunkan penyerapan gula darah. Hal ini karena enzim pencernaan baik protease, amilase, dan amiloglukosidase tidak mampu mencerna pati resisten yang dihasilkan, sehingga kalori yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan pati biasa saat dicerna [31][32]. Pada penderita diabetes pati resisten dapat dijadikan sebagai asupan diet alami [33] [4]. Pasien diabetes yang mengonsumsi pati resisten dilaporkan mampu meningkatkan populasi bakteri baik di usus dan mengendalikan metabolit yang tidak diperlukan bagi tubuh. Konsumsi pati resisten mampu

mengendalikan metabolisme gula tubuh sehingga menjamin kesehatan ibu hamil penderita diabetes dan bayi yang dikandungnya [34].

4. KESIMPULAN

Perlakuan kombinasi fermentasi menggunakan bakteri *Streptomyces* sp. AB 8 dengan pemanasan bertekanan- pendinginan menunjukkan adanya peningkatan terhadap kadar pati, kadar amilosa, dan kadar pati resisten dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan) pada produksi pati resisten berbahan dasar biji alpukat. Kadar amilosa dan kadar pati resisten tertinggi diperoleh pada perlakuan S1 dengan kadar amilosa sebesar 21.73% dan kadar pati resisten sebesar 7.51%, serta indeks enzimatik 2.48 ± 0.45 . Uji cerna menggunakan bakteri *Lactobacillus* sp., menunjukkan bahwa modifikasi pati resisten dari biji alpukat dapat dicerna oleh bakteri probiotik usus.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik (BPS), "Produksi Tanaman Buah-buahan 2021," 2021. .
- [2] Maryam, A. Kasim, and Andalas, "Utilization Starch of Avocado Seed (*Persea Americana* Mill.) as a Raw Material for Dextrin," no. March 2018, 2016, doi: 10.17265/2159-5828/2016.01.005.
- [3] A. Bojarczuk, S. Skąpska, A. Mousavi Khaneghah, and K. Marszałek, "Health benefits of resistant starch: A review of the literature," *J. Funct. Foods*, vol. 93, p. 105094, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105094>.
- [4] M. Masrukan, "Potensi Modifikasi Pati Dengan Esterifikasi Sebagai Prebiotik," *Agrotech J. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–14, 2020, doi: 10.37631/agrotech.v3i1.174.
- [5] J. dan R. A. A. Winarti, Sri., "Karakteristik dan Aaktivitas Prebiotik Pati Resisten dari Tepung Umbi Uwi (*Dioscorea alata*) Termodifikasi Characteristics and Prebiotics Activity of Resistent Starch from Modified Yam Flour (*Dioscorea alata*)," *J. Teknol. Pangan*, vol. 13, no. 2, pp. 53–67, 2019.
- [6] R. H. B. Setiarto and N. Widhyastuti, "Peningkatan Kadar Pati Resisten Tipe III Tepung Singkong Termodifikasi Melalui Fermentasi dan Pemanasan Bertekanan-Pendinginan," *BIOPROPAL Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–23, 2018.
- [7] R. C. N. Hutagalung, C. N. Ekowati, S. Farisi, Sumardi, and A. Arifiyanto, "Kajian Daya Hambat Ekstrak Antibakteri Dari Isolat Actinomycetes Terhadap Vibrio Sp. Resisten Ampisilin Dan Tetrasiklin," *Sribios Sriwij. Biosci.*, vol. 2, no. 1, pp. 29–33, 2021.
- [8] A. Arifiyanto, E. Setyaningrum, N. Nukmal, and T. N. Aeny, "Short communication: In vitro antimicrobial and antimalarial screening of a crude extract of streptomyces sp. ab8 isolated from lapindo mud volcano area, Sidoarjo, Indonesia," *Biodiversitas*, vol. 22, no. 7, pp. 2817–2823, 2021, doi: 10.13057/biodiv/d220731.
- [9] A. Arifiyanto, T. Surtiningsih, Ni'matuzahroh, Fatimah, D. Agustina, and N. H. Alami, "Antimicrobial activity of biosurfactants produced by actinomycetes isolated from rhizosphere of Sidoarjo mud region," *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 2020, doi: 10.1016/j.cbab.2020.101513.
- [10] S. Wang, C. Li, L. Copeland, Q. Niu, and S. Wang, "Starch Retrogradation: A Comprehensive Review," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 14, no. 5, pp. 568–585, 2015, doi: 10.1111/1541-4337.12143.
- [11] Y. Ge *et al.*, "Effect of Natural Fermentation of Sorghum on Resistant Starch Molecular Structure and Fermentation Property," *J. Chem.*, vol. 2020, p. 9835214, 2020, doi: 10.1155/2020/9835214.
- [12] R. H. B. Setiarto, N. Widhyastuti, and D. Setiadi, "Peningkatan Pati Resisten Tepung Sorgum Termodifikasi Melalui Fermentasi dan Siklus Pemanasan Bertekanan-Pendinginan (Improvement Resistent Starch from Modified Sorghum Flour by Using Fermentation and Autoclaving-Cooling Cycling)," *J. Ilmu Pertan. Indones.*, vol. 23, no. April, pp. 10–20, 2018, doi: 10.18343/jipi.23.1.10.
- [13] S. R. R. Pertiwi, N. Novidahlia, M. Mustofa, and Aminullah, "Karakteristik Fisikokimia Tepung Campolay(*Pouteria Campechiana*)Termodifikasi Secara Fisik Dan Biologi," *J. Agroteknologi*, vol. 16, no. 01, pp. 1–14, 2022.
- [14] A. T. Haryani, S. Andini, and S. Hartini, "Kadar Gizi, Pati Resisten, dan Indeks Glikemik Biskuit Gandum Utuh (*Triticum aestivum* L) Varietas DWR-162," *J. Teknol. Pangan dan Has. Pertan.*, vol. 12, no. 1, pp.

- 1–12, 2014.
- [15] S. Sumardi, V. Qatrunada, S. Farisi, A. Arifiyanto, and C. N. Ekowati, “Aktivitas Enzim Hidrolase pada Penapisan Isolat Actinomycetes Kandidat Probiotik,” *BIOMA J. Biol. dan Pembelajaran Biol.*, vol. 6, no. 1, pp. 24–36, 2021, doi: 10.32528/bioma.v6i1.3548.
- [16] M. H. Seko, A. C. Sabuna, and J. Ngginak, “Ekstrak Etanol Daun Ajeran Sebagai Antibakteri Terhadap Staphylococcus Aureus,” *JBIO J. BIOSAINS (J. Biosci.)*, vol. 7, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [17] E. Rosa, C. N. Ekowati, T. Handayani, A. Ikhsanudin, F. Apriliani, and A. Arifiyanto, “Characterization of entomopathogenic fungi as a natural biological control of American cockroaches (*Periplaneta americana*),” vol. 21, no. 11, 2020, doi: 10.13057/biodiv/d211131.
- [18] R. H. Bimo, “Produksi Tepung Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) Kaya Pati Resisten Melalui Fermentasi Bakteri Asam Laktat dan Pemanasan Production of Yam (*Dioscorea hispida* Dennst) Flour which Rich Resistant Starch by Using Lactic Acid Bacteria Fermentation and,” 2017.
- [19] G. Aliawati, “Teknik Analisis Kadar Amilosa Dalam Beras Buletin Teknik Pertanian,” *Bul. Tek. Pertan.*, vol. 8, no. 2, pp. 82–84, 2003.
- [20] P. Haryanti, R. Setyawati, and R. Wicaksono, “Effect of temperature and time of heating of starch and butanol concentration on the physicochemical,” *Agritech*, vol. 34, no. 3, pp. 308–315, 2014.
- [21] B. M. J. Martens, W. J. J. Gerrits, E. M. A. M. Bruininx, and H. A. Schols, “Amylopectin structure and crystallinity explains variation in digestion kinetics of starches across botanic sources in an in vitro pig model,” *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, vol. 9, no. 1, p. 91, 2018, doi: 10.1186/s40104-018-0303-8.
- [22] K. Srikaeo and J. Sangkhiaw, “Effects of amylose and resistant starch on glycaemic index of rice noodles,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 59, no. 2, Part 1, pp. 1129 – 1135, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.012>.
- [23] S.-C. F. Goñi L, García-Diaz L, Mañas E, “Analysis of Resistant Starch : A Method for Food and Food Products. Elsevier Science Ltd,” *Elsevier Sci. Ltd*, vol. 56, no. 4, pp. 445–449, 1996.
- [24] K. Nurhayati, Jenie BSL, Widowati S and HD, “Komposisi Kimia dan Kristalinitas Tepung Pisang Termodifikasi Secara Fermentasi Spontan dan Siklus Pemanasan Bertekanan_Pendinginan,” *Agritech*, vol. 34, no. 2, pp. 146–150, 2014.
- [25] P. Lapu and I. Telussa, “Analyzed The Resistent Starch Content Of Some Types Of Sago Starch In Embarassment With Heating Temperature Variations,” *Ind. J. Chem. Res*, vol. 1, pp. 6–14, 2013.
- [26] J. Missaoui, D. Saidane, R. Mzoughi, and F. Minervini, “Fermented Seeds (‘Zgougou’) from Aleppo Pine as a Novel Source of Potentially Probiotic Lactic Acid Bacteria.,” *Microorganisms*, vol. 7, no. 12, Dec. 2019, doi: 10.3390/microorganisms7120709.
- [27] H. Busman, R. P. Lestari, E. Rosa, and A. Arifiyanto, “Kersen (*Muntingia calabura* L.) Ethanol Extract Repairs Pancreatic Cell Damage, Total Coliforms, and Lactic Acid Bacteria in Hyperglycemic Mice,” *J. Pure Appl. Microbiol.*, vol. 16, no. 3, pp. 1943–1952, 2022, doi: 10.22207/JPAM.16.3.41.
- [28] W. Wardiyah, T. P. Maulana, and U. Safrina, “Review Article: The Effectiveness of Avocado Seed Starch (*Persea Americana* Mill) As An Excipients in Tablets Formulation,” *SANITAS J. Teknol. dan Seni Kesehatan*, vol. 12, no. 2, pp. 159–171, 2021, doi: 10.36525/sanitas.2021.15.
- [29] E. Belay and M. Teshome, “Production of Bacterial Amylase and Evaluation for Starch Hydrolysis,” *Int. J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 6, no. 2, p. 34, 2021, doi: 10.11648/j.ijmb.20210602.12.
- [30] L. R. Silitonga and I. Effendi, “Isolation , Identification and Sensitivity of Amilolitic Bacteria From Mangrove Ecosystem Sediment In Purnama Marine Station Dumai On The Pathogenic,” *Asian J. Aquat. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 257–266, 2019.
- [31] S. Strozyk, A. Rogowicz-Frontczak, S. Pilacinski, J. LeThanh-Blicharz, A. Koperska, and D. Zozulinska-Ziolkiewicz, “Influence of resistant starch resulting from the cooling of rice on postprandial glycemia in type 1 diabetes,” *Nutr. Diabetes*, vol. 12, no. 1, p. 21, 2022, doi: 10.1038/s41387-022-00196-1.
- [32] Y. Wang, J.-P. Ral, L. Saulnier, and K. Kansou, “How Does Starch Structure Impact Amylolysis? Review of Current Strategies for Starch Digestibility Study,” *Foods*, vol. 11, no. 9. 2022, doi: 10.3390/foods11091223.

- [33] A. A. Rashed, F. Saporuddin, D.-N. G. Rathi, N. N. M. Nasir, and E. F. Lokman, "Effects of Resistant Starch Interventions on Metabolic Biomarkers in Pre-Diabetes and Diabetes Adults.," *Front. Nutr.*, vol. 8, p. 793414, 2021, doi: 10.3389/fnut.2021.793414.
- [34] C. Latino, E. J. Gianatti, S. Mehta, J. Lo, A. Devine, and C. Christophersen, "Does a high dietary intake of resistant starch affect glycaemic control and alter the gut microbiome in women with gestational diabetes? A randomised control trial protocol," *BMC Pregnancy Childbirth*, vol. 22, no. 1, p. 46, 2022, doi: 10.1186/s12884-021-04366-4.



Jurnal IJCA is licensed under a Creative Commons Attribution ShareAlike 4.0