

# Profil gelatinisasi, karakteristik mikrobiologi dan sifat fungsional pati jagung ketan terfermentasi

*[Gelatinization profile, microbiological characteristics and functional properties of fermented waxy corn starch]*

Suryani Une<sup>1\*</sup>, Rizky Killa<sup>1</sup>, Lisna Ahmad<sup>1</sup>, Zainudin Antuli<sup>1</sup>, Husain Panggi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Ilmu dan Teknologi pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Ing. B.J. Habibie Moutong, Provinsi Gorontalo

\* Email korespondensi : [suryani.une@ung.ac.id](mailto:suryani.une@ung.ac.id)

Diterima : 21 Desember 2022, Disetujui : 1 Juni 2023, DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jthp.v28i2.99-109>

## ABSTRACT

*Waxy corn is a corn variety that has high productivity and is widely farmed in Gorontalo Province. However, so far its utilization is still very limited to corn cobs. Waxy corn starch is a waxy corn derivative that has the potential to be developed. Fermentation is a simple method to improve the functional properties of waxy corn starch. The aim of this study was to determine the characteristics of waxy corn starch fermented under different conditions and durations. A completely randomized factorial design consisting of two treatment factors, namely fermentation conditions (aerobic and anaerobic) and fermentation time (3, 6, and 9 days), was used as the research method. The results indicated that during the fermentation process, there were changes in the numbers of lactic acid bacteria, molds, and yeasts. Based on the gelatinization profile, the waxy corn starch produced was resistant to agitation and high temperatures, and its retrogradation properties tended to decrease. Treatment with different fermentation conditions also affected the functional properties of waxy corn starch, namely, increased solubility, swelling power, and acidity (decreased pH).*

*Keywords: aerobic, anaerobic, fermentation, starch, waxy corn [AJU1]*

## ABSTRAK

Salah satu varietas jagung yang cukup tinggi produktivitasnya dan dibudidayakan secara luas di Provinsi Gorontalo adalah jagung ketan, namun selama ini pemanfaatannya masih sangat terbatas pada jagung tongkol. Produk turunan jagung ketan yang memiliki potensi untuk dikembangkan salah satunya adalah pati jagung ketan. Untuk meningkatkan sifat fungsional pati jagung ketan, salah satu metode sederhana yang dapat dilakukan adalah dengan fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pati jagung ketan yang difermentasi pada kondisi dan lama fermentasi yang berbeda. Rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan yaitu kondisi fermentasi (aerob dan anaerob) dan waktu fermentasi (3, 6, dan 9 hari) digunakan sebagai metode penelitian. Hasil penelitian menunjukkan selama proses fermentasi berlangsung, terjadi perubahan jumlah sel bakteri asam laktat, kapang dan khamir. Berdasarkan profil gelatinisasinya, pati jagung ketan yang dihasilkan memiliki sifat yang resisten terhadap proses agitasi dan suhu tinggi serta kecenderungan penurunan sifat retrogradasinya. Perlakuan kondisi fermentasi yang berbeda turut mempengaruhi sifat fungsional pati jagung ketan yaitu peningkatan kelarutan dan daya kembang serta tingkat keasaman (penurunan pH).

Kata kunci : aerob, anaerob, fermentasi, pati, jagung ketan

## Pendahuluan

Jagung ketan merupakan satu dari beberapa varietas jagung yang dibudidayakan oleh masyarakat di Indonesia khususnya di Provinsi Gorontalo. Produktivitas jagung di Provinsi Gorontalo terus meningkat dari tahun ke tahun. Data Dinas Pertanian Provinsi Gorontalo mengacu pada Badan Pusat Statistik (BPS) 2021, total produksi jagung sepanjang 2018 mencapai 78.480 ton dan pada tahun 2020 produksi jagung mencapai 1,8 juta ton dan dari data tersebut sebanyak 4 % adalah produksi jagung ketan. Pengolahan jagung ketan menjadi pati di Indonesia masih cukup rendah disebabkan karena jagung ketan termasuk varietas jagung yang memiliki produktivitas rendah, rentan serangan hama serta umur simpan pendek.. Berdasarkan data produksi jagung ketan di Provinsi Gorontalo, diversifikasi olahan jagung ketan menjadi pati jagung ketan berpotensi untuk dikembangkan.

Pengolahan pati jagung ketan tidak hanya bertujuan untuk diversifikasi olahan namun diharapkan dapat meningkatkan sifat fungsionalnya. Fermentasi merupakan salah satu metode sederhana yang dapat meningkatkan sifat fungsional pati jagung ketan. Fermentasi pati jagung ketan dapat dilakukan secara spontan dengan cara perendaman dalam air selama selang waktu tertentu. Pada proses ini mikroorganisme alami berperan dalam pembuatan pati terutama pada pemutusan rantai amilosa dan amilopektinnya. Mikroorganisme penting yang ditemukan selama proses fermentasi alami diantaranya adalah bakteri asam laktat (BAL). Enzim amilase ekstra selular yang dihasilkan oleh bakteri ini akan merombak pati menjadi asam laktat. Nurin et al. (2017), mengatakan bahwa fermentasi gula dan hidrolisis enzimatis pati merupakan hasil dari proses kerja BAL menjadi asam laktat. BAL digolongkan sebagai mikroorganisme non toksik sehingga aman dan dapat digunakan dalam bahan pangan.

Pertumbuhan BAL dan mikroorganisme lainnya pada proses fermentasi jagung ketan menjadi pati dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya lama fermentasi dan kondisi proses fermentasi itu sendiri. Fermentasi dalam kondisi aerob dan anerob mempengaruhi proses pertumbuhan BAL. BAL diketahui merupakan mikroorganisme gram positif yang memiliki karakteristik berbentuk batang, bersifat anaerob fakultatif, optimum tumbuh pada suhu  $\pm 40^{\circ}\text{C}$  dan tidak membentuk spora. Menurut Ogodo et al. (2019), BAL mampu meningkatkan kualitas gizi dan daya cerna pati/protein tepung sorgum secara *in vitro* sehingga berpotensi dalam fortifikasi pangan oleh industri pangan. Ahmad et al. (2022) melaporkan bahwa proses fermentasi spontan mengubah komposisi pati jagung ketan dan beberapa sifatnya seperti kelarutan, daya kembang, kapasitas penyerapan air serta profil gelatinisasinya.

Penelitian tentang fermentasi jagung dalam bentuk tepung dan pati telah dilakukan sebelumnya (Aini et al., 2010; Dewanti-Hariyadi et al., 2013; Farasara et al., 2014; Zeng et al., 2011). Namun, pengaruh proses fermentasi dengan kondisi dan waktu yang berbeda pada pati jagung ketan belum banyak dilakukan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pati jagung ketan yang difermentasi pada kondisi dan lama fermentasi berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai profil gelatinisasi, karakteristik mikrobiologi dan fungsional pati jagung ketan, sehingga potensi pengembangan pati jagung ketan dapat lebih luas.

## **Bahan dan metode**

### ***Bahan dan alat***

Jagung ketan sebagai bahan utama dalam penelitian ini adalah jagung ketan kering yang dipanen pada umur  $\pm 3$  bulan dan diperoleh dari petani jagung ketan di Kabupaten Gorontalo. Bahan lain yang digunakan adalah aquades, MRS Agar untuk media BAL (Oxoid, Ltd), media DRBC untuk kapang dari Merck, PDA (*potato dextrose agar*) dari Merck, NaOH (Merck), pepton (Merck).

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan, *disk mill* (Kubota, Indonesia), *autoclave* (Tomy SX-500), inkubator (Jisico, Korea), oven pengering (Mettler, Germany), *Waterbath* (Jisico, J-IWB2), *Sentrifuge* (Thermo Scientific Heraeus Megafuge 8RQ), *Magnetic Stirrer* (MSH 300i), RVA (*Newport Scientific Instrument*, Australia), pH meter (Thermo Fischer Scientific), *vortex mixer* (Thermo Scientific 88882010) dan timbangan analitik (Ohaus, PA224).

### ***Metode penelitian***

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dua faktor dengan faktor perlakuan kondisi fermentasi (aerob dan anaerob) dan lama fermentasi (0, 3, 6 dan 9 hari), dengan ulangan sebanyak 3 kali. Data dianalisis dengan analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Uji lanjut dengan Duncan Multiple Range Test dilakukan jika terdapat perbedaan nyata antar perlakuan.

## **Pelaksanaan penelitian**

### **(1) Pembuatan jagung ketan**

Jagung ketan dibersihkan dan dicuci kemudian digiling untuk mendapatkan grits jagung. Pada tahapan ini grits jagung dipisahkan dari lembaganya kemudian dicuci kembali. Grits jagung dikeringkan selama 3 hari di bawah sinar matahari dan selanjutnya digiling kemudian diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh. Tepung jagung ketan kemudian ditimbang, dikemas dalam plastik dan disimpan sampai waktunya digunakan.

### **(2) Pembuatan pati jagung ketan fermentasi**

Pembuatan pati jagung ketan fermentasi mengacu pada metode Ahmad et al. (2022), dengan modifikasi. 500 gram tepung jagung ketan direndam dalam 500 ml larutan NaOH 1 M (1% b/v) selama 12 jam pada suhu 2 - 4°C. Selanjutnya suspensi tepung ketan disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit pada suhu 25°C. Endapan yang diperoleh dicuci dengan aquades sebanyak 3 kali dan dikeringkan selama 12 jam pada suhu 50°C. Pati jagung yang telah kering selanjutnya diayak dengan ukuran 80 mesh. Pati jagung yang diperoleh kemudian difermentasi spontan dengan cara merendam pati dalam air dengan perbandingan 1:3 dan suhu diatur 37°C pada dua kondisi yang berbeda aerob dan anaerob. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke 0, 3, 6 dan 9.

## **Parameter penelitian**

### **(1) Profil gelatinisasi dengan *Rapid Visco Analyzer* (Hong et al., 2022)**

Profil gelatinisasi pati jagung dianalisis dengan *Rapid Visco Analyzer* (RVA). Sampel sebanyak 3 gram yang telah diketahui kadar airnya ( $\pm 14\%$ ) dilarutkan dengan 25 gram aquades. Sampel kemudian diaduk secara konstan selama dilakukan siklus pemanasan dan pendinginan. Selanjutnya sampel dipanaskan dengan suhu 50°C dan dipertahankan selama 1 menit. Pemanasan dilanjutkan sampai mencapai suhu 95°C dengan kecepatan peningkatan suhu 6°C/menit dan dipertahankan selama 5 menit. Hasil pengukuran dengan RVA dinyatakan dengan nilai *peak viscosity* (PV), *hot paste viscosity* (HPV), *setback*, *breakdown* dan *pasting temperature* (PT).

### **(2) Karakteristik mikrobiologi pati jagung ketan**

Karakteristik mikrobiologi pati jagung ketan dianalisis jumlah total BAL dan total khamir dan kapangnya. Total BAL serta jumlah khamir dan kapang pati jagung ketan dianalisis dengan metode cawan total (*total plate count*) menggunakan media selektif MRS agar (BAL), media DRBC (Kapang) dan PDA (khamir) yang mengacu pada metode Barus et al. (2019) untuk BAL dan Lestari & Rahmawati (2019) untuk kapang dan khamir dengan modifikasi.

### **(3) Sifat fungsional pati jagung ketan (kelarutan dan daya kembang)**

Nilai Kelarutan dan daya kembang pati jagung ketan ditentukan dengan mengacu pada metode yang digunakan Hong et al. (2022) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 1 gram sampel dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse dan ditambahkan 49 ml aquades kemudian dimasukkan ke dalam waterbath dan diaduk pada suhu 90°C selama 30 menit. Suspensi pati jagung ketan kemudian didinginkan pada suhu ruang dan disentrifuse pada 1509.3 x g selama 15 menit untuk mendapatkan supernatannya. Supernatan yang diperoleh kemudian dikeringkan menggunakan oven pengering pada suhu 105°C sampai diperoleh berat yang seimbang. Kelarutan dihitung sebagai persentase berat padatan kering dibagi berat kering awal sampel, sedangkan *daya kembang* dihitung berdasarkan perbandingan berat pati basah dengan berat awal pati kering. Kelarutan dan *daya kembang* dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Kelarutan} = \frac{B}{M} \times 100\%$$

$$\text{Swelling power} = \frac{C}{M \times (100 - S)} \times 100\%$$

Keterangan : B = berat pati kering dalam g; M = berat awal sampel dalam g; C = berat pati basah dalam g

#### (4) pH (AACC, 2000)

Pengukuran nilai pH pati jagung ketan menggunakan pH meter digital. Sebelum digunakan dilakukan kalibrasi terhadap pH meter menggunakan buffer pH 4 dan 7. Setelah itu dilakukan pengukuran pH sampel dengan cara melarutkan sampel dalam air 100 ml.

## Hasil dan pembahasan

### Profil gelatinisasi

Analisis profil gelatinisasi pati jagung ketan dilakukan sebelum maupun sesudah difermentasi. Hasil analisis profil gelatinisasi pati jagung ketan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Profil gelatinisasi pati jagung ketan dengan kondisi dan lama fermentasi yang berbeda

Perlakuan	Profil Gelatinisasi						
	Lama Fermentasi (hari)	PV (cP)	HPV (cP)	BD (cP)	CPV (cP)	SB (cP)	PT (°C)
Kontrol		2897 <sup>c</sup> ± 21,93	1340 <sup>c</sup> ± 19,52	1539 <sup>c</sup> ± 5,2	2050 <sup>c</sup> ± 19,08	710 <sup>c</sup> ± 24,52	75,3 <sup>a</sup> ± 0,01
Aerob	3	4467 <sup>a</sup> ± 55,05	1688 <sup>a</sup> ± 24,02	2779 <sup>a</sup> ± 16,09	2563 <sup>a</sup> ± 16,7	875 <sup>a</sup> ± 10,58	76,5 <sup>b</sup> ± 0,27
	6	4121 <sup>ab</sup> ± 59,02	1644 <sup>ab</sup> ± 20,88	2477 <sup>ab</sup> ± 23,52	2398 <sup>ab</sup> ± 8,19	754 <sup>ab</sup> ± 11	75,7 <sup>a</sup> ± 0,05
	9	4281 <sup>b</sup> ± 50,39	1561 <sup>b</sup> ± 30,81	2720 <sup>b</sup> ± 13,89	2302 <sup>b</sup> ± 8,19	741 <sup>b</sup> ± 25,24	76,15 <sup>b</sup> ± 0,13
Anaerob	3	4436 <sup>a</sup> ± 18,52	1678 <sup>a</sup> ± 11,53	2758 <sup>a</sup> ± 22,91	2664 <sup>a</sup> ± 12,77	986 <sup>a</sup> ± 11,53	75,7 <sup>a</sup> ± 0,1
	6	4444 <sup>ab</sup> ± 16,37	1653 <sup>ab</sup> ± 11,36	2791 <sup>ab</sup> ± 12,12	2504 <sup>ab</sup> ± 15,62	851 <sup>ab</sup> ± 16,52	76,45 <sup>b</sup> ± 0,12
	9	4264 <sup>b</sup> ± 17	1576 <sup>b</sup> ± 22,11	2688 <sup>b</sup> ± 21,28	2358 <sup>b</sup> ± 14	782 <sup>b</sup> ± 15,87	76,05 <sup>b</sup> ± 0,01

PV : *Peak viscosity* (viskositas puncak; cP)

HPV : *High Peak Viscosity* (viskositas pada suhu 95°C setelah 5 menit; cP)

BD : *Breakdown* (Perubahan viskositas selama pemanasan; cP)

CPV : *Cold Peak Viscosity* (Viskositas pada suhu 50°C setelah 5 menit; cP)

SB : *Setback* (perubahan viskositas selama pendinginan; cP)

Proses fermentasi pati jagung ketan menyebabkan terjadinya beberapa perubahan terhadap profil gelatinisasi. Hasil analisis profil gelatinisasi pati jagung ketan pada tabel 1 terlihat bahwa terjadi peningkatan nilai viskositas puncak, *breakdown*, *setback* dan suhu awal gelatinisasi pada pati setelah proses fermentasi aerob maupun anaerob. Perlakuan lama fermentasi dan kondisi fermentasi yang berbeda mempengaruhi profil gelatinisasi pati jagung ketan yang dihasilkan secara nyata.

Viskositas puncak menggambarkan keadaan granula pati ketika tergelatinisasi dan mencapai pengembangan tertinggi yang kemudian pecah. Selama fermentasi, viskositas puncak pati jagung ketan pada dua kondisi yang berbeda lebih tinggi dibandingkan pati alami. Namun seiring dengan lamanya fermentasi, terjadi penurunan viskositas puncak. Fermentasi pati jagung ketan pada dua kondisi yang berbeda memperlihatkan peningkatan viskositas puncak pada awal waktu fermentasi (hari ke 1 sampai ke 3) dan mengalami penurunan secara bertahap seiring makin lamanya proses fermentasi (hari ke 4 sampai ke 9). Hasil yang sama ditunjukkan pada penelitian Hong et al. (2022) yang memfermentasi pati gandum dengan *Bifidobacterium*. Namun hasil ini berbeda dengan penelitian Ahmad et al. (2022) yang menunjukkan peningkatan viskositas puncak pada pati jagung ketan yang difermentasi selama 21 hari. Peningkatan viskositas puncak pada awal fermentasi pati jagung ketan berhubungan dengan tingginya kandungan amilopektin, dan seiring lamanya waktu fermentasi mengalami penurunan viskositas disebabkan makin banyaknya amilopektin yang putus akibat kerja asam dan enzim dari mikroorganisme. Viskositas puncak yang tinggi berkaitan dengan kemampuan amilopektin menyerap dan menahan air yang menyebabkan naiknya viskositas pasta (Li et al., 2017). Viskositas puncak menunjukkan kemampuan

pati dalam mengikat air, dan hal ini umumnya tergantung pada kelarutan dan kemampuan pati menahan air serta struktur komponen lain dalam bahan pangan (Jorge et al., 2018).

*Breakdown* (BD) merupakan penurunan viskositas selama pemasakan yang menunjukkan kestabilan pasta saat dipanaskan, sehingga makin rendah nilai BD makin stabil pasta yang dihasilkan. Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai BD pati jagung ketan pada kedua kondisi fermentasi, mengalami penurunan selama masa fermentasi. Hal ini dapat diartikan bahwa perlakuan fermentasi dapat menurunkan nilai BD pati jagung ketan sehingga dapat meningkatkan kestabilan pastanya saat dipanaskan. Nilai BD diperoleh akibat rusaknya granula pati karena proses gelatinisasi. Mirip dengan viskositas puncak, nilai BD dipengaruhi oleh jumlah struktur halus amilopektin. Penurunan nilai BD pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Park et al. (2020) dan Oyeyinka et al. (2020) menyatakan bahwa penurunan viskositas BD meningkatkan stabilitas pati umbi singkong terfermentasi dan tepung beras terfermentasi. Pati dengan nilai BD seperti ini sesuai untuk digunakan pada produk pudding atau produk-produk yang dimasak pada suhu tinggi.

Perubahan viskositas gel pati selama pendinginan dikenal sebagai nilai *Setback* (SB). Makin tinggi nilai SB maka kecenderungan pati membentuk gel saat pendinginan makin tinggi yang berarti pati mudah mengalami retrogradasi. Nilai SB menunjukkan kemampuan amilosa untuk membentuk gel selama proses pendinginan pasta pati dan juga derajat retrogradasinya (Hong et al., 2022). Pada tabel 3 terlihat bahwa nilai SB pati jagung ketan terfermentasi pada dua kondisi berbeda lebih tinggi dibandingkan pati jagung ketan tanpa fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi meningkatkan kecenderungan pati jagung ketan untuk mengalami retrogradasi. Namun, seiring waktu fermentasi nilai SB pada kedua kondisi fermentasi mengalami penurunan. Berdasarkan hal tersebut maka perlakuan lama fermentasi pati jagung ketan dapat menurunkan kecenderungannya untuk mengalami retrogradasi. Perubahan viskositas saat pendinginan terutama disebabkan terjadinya reasosiasi amilosa dan nilai SB yang rendah menunjukkan bahwa laju retrogradasinya juga rendah (Putri et al., 2022). Beberapa penelitian lainnya juga memperlihatkan hasil yang sama yaitu proses fermentasi menurunkan nilai SB pada pati barley dan gandum (AL-Ansi et al., 2021; Zhao et al., 2019).

Suhu awal gelatinisasi menunjukkan suhu dimana penyerapan air mulai terjadi pada granula pati sehingga terlihat adanya peningkatan viskositas. Suhu gelatinisasi atau suhu pasta (PT) merupakan salah satu karakteristik pasta yang menunjukkan suhu minimum yang dibutuhkan memasak, energi yang dan kestabilan komponen lainnya (Susi et al., 2020). Terjadinya peningkatan suhu gelatinisasi pati jagung ketan pada dua kondisi fermentasi diakibatkan oleh meningkatnya resistensi granula pati terhadap panas sehingga untuk memecah granula pati membutuhkan suhu yang lebih tinggi. Peristiwa ini diakibatkan karena terjadinya perombakan senyawa kompleks (pati) menjadi senyawa-senyawa sederhana seperti dekstrin dan gula yang sangat mudah mengikat air selama proses fermentasi. Adanya senyawa bermolekul rendah seperti dekstrin dan gula yang terikat dengan molekul air menyebabkan pati sulit terhidrasi dan mengembang sehingga meningkatkan suhu gelatinisasinya (Bian et al., 2022). Selain itu adanya senyawa metabolit seperti asam-asam organik yang dihasilkan mikroorganisme selama fermentasi merusak area kristalin dari molekul pati. Suhu gelatinisasi merupakan karakteristik umum pati yang mengacu pada suhu dimana granula pati berubah dari kondisi kristalin ke bentuk gel saat dipanaskan. Oyeyinka et al. (2020) menyatakan bahwa pada awal fermentasi, terjadi penurunan kandungan amilosa dan peningkatan amilopektin yang menyebabkan granula pati sulit untuk menyerap air dan mengembang sehingga memperlambat molekul pati membentuk gel.

### **Karakteristik mikrobiologi**

Karakteristik mikrobiologi yang diamati adalah bakteri asam laktat (BAL), khamir dan kapang. Hasil analisis uji BAL pada fermentasi spontan pati jagung ketan dengan kondisi dan lama fermentasi yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2. Bakteri asam laktat (BAL) adalah sekelompok bakteri yang memiliki

kemampuan untuk menghasilkan asam laktat dengan cara merombak karbohidrat (glukosa) melalui proses fermentasi. Rizal et al. (2020) menyatakan bahwa terjadinya peningkatan jumlah BAL diduga akibat adanya glukosa sebagai sumber nutrisi.

**Tabel 2.** Jumlah bakteri asam laktat pada pati jagung ketan pada kondisi dan lama fermentasi yang berbeda

Lama Fermentasi (hari)	Jumlah bakteri asam laktat (log cfu/ml)	
	Kondisi Fermentasi	
	Aerob	Anaerob
0	0 <sup>(a)</sup> ± 0.0	0 <sup>(a)</sup> ± 0.0
3	3,91 <sup>(b)</sup> ± 5.5	4.33 <sup>(b)</sup> ± 6.3
6	4,20 <sup>(c)</sup> ± 6.1	4.58 <sup>(c)</sup> ± 7.1
9	4.06 <sup>(d)</sup> ± 5.9	4.33 <sup>(d)</sup> ± 6.5

Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Koloni BAL yang tumbuh selama proses fermentasi pati jagung ketan pada kondisi anaerob mempunyai jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan koloni BAL pada kondisi aerob. Pertumbuhan BAL pada kedua kondisi fermentasi menunjukkan pola yang sama yaitu terjadi peningkatan jumlah koloni pada hari ke 3 setelah fermentasi dan mengalami puncak pertumbuhan pada hari ke 6. Selanjutnya secara perlahan pertumbuhan BAL mengalami penurunan memasuki hari ke 9 fermentasi. BAL pada kedua kondisi fermentasi berbeda mengalami fase lag sejak hari ke 1 sampai hari ke 2 yang ditandai adanya pertumbuhan koloni dengan kecepatan yang lambat. Selanjutnya fase log pertumbuhan BAL kemungkinan terjadi pada hari ke 3 sampai hari ke 6 dengan presentasi jumlah koloni 4.33 – 4.58 log CFU/ml (anaerobik) dan 3.91 – 4.20 log CFU/ml (aerob). Fase stasioner pertumbuhan BAL diduga terjadi pada hari ke 7 dan ke 8 dan fase kematian sel bakteri terjadi pada hari ke 9 dan seterusnya. Penyebab kematian BAL antara lain karena nutrient dalam medium sudah habis, lingkungan dan jenis mikroba. Odey & Lee (2019) menyatakan bahwa seiring dengan meningkatnya waktu fermentasi, pertumbuhan BAL mengalami penurunan akibat menurunnya jumlah nutrisi, kompetisi dengan mikroba lainnya dan adanya asam dalam media fermentasi. Berdasarkan kondisi fermentasi jumlah koloni BAL pada kondisi anaerob lebih tinggi dibandingkan pada kondisi aerob. Koloni BAL yang tinggi pada kondisi anaerob berkaitan dengan sifat BAL yang merupakan kelompok bakteri anaerob fakultatif yang toleran terhadap keberadaann oksigen. Zotta et al. (2017) menyatakan bahwa BAL seperti kelompok *Lactobacillus* umumnya bersifat anaerob yang toleran terhadap oksigen namun tidak dapat menghasilkan rantai transpor elektron aktif. Rendahnya jumlah koloni pada kondisi aerob disebabkan akibat adanya oksigen yang meningkatkan stress oksidatif sel BAL akibat terbentuknya senyawa radikal seperti *Reactive Oxygen Species* (ROS), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, anion superoksida dan hidroksi radikal OH•. Akumulasi dari senyawa – senyawa radikal bebas menyebabkan penurunan kualitas sel BAL.

Kapang dan khamir merupakan golongan fungi yang juga ditemukan selama fermentasi pati jagung ketan, dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Jumlah koloni kapang dan khamir pati jagung ketan pada kondisi dan lama fermentasi yang berbeda

Lama Fermentasi (hari)	Jumlah koloni (log cfu/ml)			
	Kapang		Khamir	
	Aerob	Anaerob	Aerob	Anaerob
0	0 <sup>a</sup> ± 0.0	0 <sup>a</sup> ± 0.0	0 <sup>a</sup> ± 0.0	0 <sup>a</sup> ± 0.0
3	4.38 <sup>b</sup> ± 3.2	3.04 <sup>b</sup> ± 2.8	4.64 <sup>b</sup> ± 4.2	4.62 <sup>b</sup> ± 4.9
6	3.32 <sup>c</sup> ± 3.0	3.17 <sup>c</sup> ± 3.4	4.81 <sup>c</sup> ± 5.9	4.58 <sup>c</sup> ± 5.2
9	3.04 <sup>d</sup> ± 2.8	2.85 <sup>d</sup> ± 2.7	4.76 <sup>d</sup> ± 4.7	4.43 <sup>d</sup> ± 4.7

Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Tabel 3 menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni kapang terbanyak terjadi pada kondisi aerob dibandingkan dengan kondisi anaerob. Kapang merupakan golongan fungi yang bersifat aerob obligat sehingga dalam pertumbuhannya ketersediaan oksigen menjadi faktor yang penting. Pertumbuhan koloni kapang pada kondisi aerob meningkat secara signifikan sejak hari ke 1 fermentasi dan mencapai puncaknya pada hari ke 3. Selanjutnya terjadi penurunan pertumbuhan koloni kapang dengan sangat cepat pada hari ke 4 sampai ke 6 dan berlanjut sampai akhir proses fermentasi. Hal ini akibat adanya kompetisi pertumbuhan dengan BAL dan khamir serta adanya beberapa senyawa anti fungi yang dihasilkan oleh BAL. Senyawa-senyawa ini diantaranya adalah asam laktat, asam fenillaktat, etanol, diasetil, akrolein dan lain sebagainya yang dapat mengakibatkan kerusakan sel kapang maupun khamir (Pradhan & Kadyan, 2020). Sebaliknya pada kondisi anaerob pertumbuhan kapang cenderung statis sejak hari ke 1 sampai hari ke 9.

Khamir merupakan mikroorganisme eukariotik yang termasuk kelompok mikroba heterogen dan memiliki potensi bioteknologi dalam industri pangan (Rai et al., 2019). Pada tabel 3 terlihat jumlah koloni pertumbuhan khamir pada kedua kondisi fermentasi mengalami peningkatan selama waktu fermentasi. Jumlah koloni khamir pada kondisi aerob lebih tinggi dibandingkan pada kondisi anaerob. Sejak hari ke 1 fermentasi pati jagung ketan, pertumbuhan khamir meningkat secara cepat dan mencapai puncaknya pada hari ke 6. Selanjutnya sejak hari ke 7 sampai hari ke 9 terjadi penurunan jumlah koloni khamir. Sejak khamir memasuki fase pertumbuhan logaritmik, koloni khamir tumbuh sangat cepat dalam 6 hari fermentasi pada kondisi aerobik. Pada tahap ini, proses metabolisme khamir begitu aktif sehingga proses pertumbuhan khamir dari satu sel menjadi dua sel begitu cepat. Sedangkan pada lama fermentasi 9 hari sampai akhir fermentasi, pertumbuhan koloni khamir mengalami penurunan drastis, karena mulai memasuki fase kematian, jumlah sel yang hidup lebih sedikit dibandingkan jumlah sel yang mati.

### Sifat fungsional

Sifat fungsional pati jagung ketan yang difermentasi pada kondisi dan lama fermentasi yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Sifat fungsional pati jagung ketan dengan kondisi dan lama fermentasi yang berbeda

Kondisi Fermentasi	Lama Fermentasi (hari)	Kelarutan (%)	Daya kembang (%)	pH
Aerob	0	9,17 <sup>a</sup> ± 0,13	9,27 <sup>a</sup> ± 0,10	7,13 <sup>a</sup> ± 0,12
	3	10,10 <sup>a</sup> ± 0,16	10,04 <sup>b</sup> ± 0,15	4,83 <sup>b</sup> ± 0,05
	6	10,97 <sup>a</sup> ± 0,04	11,01 <sup>c</sup> ± 0,08	4,53 <sup>bc</sup> ± 0,05
	9	11,98 <sup>a</sup> ± 0,13	11,36 <sup>c</sup> ± 0,06	4,00 <sup>c</sup> ± 0,05
Anaerob	3	10,26 <sup>a</sup> ± 0,18	10,91 <sup>b</sup> ± 0,14	4,77 <sup>a</sup> ± 0,24
	6	11,13 <sup>a</sup> ± 0,10	11,04 <sup>a</sup> ± 0,04	4,50 <sup>bc</sup> ± 0,01
	9	11,98 <sup>a</sup> ± 0,13	11,47 <sup>a</sup> ± 0,04	4,03 <sup>c</sup> ± 0,05

Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT

Daya kembang dan kelarutan dapat digunakan untuk mengevaluasi interaksi antar rantai pati di daerah amorf dan kristali granula pati. Hasil penelitian fermentasi spontan pati jagung ketan menunjukkan adanya peningkatan kelarutan pada masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian, nilai kelarutan tertinggi dimiliki oleh perlakuan 9 hari dengan nilai rata-rata 11.98% baik pada kondisi fermentasi aerob dan anaerob. Nilai kelarutan pati jagung ketan terfermentasi lebih tinggi dibandingkan pati jagung ketan yang tidak terfermentasi. Kondisi molekul pati selama proses fermentasi mengalami degradasi menjadi molekul sederhana sehingga lebih mudah larut dalam air. Makin lama waktu fermentasi makin banyak

molekul pati yang terdegradasi akibat kerja mikroorganisme sehingga meningkatkan kelarutannya. Adanya enzim selulase yang dihasilkan mikroba selama proses fermentasi akan merombak selulosa dan dinding sel granula pati. Adanya rongga yang terbentuk pada granula pati menyebabkan air dan amilosa lebih mudah keluar dan memasuki molekul menyebabkan proses yang dikenal dengan *amylose leeching* yang mempengaruhi kelarutan (Putri et al., 2022). Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Rosida et al., (2020) bahwa peningkatan waktu fermentasi menyebabkan terjadinya peningkatan kelarutan akibat kerja bakteri yang mendegradasi pati. Adanya proses degradasi pati menyebabkan molekul pati menjadi berongga dan rapuh setelah pengeringan menyebabkan lebih banyak air yang bisa diserap. Pada penelitian ini kelarutan pati jagung ketan tidak dipengaruhi oleh kondisi dan lama fermentasi.

Daya kembang pati yang besar akan menghasilkan pengembangan yang besar pula pada produk yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai daya kembang pati fermentasi spontan mengalami peningkatan pada kedua kondisi fermentasi seiring dengan lama waktu fermentasi. Sifat daya kembang pati berkaitan erat dengan kandungan amilosa dan amilopektinnya serta struktur amilopektinnya (Oyeyinka et al., 2020). Hal serupa diungkapkan oleh Li et al., (2017) molekul amilopektin dengan struktur yang sangat bercabang cenderung menyerap lebih banyak air dan membengkak. Selain itu, struktur heliks atau kristalinitas pati sangat menentukan terjadinya gelatinisasi maupun pengembangan pati. Peningkatan kelarutan dan daya kembang pati disebabkan oleh putusannya ikatan molekul hidrogen sehingga memperbesar interaksi antara bagian kristalin dan amorf pati (Oyeyinka et al., 2020)

Selama proses fermentasi, pH pati jagung ketan menurun dan berpengaruh secara nyata ( $p \leq 0,05$ ). Proses fermentasi memodifikasi granula pati akibat metabolisme bakteri amilolitik. Selama fermentasi, terjadi penurunan pH akibat sekresi asam oleh aktivitas BAL (Wardono et al., 2022). Asam yang paling umum ditemukan adalah asetat, propionat, butirat, format, suksinat, laktat, dan valerat. Putri et al., (2018) mengungkapkan bahwa selama fermentasi MOCAF terjadi penurunan pH yang diakibatkan terjadinya hidrolisis pati menjadi senyawa sederhana (glukosa dan asam-asam organik) menjadi asam laktat. Hal yang sama diungkapkan oleh Oyeyinka et al., (2020) bahwa penurunan pH diakibatkan oleh produksi asam organik oleh aktivitas BAL pada karbohidrat di dalam umbi singkong.

## Kesimpulan

Proses fermentasi yang dilakukan pada pati jagung ketan menyebabkan perubahan profil gelatinisasi, karakteristik mikrobiologi dan sifat fungsionalnya. Berdasarkan nilai profil gelatinisasinya, pati jagung ketan fermentasi memiliki sifat yang tahan terhadap retrogradasi dan memiliki stabilitas pati yang baik sehingga sesuai untuk produk-produk yang dimasak pada suhu tinggi. Karakteristik mikrobiologi pati jagung ketan fermentasi menunjukkan pertumbuhan BAL pada kondisi anaerob lebih tinggi dibandingkan pada kondisi aerob. Hal berbeda ditunjukkan oleh kapang dan khamir, pertumbuhan keduanya lebih tinggi pada kondisi aerob dibandingkan anaerob. Terjadi peningkatan kelarutan dan daya kembang serta penurunan nilai pH pati jagung ketan fermentasi akibat aktivitas mikroorganisme selama fermentasi.

## Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LP2M Universitas Negeri Gorontalo yang secara finansial telah mendukung penelitian ini melalui hibah PNPB tahun 2022 dengan nomor kontrak B/201/UN47.D1/PT.01.03/2025.

## Daftar pustaka

Ahmad, L., Pranoto, Y., Setyabudi, F. S., & Marseno, D. W. (2022). Amylose content and physical changes in waxy corn starch modification by spontaneous fermentation. *E3S Web of Conferences*, 344, 03004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202234403004>

- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.-R., & Andarwulan, N. (2010). Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, *XXI*(1), 18–24.
- Bian, X., Chen, J. ru, Yang, Y., Yu, D. hui, Ma, Z. qian, Ren, L. kun, Wu, N., Chen, F. lian, Liu, X. fei, Wang, B., & Zhang, N. (2022). Effects of fermentation on the structure and physical properties of glutinous proso millet starch. *Food Hydrocolloids*, *123*(August 2021). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107144>
- Dewanti-Hariyadi, R., Hariyadi, P., Fardiaz, D., & Richana, N. (2013). Isolation and identification of microorganisms during spontaneous fermentation of maize. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, *24*(1), 33–39. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.1.33>
- Farasara, R., Hariyadi, P., Fardiaz, D., & Dewanti-Hariyadi, R. (2014). Pasting properties of white corn flours of &lt;i>Anoman&lt;/i> 1 and &lt;i>Pulut Harapan&lt;/i> Varieties as affected by fementation process. *Food and Nutrition Sciences*, *05*(21), 2038–2047. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.521215>
- Hong, J., Guo, W., Chen, P., Liu, C., Wei, J., Zheng, X., & Saeed Omer, S. H. (2022). Effects of Bifidobacteria fermentation on physico-chemical, thermal and structural properties of wheat starch. *Foods*, *11*(17). <https://doi.org/10.3390/foods11172585>
- Jorge A., F., Edith M., C., Cristian C., R., & Jairo G., S. (2018). Modification of the fermentation process for sour cassava starch with expansion properties. *Advance Journal of Food Science and Technology*, *16*(SPL), 55–61. <https://doi.org/10.19026/ajfst.16.5937>
- Li, M., Dhital, S., & Wei, Y. (2017). Multilevel structure of wheat starch and Its relationship to noodle eating qualities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *16*(5), 1042–1055. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12272>
- Nurin, L. A., Amalia, R., Arisna, T. S. W., Sulistyanto, W. N., & Trimulyono, G. (2017). Isolasi dan karakterisasi bakteri asam laktat yang berperan dalam fermentasi tumpi jagung bahan pakan ternak. *Jurnal Sains & Matematika*, *6*(1), 20-25. ISSN: 2548-1835.
- Odey, G. N., & Lee, W. Y. (2019). *Evaluation of the quality characteristics of flour and pasta from fermented cassava roots*. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14364>
- Ogodo, A. C., Ugbogu, O. C., Onyeagba, R. A., & Okereke, H. C. (2019). Microbiological quality, proximate composition and in vitro starch/protein digestibility of Sorghum bicolor flour fermented with lactic acid bacteria consortia. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *6*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40538-019-0145-4>
- Oyeyinka, S. A., Adeloye, A. A., Olaomo, O. O., & Kayitesi, E. (2020). Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root. *Food Bioscience*, *33*, 100485. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100485>
- Park, J., Sung, J. M., Choi, Y. S., & Park, J. D. (2020). Effect of natural fermentation on milled rice grains: Physicochemical and functional properties of rice flour. *Food Hydrocolloids*, *108*(May), 106005. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106005>
- Pradhan, D., & Kadyan, S. (2020). Novel strategies to improve shelf-life and quality of foods. *Novel Strategies to Improve Shelf-Life and Quality of Foods*, August. <https://doi.org/10.1201/9781003010272>
- Putri, N. A., Herlina, H., & Subagio, A. (2018). Karakteristik mocaf (modified cassava flour) berdasarkan metode penggilingan dan lama fermentasi. *Jurnal Agroteknologi*, *12*(01), 79. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v12i1.8252>
- Putri, N. A., Subagio, A., & Diniyah, N. (2022). Pasting properties of mocaf (Modified Cassava Flour) using rapid visco analyzer with variations of pH solution. *Food ScienTech Journal*, *4*(1), 18. <https://doi.org/10.33512/fsj.v4i1.14441>
- Rai, A. K., Pandey, A., & Sahoo, D. (2019). Biotechnological potential of yeasts in functional food industry. *Trends in Food Science and Technology*, *83*, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.11.016>
- Rizal, S., Suharyono, S., Nurainy, F., & Merliyanisa, M. (2020). Pengaruh glukosa dan jahe merah terhadap karakteristik minuman probiotik dari kulit nanas madu. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, *25*(2), 110. <https://doi.org/10.23960/jtthp.v25i2.110-119>
- Rosida, D., Yacoba, S., Angeline, C., Happyanto, D., & Hapsari, N. (2020). The effect of fermentation on physicochemical properties of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) flour using *L. plantarum* bacteria. *Eurasian Journal of Biosciences*, *14*(October), 3951–3955.

- Susi, Agustina, L., & Gendrosari, S. (2020). Effect of  $\alpha$ -amylase digestion in fermented Nagara bean grits for gelatinization profile and in vitro starch digestibility. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 443(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/443/1/012032>
- Wardono, H. P., Agus, A., Astuti, A., Ngadiyono, N., & Suhartanto, B. (2022). The effect of fermentation time on the nutritional value of sago hampas. *Proceedings of the 9th International Seminar on Tropical Animal Production (ISTAP 2021)*, 18(Istap 2021), 97–102. <https://doi.org/10.2991/absr.k.220207.020>
- Zotta, T., Parente, E., & Ricciardi, A. (2017). Aerobic metabolism in the genus *Lactobacillus*: impact on stress response and potential applications in the food industry. *Journal of Applied Microbiology*, 122(4), 857–869. <https://doi.org/10.1111/jam.13399>