

**MODIFIKASI TEPUNG PISANG “MULU BEBE” (*Musa acuminata*)
INDIGENOUS HALMAHERA UTARA SEBAGAI SUMBER PANGAN
PREBIOTIK**

***Modification of The Halmahera Indigenous “Mulu Bebe” Plantain (*Musa acuminata*)
Flour as a Source of Prebiotics Food***

Ronal Lumba¹⁾, Gregoria S. S. Djarkasi¹⁾, Robert Molenaar¹⁾

¹Program Studi Ilmu Pangan, Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado
e-mail: ronallumba@yahoo.co.id

ABSTRACT

"Mulu bebe" plantain (*Musa acuminata*) is a potential tropical fruit commodity in Indonesia, especially in the North Halmahera area where it can be used as part of food diversification. It is orange in color and no study has been done so far regarding physicochemical properties of starch and its resistant starch. This research was aimed to study the physical properties of "Mulu bebe" plantain flour modified through a spontaneous fermentation process combined with heating and cooling to increase the resistant starch content for use as a prebiotic food source. This study was designed as a completely randomized experiment (CRD) having 2 factors and three replications. The first factor is the spontaneous fermentation time consist of 0, 12, 24 and 36 hours and the second factor is without (0 minutes) and with 45 minutes heating. The result of length of fermentation time showed the lactic acid bacteria grow well during 36 hours fermentation, reaching 8,6 log cfu/ ml. Spontaneous fermentation process alone aid no effect on the physicochemical properties of flour produced, but the presence of heating and cooling process was significantly modified the physicochemical properties. Through the process of 36 hours fermentation, followed by heating at a temperature of 121°C for 45 minutes and cooling at 4 °C for 24 hours produced resistant starch content of 48.53% and in vitro starch digestibility 21,94%.

Keywords: Spontaneous fermentation, plantain flour, physical properties, resistant starch.

PENDAHULUAN

Pisang “Mulu bebe” (*Musa acuminata*) adalah salah satu komoditas buah tropis yang berpotensi di Indonesia, khususnya di Daerah Halmahera Utara yang memiliki peluang sebagai salah satu bahan diversifikasi pangan. Potensi ini didasarkan pada kandungan karbohidrat, mineral, vitamin dan kandungan serat yang memenuhi persyaratan sebagai komoditi pangan. Komponen karbohidrat

terbesar pada buah pisang adalah pati pada daging buahnya, dan akan diubah menjadi sukrosa, glukosa dan fruktosa pada saat buah pisang matang 15-20% (Musita, 2009).

Pisang “mulu bebe” warna orange banyak terdapat di Daerah Halmahera Utara dan belum pernah diteliti karakteristik sifat fisikokimia tepung dan pati resistennya. Dengan meningkatnya kandungan pati resisten, diharapkan sifat prebiotik pada tepung pisang dapat ditingkatkan pula.

Menurut (Nurhayati *dkk.*, 2014) modifikasi proses fermentasi spontan selama 24 jam dan siklus pemanasan mampu meningkatkan kadar pati resisten tepung pisang hingga empat kali lipat (dari 10,32% menjadi 42,68% berat kering pati). Menurut (Jenie *dkk.*, 2010) proses modifikasi pati di tingkat tepung yaitu fermentasi dan pemanasan mempermudah aplikasinya dan lebih efisien yaitu perlu mengisolasi patinya terlebih dahulu.

Karakteristik tepung yang kaya pati resisten memiliki sifat yang sulit mengikat air, sehingga cocok diaplikasikan pada pembuatan kue yang sedikit membutuhkan sedikit air dalam pengolahannya. Tepung pisang modifikasi yang juga tidak memiliki protein gluten seperti pada tepung terigu, berpotensi dalam mensubsitusi tepung terigu pada kukis yang tidak membutuhkan pengembangan terlalu besar (Rosephin, 2010).

Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui sifat fisiko kimia tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan melalui proses modifikasi fermentasi secara spontan dengan pemanasan pendinginan dalam upaya meningkatkan kandungan pati resisten sebagai sumber pangan prebiotik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ilmu Pangan dan Pengolahan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian dan Laboratorium Analis Farmasi Universitas Sam Ratulagi Manado, serta Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado selama 5 bulan yaitu mulai bulan Desember sampai dengan bulan April 2017.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah buah pisang “Mulu bebek” warna oranye segar dari daerah Halmahera Utara. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari pisau, baskom, slicer, timbangan, grinder, ayakan, otoklaf dan peralatan analisis analisis lainnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan tiga ulangan. Dengan rancangan sebagai berikut:

Faktor 1 (F) =	Faktor 2 (P) =
Lama Fermentasi	Lama Pemanasan
F0 = 0 Jam	P0 = 0 Menit
F12 = 12 Jam	P45 = 45 Menit
F24 = 24 Jam	
F36 = 36 Jam	

Prosedur Penelitian

Pembuatan Tepung Pisang Termodifikasi (Abdillah, 2010)

Dalam pembuatan tepung pisang, buah pisang dikupas, dicuci dengan air bersih, diiris dengan ketebalan ± 2 mm, direndam dalam air bersih dengan perbandingan (1:2) dan difermentasi secara spontan selama 0, 12, 24 dan 36 jam. Setelah fermentasi, irisan pisang ditiriskan lalu dipanaskan menggunakan otoklaf pada suhu 121°C selama 0 dan 45 menit, selanjutnya didiamkan pada suhu ruang hingga dingin (± 30 menit) dan disimpan pada suhu 4°C selama 24 jam. Irisan pisang kemudian dikeringkan di oven pengering pada suhu 60°C selama 16 jam. Selanjutnya irisan pisang yang telah kering dihaluskan dengan *disc mill* dan diayak dengan saringan berukuran 80 mesh.

*Total Populasi Mikroba (Nurhayati *dkk.*, 2010)*

Cairan fermentasi pisang diambil secara periodik tiap 12 jam (0, 12, 24 dan 36 jam) untuk melihat profil pertumbuhan mikroba. Selanjutnya ditambah dengan 90 ml aquades steril dan dilakukan pengenceran sampai 10^{-8} . Sebanyak 1 ml hasil pengenceran 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} diambil dan dilakukan pemupukan metode tuang pada *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan inkubasi suhu 40°C untuk khamir, pada media PDA 10% asam tartarat dengan inkubasi suhu kamar untuk kapang dengan inkubasi suhu 37°C , pada media *de Mann*

Rogossa Sharp Agar (MRSA) dengan inkubasi 37°C untuk bakteri asam laktat, dan pada media *Nutrient Agar* (NA) dengan inkubasi suhu kamar 37°C untuk total bakteri aerob yang masing-masing diinkubasi selama 48 jam. Nilai pH diukur dengan menggunakan pH meter. Perhitungan koloni yang tumbuh adalah sebagai berikut:

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0,1 n_2 + \dots) \times d}$$

Keterangan :

N : jumlah mikroba (cfu/ml)

$\sum C$: jumlah koloni dari semua cawan (25-250 koloni)

n_1 : jumlah cawan pada pengenceran pertama

n_2 : jumlah cawan pada pengenceran kedua

d : tingkat pengenceran pertama yang dihitung

Pengukuran pH (AOAC, 1995)

Air rendaman irisan pisang selama fermentasi diambil 50 ml, kemudian dihomogenkan. Pengukuran pH dilakukan untuk sampel cairan rendaman irisan pisang pada fermentasi 0-24 jam. Fermentasi 0 jam dihitung setelah pisang dimasukkan ke dalam aquades selama 15 menit atau 0,25 jam.

Rendemen

Rendemen tepung pisang di hitung dengan cara sebagai berikut;

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Daya Serap Air (Muchtadi dan Sugiono, 1992)

Sampel tepung pisang ditimbang 25g, kemudian ditambahkan air sebanyak 50 ml menggunakan buret. Campuran tersebut diuleni menggunakan tangan sambil ditambahkan air sedikit demi sedikit hingga terbentuk adonan yang tidak lengket pada tangan. Daya serap air dihitung menggunakan

rumus:

Daya Serap Air =

$$\frac{(\text{jumlah air yang digunakan}(ml))}{(\text{berat sampel})} \times 100\%$$

Kapasitas Penyerapan Minyak (Rohma, 2014)

Sampel tepung pisang ditimbang sebanyak 1 g di dalam tabung sentrifus kemudian ditambahkan minyak sebanyak 10 mL dan diaduk menggunakan *vortex mixer* selama 30 detik. Sampel kemudian didiamkan pada suhu ruang selama 30 menit dan disentrifugasi pada kecepatan 3.500 rpm selama 30 menit. Supernatan kemudian ditimbang kapasitas penyerapan minyak dinyatakan sebagai persentase berat minyak yang diserap oleh tepung.

Daya Serap Minyak =

$$\frac{(\text{jumlah yang digunakan}(ml))}{(\text{berat sampel})}$$

Analisa Warna (HunterLab ColorFlex EZ spectrophotometer) (Fardiaz, 1984).

Analisis warna dilakukan dengan menggunakan hunterlab colorFlex EZ spectrophotometer. Uji warna dilakukan dengan sistem warna Hunter L*, a*, b*. Chromameter terlebih dahulu dikalibrasi dengan standar warna putih yang terdapat pada alat tersebut. Hasil analisis derajat putih yang dihasilkan berupa nilai L*, a*, b*. Pengukuran total derajat warna digunakan basis warna putih sebagai standar.

Suhu Gelatinisasi (Radley, 1976)

Sampel tepung pisang ditimbang sebanyak 10 g diletakkan dalam wadah, kemudian dipanaskan pada penangas air sambil dilakukan pengadukan. Pengukuran suhu gelatinisasi menggunakan termometer, diawali pada suhu 50°C sampai dengan seluruh granula pati tergelatinisasi.

Kadar Pati (AOAC, 1995)

Sampel tepung pisang ditimbang sebanyak 0,5 g yang telah bebas lemak dan

gula-gula sederhana dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml. Lalu ditambahkan 25 ml akuades dan 5 ml HCl 25%. Erlenmeyer ditutup dengan pendingin balik dan dipanaskan di atas penangas air yang mendidih selama 2,5 jam. Setelah dingin larutan yang terbentuk dinetralkan dengan NaOH 25%, disaring, dan ditepatkan volumenya hingga 100 ml. Penentuan kadar pati dinyatakan sebagai glukosa pada filtrat. Total glukosa dianalisis menggunakan pereaksi dinitrosalisilat (DNS).

Sampel yang telah dihidrolisis dengan asam, dinetralkan, saring dan ditetapkan hingga volumenya 100 ml kemudian diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2 ml pereaksi dinitrosalisilat (DNS). Setelah itu dipanaskan dalam *water bath* suhu 100°C selama 10 menit lalu didinginkan pada suhu ruang. Sampel kemudian diencerkan dengan 10 ml akuades sebagai blanko. Kurva standar dibuat menggunakan larutan glukosa standar dengan larutan glukosa 5000 ppm sebagai larutan induk. Larutan kerja yang digunakan sebagai standar adalah 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4000, dan 5000 ppm. Berat pati diperoleh dengan mengalikan berat glukosa dengan faktor koreksi 0,9. Kadar glukosa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Pati} = A/S \times FP/W \times 100 \times 0,9$$

Keterangan :

- A : absorbansi sampel
- S : slope/kemiringan kurva
- FP : faktor pengenceran
- W : berat sampel (g)

Kadar Amilosa (Apriyantono dkk., 1989)

Pembuatan Kurva Standar Amilosa

Sebanyak 40 mg amilosa murni dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup, ditambahkan 1 ml etanol 95% dan 9 ml larutan NaOH 1 N ke dalam tabung reaksi. Lalu dipanaskan dalam penangas air pada suhu 95°C selama 10 menit. Setelah dingin, larutan gel pati dipindahkan secara kuantitatif

ke dalam labu takar 100 ml yang kemudian ditambahkan air destilata sampai tanda tera sebagai larutan stok standar.

Dari larutan stok dipipet 1, 2, 3, 4, dan 5 ml dan dipindahkan masing-masing ke dalam labu takar 100 ml. Ke dalam masing-masing labu takar tersebut kemudian ditambahkan 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, dan 1,0 ml larutan asetat 1 N. Ditambahkan 2 ml larutan iod (0,2 g I₂ dan 2 g KI dilarutkan dalam 100 ml air destilata) ke dalam setiap labu, lalu ditera dengan air destilata. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kurva standar merupakan hubungan antara kadar amilosa dan absorbansi.

Analisis sampel

Sebanyak 100 mg sampel pati dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup. Kemudian ditambahkan 1 ml etanol 95% dan 9 ml larutan NaOH 1 N ke dalam tabung reaksi bertutup. Tabung reaksi bertutup kemudian dipanaskan dalam penangas air pada suhu 95°C selama 10 menit. Setelah dingin, larutan pati dipindahkan ke dalam labu takar 100 ml secara kuantitatif kemudian ditambahkan air destilata sampai tanda tera dan dihomogenkan. Dipipet 5 ml larutan pati kemudian dipindahkan ke dalam labu takar 100 ml. Ke dalam labu takar tersebut, ditambahkan 1 ml larutan asam asetat 1 N dan 2 ml larutan iod, lalu ditera dengan air destilata sampai 100 ml. Larutan dibiarkan selama 20 menit, lalu diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 625 nm. Kadar amilosa ditentukan berdasarkan persamaan kurva standar yang diperoleh.

Kadar Pati Resisten (Goni dkk., 1996)

Sampel yang telah dicuci sebanyak 50 mg dimasukkan ke dalam tabung sentrifus dan ditambahkan 5 ml *buffer* KCl-HCl (2 M, pH 1,5). Kemudian, ditambahkan larutan pepsin sebanyak 0,1 ml. Campuran divorteks dan diinkubasi pada suhu 40°C selama 1 jam dalam penangas bergoyang. Sampel

dikeluarkan dari *waterbath* dan didinginkan pada suhu ruang, lalu ditambahkan *buffer* Na-fosfat (0,1 M, pH 6.9) sebanyak 4,5 ml dan enzim α -amilase sebanyak 0,5 ml. Campuran divorteks dan diinkubasi dalam penangas bergoyang pada suhu 37°C, selama 16 jam. Sampel disentrifus (15 menit, 3000 g) dan bagian supernatan dibuang. Residu dicuci dengan akuades sebanyak 5 ml dan disentrifus lagi (15 menit, 3000g), kemudian bagian supernatan dibuang. Setelah itu, residu ditambahkan dengan 1,5 ml akuades dan 1,5 ml KOH 4 M. Kemudian, campuran ini didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang sambil digoyang secara konstan.

HCl 2 M sebanyak 2,75 ml dan *buffer* Na-Asetat (0,4 M, pH 4.75) ditambahkan ke dalam sampel. Campuran juga ditambahkan enzim AMG (amiloglukosidase) sebanyak 40 μ l, kemudian divorteks dan diinkubasi dalam penangas bergoyang dengan suhu 60°C. Setelah 45 menit, sampel disentrifus selama 15 menit dan bagian supernatan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Residu dicuci lagi dengan akuades sebanyak 5 ml dan disentrifus kembali. Bagian supernatan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, sementara itu residu dibuang.

Sebanyak 1 ml supernatan diencerkan dengan faktor pengenceran 100. Kemudian 1 ml diambil dan ditambahkan larutan fenol 5% sebanyak 1 ml. Campuran divorteks dan ditambah 5 ml H₂SO₄ pekat. Campuran didiamkan selama 10 menit, lalu campuran divorteks dan didinginkan pada suhu 25°C. Akuades digunakan sebagai blanko. Kurva standar dibuat menggunakan larutan glukosa standar 100 ppm sebagai larutan induk. Larutan kerja yang digunakan sebagai standar adalah 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 ppm. Sampel diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm (Dubois *dkk.*, 1956). Kadar pati resisten diperoleh dengan mengalikan persen glukosa dengan faktor koreksi 0,9. Kadar pati resisten dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Pati Resisten} = \frac{[\text{glukosa}] \times 100 \times 0,9}{\text{Berat sampel (g)}}$$

Daya Cerna Pati In Vitro (Anderson *dkk.*, 2002)

Sampel tepung pisang ditimbang sebanyak 0,5 g disuspensikan dalam akuades 50 ml sehingga diperoleh konsentrasi 1% w/v, kemudian dipanaskan dalam penangas air selama 30 menit untuk mencapai suhu 90°C, kemudian didinginkan. Setelah dingin diambil sebanyak 2 ml larutan sampel ke dalam tabung reaksi kemudian ditambah 3 ml air destilata dan 5 ml larutan *buffer* Na-fosfat 0,1 M dengan pH 7.0, kemudian diinkubasi pada penangas air 37°C selama 15 menit. Ke dalam larutan tersebut ditambahkan 5 ml larutan enzim α -amilase dan diinkubasi pada penangas air 37°C selama 15 menit.

Sebanyak 1 ml sampel dari tabung reaksi dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain, ditambahkan 2 ml pereaksi dinitrosalisilat (DNS) lalu dipanaskan dalam penangas air 100°C selama 10 menit. Setelah dingin, campuran reaksi diencerkan dengan menambahkan 10 ml air destilata. Warna oranye-merah yang terbentuk dari campuran reaksi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Kadar maltosa dari campuran reaksi dihitung dengan menggunakan kurva standar maltosa murni yang diperoleh dengan cara mereaksikan larutan maltosa standar dengan pereaksi dinitrosalisilat (DNS) menggunakan prosedur seperti di atas. Blanko dibuat untuk menghitung kadar maltosa awal (bukan hasil hidrolisis enzim). Prosedur pembuatan blanko sama seperti prosedur untuk sampel hanya saja tanpa sampel dan tidak ditambahkan larutan enzim α -amilase. Sebagai gantinya untuk blanko diganti *buffer* Na-Fosfat 0.05 M pH 7. Daya cerna pati sampel dihitung sebagai presentase terhadap pati murni (*soluble starch*). Daya cerna sampel dihitung sebagai persentase terhadap pati murni:

$$\%DC \text{ Pati} = \frac{\text{maltosa sampel} - \text{maltosa blanko sampel}}{\text{maltosa pati murni} - \text{maltosa blanko pati murni}} \times 100\%$$

Analisis Statistik

Menggunakan program aplikasi

statistik untuk uji keragaman ANOVA (*Analysis of Variance*) dilanjutkan dengan uji *Duncan* pada selang kepercayaan 99%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

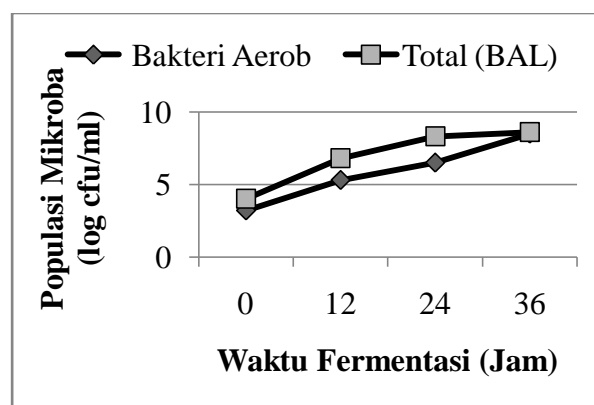
Total Pertumbuhan Mikroba Selama Fermentasi Spontan

Populasi mikroba yang tumbuh selama 36 jam fermentasi spontan pada irisan pisang “mulu bebe” disajikan pada Gambar 1. Mikroba yang tumbuh selama 36 jam pada fermentasi spontan irisan pisang “mulu bebe” didominasi oleh bakteri asam laktat (BAL), sedangkan khamir dan kapang tidak tumbuh selama proses fermentasi spontan hingga 36 jam.

Pada Gambar 1 disajikan populasi mikroba selama fermentasi. Bakteri meningkat selama fermentasi hingga jam ke-36 dengan nilai awal dari (3,2 log cfu/ml menjadi 8,5 log cfu/ml). Populasi bakteri asam laktat (BAL) tertinggi di peroleh pada perlakuan fermentasi jam ke-36 yaitu 8 log CFU/ml. Jumlah total bakteri asam laktat (BAL) lebih tinggi daripada bakteri aerob. Hal ini disebabkan bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri pendegradasi pati Nurhayati, *dkk.* (2014). Pati yang terdapat dalam pisang “mulu bebe” dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat, dengan proses mengalami hidrolisis oleh enzim amilase menghasilkan monosakarida berupa glukosa. Menurut (Widanigrum, 2012) bakteri asam laktat (BAL) menggunakan hasil degradasi pati sebagai bahan baku untuk menghasilkan asam-asam organik terutama asam laktat. Asam laktat yang dihasilkan ini akan meningkatkan suasana asam yang sesuai pertumbuhan BAL. Dengan demikian, peningkatan pertumbuhan BAL ini menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik.

Menurut Nurhayati, *dkk.* (2010) populasi bakteri asam laktat (BAL) dari fermentasi pisang *var agung sumeru* selama 24 jam didominasi oleh BAL yaitu sekitar 6 log cfu/ml, sedangkan Abdillah (2010) melaporkan bahwa populasi bakteri asam

laktat (BAL) dari fermentasi pisang tanduk dari 1,3 log CFU/ml menjadi 7,8 log cfu/ml. Hasil penelitian juga pernah dilaporkan oleh Nurhayati, *dkk.* (2010) dan Abdillah (2010) bahwa fermentasi 100 jam didominasi oleh bakteri asam laktat (BAL). Reddy *dkk.* (2008) menjelaskan bahwa bakteri asam laktat (BAL) mampu tumbuh pada bahan pangan berpati karena dapat menghasilkan enzim amilase untuk mendegradasi pati menjadi glukosa sebagai sumber karbon selama pertumbuhannya. Bakteri asam laktat (BAL) tersebut dikenal dengan sebagai bakteri asam laktat (BAL) amilolitik. Gambar 1 populasi mikroba selama fermentasi.



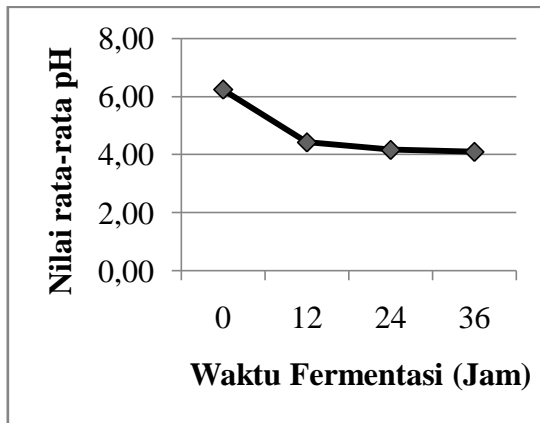
Gambar 1. Kurva Populasi Mikroba Selama Proses Fermentasi Spontan

Nilai pH

Peningkatan jumlah Bakteri Asam Laktat (BAL) selama fermentasi seiring dengan terjadinya penurunan pH dari pH awal 6,24 menjadi pH 4,10 pada jam ke-36. Pada Gambar 2 dapat dilihat nilai pH selama proses fermentasi.

Nilai pH yang terus menurun ini disebabkan oleh aktivitas bakteri asam laktat yang melakukan metabolisme glukosa menghasilkan asam laktat sehingga menyebabkan suasana asam dan menurunkan pH cairan. Asam laktat merupakan asam organik yang tidak menguap pada suhu kamar dan dapat berperan sebagai antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri lain Nurhayati, *dkk.* (2010). FDA USA juga telah mengklasifikasikan asam laktat ke dalam GRAS (*Generally Recognized As Safe*) untuk

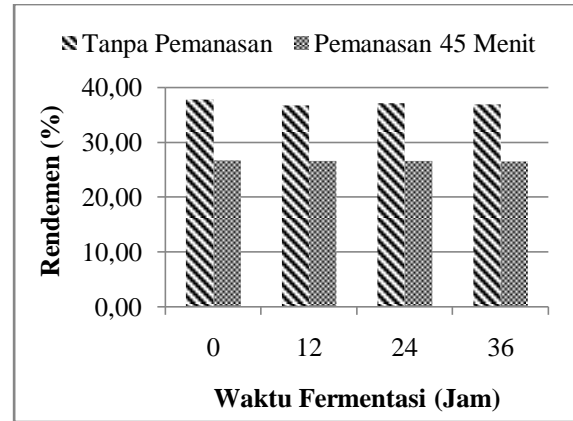
digunakan sebagai bahan tambahan pangan dan kepentingan lain seperti pengawet produk pangan (Datta dan Henry, 2006). Asam laktat yang dihasilkan oleh Bakteri Asam Laktat (BAL) diduga dapat bereaksi dengan pati pisang sehingga membentuk kopolimer pati-asam laktat. (Gong *dkk.*, 2006) menjelaskan bahwa kopolimer pati dengan asam laktat dapat menurunkan kereaktifan grup hidroksil pada unit glukopiranosida pati yaitu pada C6, C3 dan C2 sehingga pati menjadi lebih resisten terhadap enzim pencernaan. Fermentasi pisang “mulu bebe” pada jam ke-36 sudah menghasilkan tekstur yang lembek dan terjadi degradasi lanjut.



Gambar 2. Kurva Penurunan pH Selama Proses Fermentasi Spontan.

Rendemen

Besarnya rendemen tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan berdasarkan perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan merupakan parameter pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berapa besar presentase tepung yang dihasilkan dari beberapa perlakuan. Rata-rata rendemen produk tepung pisang tertinggi diperoleh pada tanpa perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan yaitu 37,73% sedangkan rata-rata rendemen tepung pisang terendah diperoleh pada perlakuan fermentasi spontan jam ke-36 dengan pemanasan pendinginan yaitu 26,54% (Gambar 3).



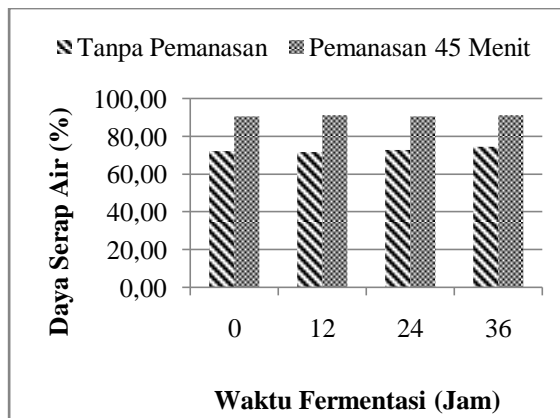
Gambar 3. Histogram Rendemen Tepung Pisang Sesuai Perlakuan

Hasil uji statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan tidak berpengaruh terhadap rendemen tepung pisang “mulu bebe”. Namun faktor perlakuan pemanasan berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen. Interaksi antara faktor waktu fermentasi spontan dan faktor pemanasan pendinginan tidak terdapat interaksi terhadap rendemen tepung pisang yang dihasilkan. Hasil uji lanjut BNT 1% menunjukkan bahwa faktor pemanasan berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh perlakuan pemanasan dan pendinginan sudah mengalami proses pra gelatinisasi pada granula pati, sehingga sulit untuk dilakukan penepungan. Sedangkan tanpa perlakuan pemanasan dan pendinginan lebih mudah untuk dilakukan penepungan. Menurut Widiowati (2003) bahwa rendemen tepung buah yang dihasilkan dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah dan kandungan pati dari buah sebelum dikeringkan. Selain itu juga tergantung dari kandungan air bahan. Nilai rata-rata rendemen tepung pisang “mulu bebe” lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa varietas pisang lain seperti pernah dilaporkan dari hasil penelitian Histifarina, *dkk.* (2012) yaitu pisang siam 14,83 %, pisang ambon lumut 14,62%, pisang kepok 11,33% dan pisang angka 27,48 %.

Daya Serap Air

Daya serap air tepung tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan berdasarkan perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan tertinggi diperoleh pada perlakuan fermentasi spontan jam ke-12 dan 36 dengan pemanasan pendinginan yaitu rata-rata 91,20% dan terendah diperoleh pada perlakuan fermentasi 0 jam dan tanpa pemanasan pendinginan yaitu rata-rata 71,60 %. Hasil ini menunjukkan tepung pisang “mulu bebe” yang melalui perlakuan fermentasi dengan pemanasan pendinginan lebih banyak menyerap air dibandingkan perlakuan tanpa pemanasan pendinginan (Gambar 4).

Hasil uji statistik ($p < 0,01$) menunjukan bahwa daya serap air tepung pisang yang dihasilkan antara waktu perlakuan fermentasi spontan tidak berpengaruh terhadap daya serap air. Namun perlakuan waktu pemanasan dapat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap air tepung. Hal ini disebabkan pada proses fermentasi cenderung menyebabkan peningkatan kapasitas penyerapan air dan saat dipanaskan dan dikeringkan air dalam irisan pisang menguap karena pecahnya molekul kompleks menjadi lebih sederhana dan saat menjadi produk tepung banyak menyerap air. Menurut Tam *dkk.* (2004) melaporkan jika memiliki daya serap air yang tinggi maka akan cenderung lebih cepat dihomogenkan. Rendahnya kadar amilosa pada tepung pisang menyebabkan nilai pengembangan volume akan semakin rendah (Nurhayati, 2010). Kadar amilosa yang tinggi maka akan menyerap air yang semakin banyak sehingga pengembangan volume juga besar, selain itu daya serap air juga berhubungan dengan kadar protein (Rufaizah, 2010).

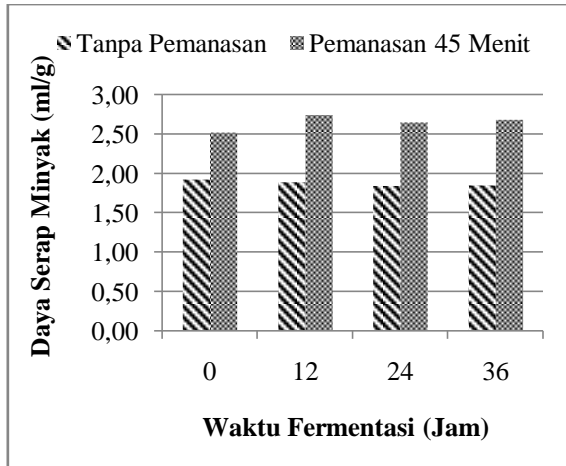


Gambar 4. Histogram Daya Serap Air Tepung Pisang Sesuai Perlakuan

Daya Serap Minyak

Kapasitas penyerapan minyak memiliki kecenderungan meningkat selama proses fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan. Rata-rata daya serap minyak pada tepung pisang “mulu bebe” dari perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan fermentasi jam ke-36 dan pemanasan 45 menit yaitu nilai 2,74 ml/g (Gambar 5).

Hasil uji statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan tidak berpengaruh terhadap kapasitas penyerapan minyak tepung pisang, namun proses pemanasan berpengaruh sangat nyata. Hal ini diduga irisan pisang yang mengembang akibat menyerap air selama fermentasi memudahkan penyerapan minyak karena pecahnya molekul kompleks menjadi lebih sederhana. Semakin tinggi daya serap minyak pada tepung akan mempengaruhi sifat fisik tepung karena minyak dan lemak akan membentuk kompleks amilosa akan menghambat pembengkakan granula pati sehingga pati sulit tergelatinisasi (Fennema, 1985).

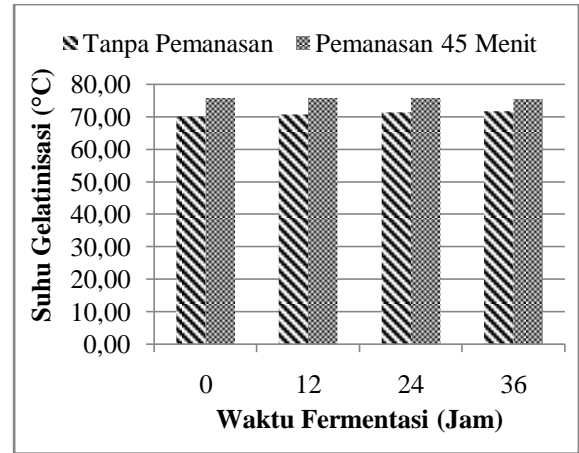


Gambar 5. Histogram Daya Serap Minyak Tepung Pisang Sesuai Perlakuan

Kapasitas penyerapan minyak dipengaruhi kadar protein dan lemak, seperti yang dinyatakan Aini *dkk.* (2010) bahwa semakin besar kadar lemak atau protein, semakin besar kapasitas penyerapan minyak. Hal ini berhubungan dengan mekanisme kapasitas penyerapan minyak yang disebabkan pemerangkapan minyak secara fisik dengan gaya kapiler dan peran hidrofobisitas protein. Kapasitas penyerapan minyak juga dipengaruhi struktur pati. Menurut Chelule *dkk.* (2010), bahwa semakin lama waktu fermentasi, degradasi makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana semakin besar. Makromolekul yang tadinya relatif kompak menjadi agak berpori karena terpecah menjadi molekul sederhana berbobot massa kecil dan lebih mudah menyerap minyak.

Suhu Gelatinisasi

Modifikasi proses fermentasi spontan tidak mempengaruhi waktu dan suhu gelatinisasi pada tepung pisang “mulu bebe”, akan tetapi perlakuan pemanasan dapat meningkatkan suhu gelatinisasi namun dapat pula mempersingkat waktu proses gelatinisasi. Hal ini disebabkan pati telah terjadi proses pragelatinisasi pada waktu pemanasan suhu 121°C selama 45 menit (Gambar 6).



Gambar 6. Histogram Suhu Gelatinisasi Tepung Pisang Sesuai Perlakuan

Hasil uji statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan tidak berpengaruh nyata terhadap suhu gelatinisasi. Namun fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan sangat berpengaruh nyata. Selama proses pemanasan pati akan pecah dan tergelatinisasi, selanjutnya amilosa akan teretrogradasi pada saat pendinginan (Nurhayati, 2010). Modifikasi proses fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan memiliki suhu gelatinisasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemanasan pendinginan. Suhu gelatinisasi tepung pisang “mulu bebe” tanpa pemanasan pendinginan berada pada kisaran 70°C dalam waktu 32 menit dan perlakuan pemanasan pendinginan kisaran 75,67°C dan dapat dicapai selama 5 menit. Menurut Aini *dkk.* (2010) penurunan suhu gelatinisasi merupakan akibat dari melemahnya struktur pati selama proses fermentasi. Selama fermentasi irisan pisang, granula pati mengalami pengembangan, dan semakin lama perendaman bagian amilosa yang amorf dapat mengalami leaching. Waktu pertama kali terjadi kenaikan viskositas disebut waktu awal gelatinisasi. Peningkatan viskositas disebabkan terjadi penyerapan air dan pembengkakan granula pati yang irreversible di dalam air, dimana energi kinetik molekul-molekul air lebih kuat daripada daya tarik menarik pati di dalam granula. Waktu gelatinisasi yang singkat ini akan menurunkan biaya, sedangkan suhu

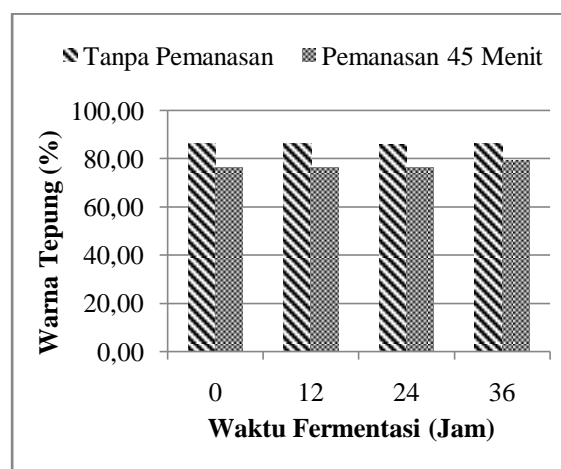
gelatinisasi yang rendah akan mempersingkat proses pengolahan. Suhu gelatinisasi dipengaruhi oleh kadar lemak dan kadar amilosa seperti yang laporkan Aini *dkk.* (2010).

Warna Tepung

Warna merupakan salah satu parameter mutu tepung, karena dapat dilihat secara visual oleh konsumen. Pada umumnya konsumen lebih suka warna cerah atau putih, dibandingkan dengan warna yang gelap atau hitam. Hasil analisis warna tepung pisang “Mulu bebe” menunjukkan nilai L^* yang tertinggi pada perlakuan fermentasi spontan dengan tanpa pemanasan pendinginan yaitu rata-rata 85,92-86,30% mendekati tingkat kecerahan 100%. Sedangkan nilai a^* rata-rata 1,63-3,92 ini artinya warna tepung cenderung merah. Untuk nilai b^* rata-rata 11,32- 26,14 hasil ini menunjukkan warna cenderung kuning. Gabungan nilai a^* yang tinggi dan nilai b^* rendah menghasilkan tepung dengan warna kusam (merah) sedikit kuning sehingga menghasilkan tingkat kecerahan yang rendah, sedangkan nilai a^* rendah dan b^* tinggi menunjukkan warna kuning cerah (Rosmisari, 2006). Proses fermentasi spontan dan pemanasan berpengaruh terhadap warna tepung pisang “mulu bebe” (Gambar 7).

Hasil analisis statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan berpengaruh nyata terhadap warna tepung pisang “mulu bebe. Hal ini diduga disebabkan oleh proses fermentasi, pemanasan dan pengeringan. Proses pemotongan dan fermentasi menyebabkan pencoklatan enzimatis pada tepung pisang, sedangkan proses otoklaf dan pengeringan menyebabkan terjadinya pencoklatan nonenzimatis pada tepung pisang. Sebelum proses fermentasi, warna irisan pisang mulai terjadi perubahan warna menjadi kecoklatan. Setelah pemanasan 45 menit warna semakin kecoklatan, didinginkan selama 24 jam dan dikeringkan dengan oven pengering, intensitas warna coklat pada pisang semakin

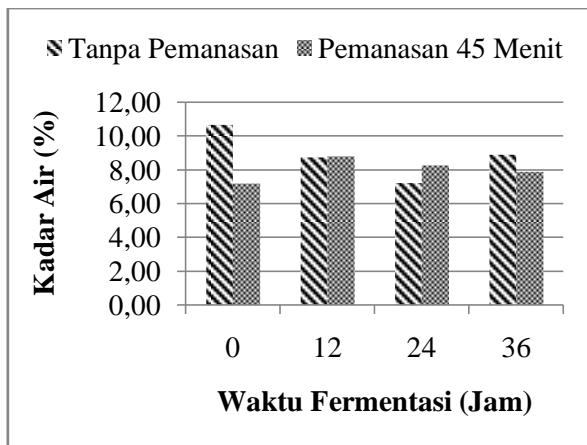
meningkat. Menurut Hatcher *dkk.* (2008) warna tepung pisang sangat dipengaruhi oleh aktivitas enzim polifenol oksidase. Tepung akan memberikan warna kecoklat-coklatan apabila aktivitas enzim polifenol oksidase tidak terkendali. Mohamed *dkk.* (2010) menyatakan bahwa tepung pisang dapat memberikan warna yang lebih gelap karena kelebihan gula. Menurut Damat (2013) bahwa tinggi nilai a^* positif disebabkan oleh reaksi browning, karena pada buah pisang juga mengandung gula.



Gambar 7. Histogram Tingkat Kecerahan Warna Tepung Pisang Sesuai Perlakuan

Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen (Winarno, 1997). Kadar air pula merupakan faktor penting dalam menentukan umur simpan produk pangan. Hal ini berkaitan dengan sifat air yang dapat mempengaruhi sifat fisik, perubahan kimia, perubahan mikrobiologi, dan perubahan enzimatik. Dengan kadar air rendah tepung cenderung memiliki daya simpan yang lebih lama. Kadar air tepung pisang “mulu bebe” tanpa fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan sebesar 10,68%, sedangkan kadar air tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan melalui fermentasi spontan dan pemanasan berkisar antara 7,21-8,81% (Gambar 8).



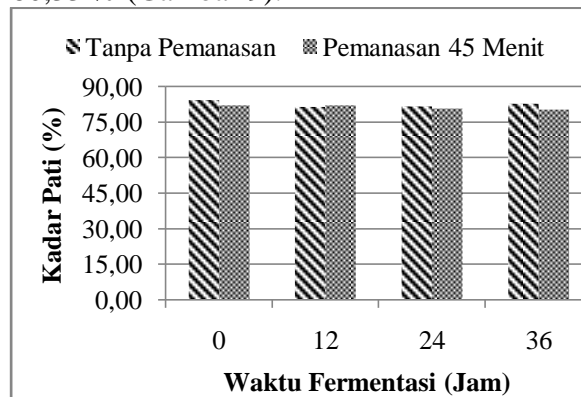
Gambar 8. Histogram Kadar Air Pada Tepung Pisang Sesuai Dengan Perlakuan

Hasil analisis statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan berpengaruh nyata terhadap kadar air pada tepung pisang “mulu bebe”. Hal ini disebabkan oleh suhu pemanasan yang digunakan yaitu 121°C , dimana pemanasan suhu tinggi maka semakin rendah kadar air, karena selama pemanasan terjadi penguapan air dari bahan akibat proses pemanasan. Kadar air tepung pisang “mulu bebe” dari hasil proses modifikasi fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan cukup rendah yaitu antara 7,21-8,81%. Hal ini diduga karena degradasi pati selama fermentasi oleh BAL menyebabkan menurunnya kemampuan dalam mempertahankan air karena kehilangan gugus hidroksil yang berperan dalam menyerap air. Menurut Englyst dkk, (1992) gugus hidroksil pada granula pati merupakan faktor utama dalam mempengaruhi kemampuan mempertahankan air. Hal ini didukung pula oleh Sumarlin (2011) perlakuan suhu pemanasan cenderung mengakibatkan kadar air lebih rendah bila dibandingkan dengan pati alaminya.

Kadar Pati

Kadar pati merupakan salah satu kriteria mutu untuk tepung, baik sebagai bahan pangan maupun non-pangan. Kadar pati tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan berdasarkan perlakuan fermentasi

spontan dan pemanasan pendinginan tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa fermentasi spontan dan tanpa pemanasan pendinginan yaitu sebesar 84,33%. Sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan yaitu 80,33% (Gambar 9).



Gambar 9. Histogram Kadar Pati Pada Tepung Pisang Sesuai Dengan Perlakuan

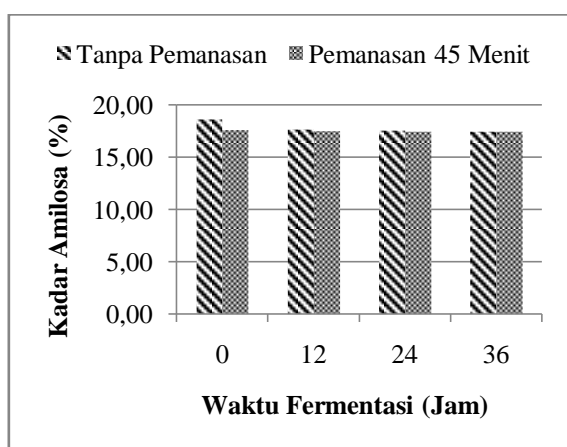
Hasil analisis statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan berpengaruh tidak nyata terhadap kadar pati pada tepung pisang “mulu bebe”. Faktor perlakuan pemanasan dapat berpengaruh sangat nyata terhadap kadar pati. Interaksi antara faktor fermentasi spontan dan faktor pemanasan terdapat interaksi yang nyata terhadap kadar pati. Hal ini disebabkan pemanasan mereduksi kandungan pati akibat gelatinisasi pati yang kemudian menyebabkan substansi kerusakan pati yang menunjukkan penurunan kadar pati pada tepung. Menurut Nurhayati dkk (2014) selama proses pemanasan pati akan pecah dan tergelatinisasi, selanjutnya amilosa akan teretrogradasi pada saat pendinginan. Rohma (2014) modifikasi tepung pisang kapas melalui fermentasi spontan dan pemanasan bertekanan selama 45 menit mampu meningkatkan kadar pati yaitu sebesar 71,70%.

Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, sedangkan amilopektin mempunyai cabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan α -(1,6)-D-glukosa (Winarno, 1992). Faktor-faktor yang

meningkatkan proses retrogradasi pati antara lain suhu yang rendah, derajat polimerisasi amilosa yang rendah, konsentrasi amilosa yang tinggi dan adanya ion-ion organik tertentu (Fennema, 1985).

Kadar Amilosa

Kadar amilosa selama fermentasi spontan berlangsung selama 36 jam mengalami penurunan dari 18,10 menjadi 17,46 (Gambar 10). Hasil ini berkaitan dengan terjadinya penurunan kadar pati pada selama fermentasi.



Gambar 10. Histogram Kadar Amilosa Pada Tepung Pisang Sesuai Dengan Perlakuan

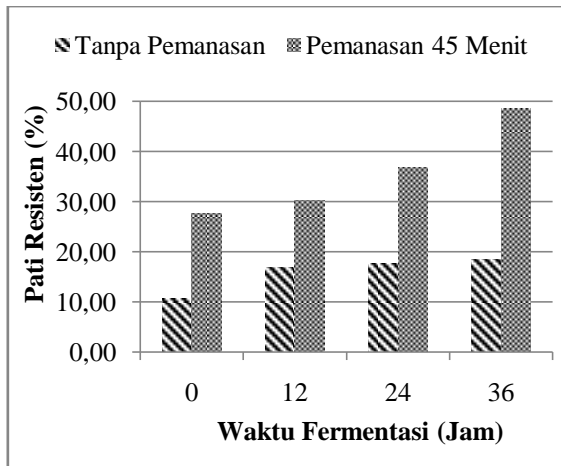
Hasil analisis statistik ($p < 0,01$) menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi spontan berpengaruh nyata terhadap kadar amilosa tepung pisang yang dihasilkan. Hal ini diduga disebabkan oleh aktivitas mikroba dalam menghasilkan enzim amilase yang dapat memutuskan ikatan α -glikosidik rantai amilosa menjadi rantai lurus dengan derajat polimerisasi yang lebih rendah atau menjadi gula-gula sederhana. Tidak berubahnya kadar amilosa dari tepung pisang hasil fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan menunjukkan bahwa selama proses perlakuan belum terjadi degradasi amilosa. Hasil ini meskipun ada penurunan sedikit tetapi masih bisa membuktikan bahwa tepung pisang yang dihasilkan masih memiliki potensi yang baik dalam

menghasilkan pati resisten.

Kadar amilosa hasil kombinasi fermentasi spontan dengan pemanasan pendinginan jika dibandingkan kadar amilosa tepung pisang tanpa fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan sedikit mengalami penurunan, meskipun relatif masih tetap. Terjadinya penurunan kadar amilosa dapat disebabkan oleh adanya penurunan suhu gelatinisasi dari granula pati (Abdillah, 2010). Hasil ini didukung pula oleh (Rohma, 2014) proses modifikasi pada tepung pisang kapas dengan fermentasi spontan selama 24 jam dan pemanasan 45 menit menghasilkan kadar amilosa 17,14%. Pati yang berkadar amilosa rendah nilai diberi pemanasan bertekanan dengan beberapa siklus gelatinisasi dan retrogradasi dapat menghasilkan pati modifikasi dengan ikatan yang kuat. Hal ini didukung pula oleh (Soto *dkk.*, 2007) bahwa amilosa akan mengalami retrogradasi setelah diberi perlakuan pemanasan dan pendinginan, kemudian selanjutnya amilosa yang teretrogradasi berperan dalam meningkatkan kadar pati resisten.

Kadar Pati Resisten

Kadar pati resisten tepung pisang hasil modifikasi fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan secara umum meningkat dengan adanya perlakuan pemanasan pendinginan. Perlakuan fermentasi spontan hingga 36 jam pada suhu ruang dan pemanasan pendinginan dapat meningkatkan kandungan pati resisten tepung pisang “mulu bebe”. Kandungan pati resisten tertinggi diperoleh pada perlakuan fermentasi spontan 36 jam dan pemanasan 45 menit yaitu 48,53%. Sedangkan kadar pati resisten terendah diperoleh pada perlakuan tanpa fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan yaitu sebesar 10,73%. Hasil ini menunjukkan dengan perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan dapat meningkatkan kadar pati resisten pada tepung pisang yang dihasilkan (Gambar 11).



Gambar 11. Histogram Kadar Pati Resisten Pada Tepung Pisang Sesuai Dengan Perlakuan

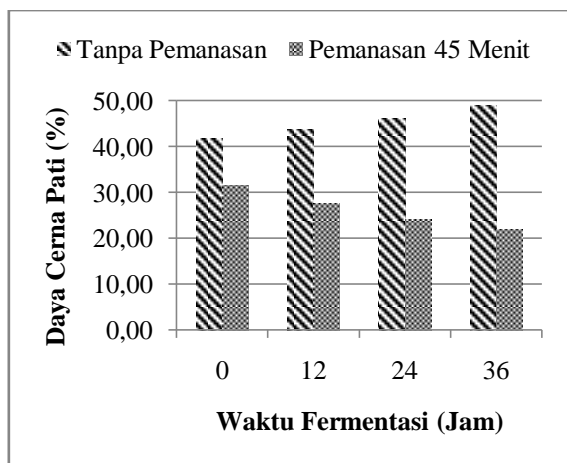
Hasil uji statistik ($p < 0,01$) menunjukkan waktu perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan berpengaruh sangat nyata terhadap kadar pati resisten pada tepung pisang “mulu bebe”. Hal ini disebabkan oleh pemanasan pada suhu 121°C selama 45 menit dan dilanjutkan dengan pendinginan 4°C selama 24 jam pati mengalami retrogradasi. Retrogradasi pati terjadi melalui penyusunan kembali ikatan hidrogen antara amilosa rantai pendek yang terbentuk setelah pemanasan dan dipercepat melalui proses pendinginan (Setiarto *dkk.*, 2015). Peningkatan kadar pati resisten tepung pisang berhubungan dengan kadar amilosa yang berasal dari bagian rantai pendek amilopektin (Rohma, 2010). Abdillah (2010) melaporkan bahwa amilopektin dapat terdegradasi oleh perlakuan fisik seperti pemanasan menjadi beberapa bagian rantai pendek lurus α (1,4) glukosa yang mana dapat meningkatkan kadar pati resisten. Pembentukan pati resisten oleh pemanasan dan pendinginan dipengaruhi oleh kristalisasi amilosa. Jika kadar amilosa yang tersedia mengalami perubahan, maka pati resisten yang terbentuk juga mengalami perubahan. Peningkatan kadar pati resisten serupa dengan hasil penelitian Nurhayati *dkk.* (2014) modifikasi proses mampu meningkatkan kadar pati resisten tepung pisang “Var agung sumeru” hingga empat kali (dari 10,32% menjadi 42,68%). Agustin (2014)

dimana modifikasi tepung pisang kapas dengan fermentasi spontan 12 jam dan pemanasan selama 30 menit mampu meningkatkan kadar pati resisten sampai dengan 16,80%.

Daya Cerna Pati *in Vitro*

Modifikasi proses fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan dapat mempengaruhi daya cerna pati *in vitro* pada tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan. Daya cerna pati adalah tingkat kemudahan suatu jenis pati untuk dapat dihidrolisis oleh enzim pemecah pati menjadi unit-unit yang lebih kecil (Gambar 12).

Hasil analisis statistik $p < 0,01$ menunjukkan daya cerna pati dari tepung pisang yang dihasilkan berbeda nyata antar perlakuan fermentasi spontan dengan pemanasan pendinginan. Daya cerna pati tertinggi diperoleh pada perlakuan fermentasi spontan ke 36 jam yaitu 49,04% dan nilai terendah diperoleh pada waktu fermentasi ke 36 jam dan diberi pemanasan pendinginan yaitu 21,94%. Hasil ini menunjukkan daya cerna pati meningkat dengan adanya proses fermentasi spontan, namun dengan proses pemanasan pendinginan dapat menurunkan daya cerna pati. Komposisi pati yang dapat dicerna menurun dengan semakin meningkatnya kadar pati resisten. Penurunan daya cerna pati disebabkan pada siklus pemanasan pendinginan, dimana terjadi penyusunan ulang molekul-molekul pati, amilosa-amilosa, dan amilosa-amilopektin yang berakibat pada penguatan pati dan membuat pati lebih sulit untuk tercerna (Shin *dkk.*, 2004). Menurut Nurhayati *dkk.* (2010) bahwa daya cerna pati secara *in vitro* pada tepung pisang yang dihasilkan dari perlakuan fermentasi dan kombinasi pemanasan-pendinginan dapat menurun hingga 50%. Farhat *dkk.* (2001) melaporkan bahwa daya cerna pati kentang meningkat dengan adanya gelatinisasi, akan tetapi menurun jika pati mengalami retrogradasi.



Gambar 12. Histogram Daya Cerna Pati Pada Tepung Pisang Sesuai Dengan Perlakuan

KESIMPULAN

Modifikasi fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan dapat mempengaruhi sifat fisikokimia tepung pisang “mulu bebe” yang dihasilkan. Untuk meningkatkan sifat prebiotik pada tepung pisang dapat dilakukan dengan meningkatkan pati resisten. Perlakuan fermentasi spontan dan pemanasan pendinginan (F24-P45) merupakan perlakuan yang optimal dan dapat meningkatkan kadar pati resisten sebesar 36,85% sebagai sumber pangan prebiotik. Dengan hasil analisis sifat fisikokimia: rendemen 26,54-37,73%, daya serap air 71,60-91,20%, daya serap minyak 1,84-2,74 ml/g, suhu gelatinisasi 70-75,67 °C, warna 76,35-86,39%, kadar air 7,21-10,68%, kadar pati 80,33-84,33%, kadar amilosa 17,44-18,62%, kadar pati resisten 10,73-48,53% dan daya cerna pati *in vitro* 21,94-49,04%.

DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, F. 2010. Modifikasi Tepung Pisang Tanduk (*Musa paradisiaca* Formatypica) Melalui Proses Fermentasi Spontan Dan Pemanasan Otoklaf Untuk Meningkatkan Kadar Pati Resisten (Tesis). Bogor. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Agustin S. 2014. Potensi Tepung Pisang Kapas Sebagai Sumber Pati Resisten

Melalui Modifikasi di Tingkat Pati. Prosiding Seminar Nasional Kimia. HKI-Kaltim. ISBN:978-602-19421-0-9.

Aini, N., P. Hariyadi, T. R. Muchtadi dan Andarwulan, N. (2010). Hubungan Antara Waktu Fermentasi Grits Jagung Putih Dengan Sifat Gelatinisasi Tepung Jagung Putih Yang Dipengaruhi Ukuran Partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri*.

Anderson AK, Guraya HS, James C, Salvaggio L. 2002. Digestibility and pasting properties of rice starch heat-moisture treated at the melting temperature (T_m). *J Starch/Starke* 54: 401-409.

AOAC, 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International^{16th}. USA.

Apriyantono, A.D. Fardias, N.L Puspitasari, Sedarwati, B. Budijanto. 1989. Analisis Pangan. Bogor.

Datta R, Henry M. 2006. Lactic acid: recent advances in product, processes and technologies-a review. *J Chem Technol Biotechnol*. 81:1119-29.

Chelule, P.K., Mokoena, M.P. dan Ggaleni, N. (2010). Advantages of Traditional Lactic Acid Bacteria Fermentation of Food in Africa. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biothecnology* 2: 1160-1167.

Fardiaz, D. 1984. Teknik Analisis Sifat Fungsional Komponen Bahan Pangan. Institutn Pertanian Bogor, Bogor.

——— 1989. Mikrobiologi Pangan I. PAU Pangan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Farhat IA, Potzmann J, Valles-Pamies B, Neale R, Hill SE. 2001. Effect of the Extent of Conversion and Retrogradation on the Digestibility of Potato Starch. *J Starch*. 53:431-436.

- Fennema OR. 1985. *Food Chemistry*. New York: Marcell Dekker Inc.
- Goni I, Garcia -Diz L, Mafias E, Saura-Calixto F. 1996. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry* Volume 56: 445 – 449
- Gong-Soto RA, Mora-Escobedo R, Hernandez-Sanches H, Sanchez-Rivera M, Bello-Perez LA. 2006. The Influence of Time and Storage Temperature on Resistant Starch Formation from Autoclaved Debranched Banana Starch. *Food Research International* 40: 304-310.
- Hatcher, D.W., J.E. Dexter and B.X. Fu. 2008. Investigation of Amber Durum Wheat for Production of Yellow Alkaline Noodles. *J. Cereal Sci.* 48:848-856.
- Histifarina, D., Rachman.A., Rahadian.D., dan Sukmaya. 2012. Teknologi Pengolahan Tepung dari Berbagai Jenis Pisang Menggunakan Cara Pengeringan Matahari dan Mesin Pengering. *Agrin* Vol. 16, No. 2. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat.
- Jenie, B.S.L., Widowati, S. dan Kusumaningrum, H.D. 2010. Pengembangan Produk Tepung Pisang dengan IG Rendah dan Sifat Prebiotik Sebagai Bahan Pangan Fungsional. Laporan Akhir Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch II. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Muchtadi, D. 2012. *Pangan Fungsional dan Senyawa Bioaktif*. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- , Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan*. Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi, Insitut Pertanian Bogor.
- Musita, N. 2009. Kajian Kandungan dan Karakteristik Pati Resisten dari Berbagai Varietas Pisang. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, Vol. 14, No. 1, 68-79.
- Mohamad, A., J. Xu and M. Singh. 2010. Yeast Leavend Banana-Breal: Formulation, Processing, Colour And Texture Analysis. *Food chem.* 118 (3): 620-626.
- Nurhayati, Betty Sri Laksmi, Widowati, Kusumaningrum. 2014. Komposisi Kimia dan Kristalinitas Tepung Pisang Termodifikasi Secara Fermentasi Spontan dan Siklus Pemanasan Bertekanan Pendinginan. *Jurnal AGRITECH*, Vol. 34, No. 2.
- Odoemela, S.A. (2003). Chemical Composition and Functional Properties Of *Tetradymium conophorum* Flour. *International Journal of Food Science and Technology* 38(6): 729-734.
- Osorio-Diaz. 2002. In Vitro Digestibility And Resistant Strach Content of Some Industrialized Commercial Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Food Chemistry* 78: 333-337.
- Radley, J.A., (1976). *Physical Methods of Characterising Starch*, In: Radley (Ed.), *Examination And Analysis of Starch and Starch Products*, Applied Science Publishher Ltd, London.
- Richana, Nur., Sunarti, Candra Titi. 2004. Karakteristik Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati dari Umbi Gayong, Suweng, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen* 1 (1): 29-30.
- Rufaizah U. 2011. Pemanfaatan Tepung Sorgum (*Sorghum bocolor* L. Moench). Pada Pembuatan *Snack Bar* Tinggi Serat Pangan dan Sumber Zat Besi Untuk Remaja Putri. Departemen Gizi Masyarakat. Fakultas Ekologi

- Manusia. Institut Pertanian Bogor, IPB.
- Reddy G. Altaf MD, Naveena BJ, Venkateshwar M. 2008. Amylolytic bacterial lactic acid fermentation – A review. *J Elsevier-Botecnol Adv*. 12:22-34.
- Rohma M. 2014. Perubahan Komposisi Pati Pada Tepung Pisang Kapas (*Musa Comiculata*) Termodifikasi Secara Fermentasi Spontan dan Lama Pemanasan Bertekanan-Pendinginan. Prosiding Seminar Nasional Kimia. HKI-Kaltim. ISBN:978-602-19421-0-9.
- Rosephin F. 2010. Mutu Dan Potensi Kukis Sebagai Pangan Fungsional Dengan Substitusi Tepung Modifikasi. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rosmisari, A. 2006. Review: Tepung Jagung Komposit, pembuatan dan Pengolahannya. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pengembangan Pertanian. BPPPT, Bogor.
- etiarto, R.H.B., Jenie, B.S.L., Faridah, D.N., Saskiawan I. 2015. Kajian Peningkatan Pati Resisten Yang Terkandung Dalam Bahan Pangan Sebagai Sumber Prebiotik. *JIPI*. Vol. 20 (3): 191-200.
- Soto RAG, Acevedo EA, Feria JS, Villalobos RR Bello-Perez LA (2004). Resistant Starch Made from Banana Starch by Autoclaving and Debranching. *JStarch/Starke* 56: 495-499.
- Shin S, Byun J, Park KW, Moon TW. 2007. Effect of Partial Acid and Heat Moisture Treatment of Formation of Resistant Tuber Starch. *J. Cereal Chemistry* 81(2): 194-198.
- Tam L. M., Corke , H., W.T., Li,J., dan Collado, L.S. 2004. Production of Bihon-Type Noodle From Mize Starch Differing In Amyloosa Conten. *J Cereal Chem*. 81(4):475-480.
- Widanigrum. 2012. Peningkatan Pati Resisten Tepung Pisang Uli Modifikasi Dengan Fermentasi Terkendali *L. Plantarum* BSL Dan Evaluasi Sifat Prebiotik. Tesis. Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Widowati S. 2003. Prospek Tepung Sukun Untuk Berbagai Produk Makanan Olahan Dalam Upaya Menunjang Diversifikasi Pangan. Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Winarno FG. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.