PENGARUH JENIS BAKTERI ASAM LAKTAT DAN LAMA FERMENTASI TERHADAP MUTU TEPUNG PISANG TANDUK (*Musa corniculata*)

(Effect of Lactic Acid Bacteria and Fermentation Time on Quality of Tanduk Banana (*Musa corniculata*) Flour)

Dewi Desnilasari¹⁾, Syawaludin Akbar Kusuma²⁾, Riyanti Ekafitri¹⁾, Rima Kumalasari¹⁾

¹⁾Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna-LIPI, Jl. K.S. Tubun No. 5 Subang, Jawa Barat 41213, Indonesia

²⁾Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudi No.193 Bandung, Jawa Barat 40153, Indonesia

e-mail: dewi.desnilasari@gmail.com

Diterima 08 Agustus 2019, Revisi akhir 03 April 2020, Disetujui 06 April 2020

ABSTRAK. Modifikasi melalui proses fermentasi dapat merubah mutu tepung. Penggunaan pisang tanpa dikupas kulitnya dalam pembuatan tepung pisang dapat meningkatkan kandungan mineral. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis bakteri asam laktat (BAL) dan lama fermentasi pada mutu tepung pisang. Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol (tanpa fermentasi), fermentasi spontan, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* masing-masing selama 24 dan 48 jam. Hasil penelitian menunjukkan proses fermentasi yang berlangsung dengan *L. bulgaricus* 24 jam memiliki total BAL, pH dan asam laktat yang optimum. Modifikasi tepung pisang utuh berpengaruh nyata terhadap peningkatan nilai warna merah/ hijau “a”, penurunan kadar abu, protein dan mineral jika dibandingkan dengan tepung pisang alami. Peningkatan kadar amilosa signifikan pada fermentasi *L. bulgaricus*. Kelarutan tepung pisang modifikasi menurun, sedangkan kapasitas penyerapan airnya meningkat nyata dibanding dengan tepung pisang alami. Profil gelatinisasi tepung modifikasi pada perlakuan fermentasi *L. casei* 24 jam dapat secara signifikan meningkatkan viskositas puncak, viskositas breakdown, viskositas akhir dan viskositas setback secara signifikan mampu menurunkan waktu puncak dan suhu pasting. Hal ini berarti bahwa modifikasi tepung pisang dengan kulit berpotensi untuk merubah karakteristik fisikokimia, sifat fungsional, dan karakteristik pasting dari tepung.

Kata kunci: bakteri asam laktat, fermentasi, pisang tanduk, tepung pisang modifikasi

ABSTRACT. Modification of banana flour by fermentation could change its quality. Fermentation of the whole banana could increase mineral content of banana flour. This research aimed to know the effect of the type of lactic acid bacteria and fermentation time on quality of whole tanduk banana flour. This research used completely randomized design with the treatments were control (without fermentation), spontaneous fermentation, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* for 24 and 48 hours. The result showed that fermentation by *L. bulgaricus* for 24 hours was optimum based on the number of lactic acid bacteria colony, pH and lactic acid contain. Modification of whole banana flour significantly increased the value of red/ green “a” color, but decreased ash content, protein and minerals compared to native banana flour. It also significantly increased amylose content in fermentation using *L. bulgaricus*. The solubility of modified banana flour was decreased, while the water absorption capacity was significantly increased compared to native flour. Pasting properties of modified flour using *L. casei* for 24 hours were significantly increased for the peak viscosity, breakdown, final viscosity, and setback, however the values of peak time and pasting temperature were reduced. This mean that the modification of whole banana flour has the potential to changed the characterictic of physicochemical, functional properties, and pasting properties of banana flour.

Keywords: fermentation, lactic acid bacteria, modified banana flour, tanduk banana

1. PENDAHULUAN

Pisang merupakan buah konsumsi yang menjadi komoditas penting kelima di dunia (Anyasi *et al.*, 2018). Pisang merupakan buah klimaterik yang dapat tumbuh di daerah tropis maupun subtropis dengan perawatan yang mudah (Anyasi *et al.*, 2013). Data menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara penghasil pisang terbesar di Asia. Hampir 50% produksi pisang di Asia dihasilkan dari Indonesia (Kusuma & Zubaidah, 2016).

Buah pisang dapat dikonsumsi secara segar maupun olahan. Berdasarkan cara konsumsinya, pisang dibagi menjadi dua jenis yaitu pisang meja yang dikonsumsi secara langsung dan pisang masak atau olah (*plantain*) yang harus diolah terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Diantara keduanya, pisang meja adalah jenis pisang yang lebih banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, seperti pisang ambon, pisang susu dan pisang barangan. Sementara itu, pisang olah seperti pisang kepok, pisang siam, pisang tanduk, pisang raja dan pisang kapas belum dimanfaatkan secara optimal. Pisang jenis ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku produk olahan seperti sale, keripik dan dodol.

Seperti buah pada umumnya, pisang juga mudah rusak setelah panen, sehingga buah pisang yang tidak terserap pasar akan rusak, busuk dan dibuang. Salah satu upaya untuk memperpanjang umur simpan yang relatif singkat, pisang dapat dibuat menjadi produk antara yaitu tepung pisang (Palupi, 2012; Yani, Wylis Arief, & Mulyanti, 2013). Tepung pisang dihasilkan dari penggilingan buah pisang kering (gaplek pisang). Tepung pisang biasanya terbuat dari pisang tua yang belum matang (mengkal). Hampir semua jenis buah pisang dapat dijadikan tepung baik *dessert banana* maupun *plantain*. Pisang yang bisa dijadikan tepung adalah yang memiliki kandungan pati tinggi. Pisang jenis *plantain* memiliki kadar pati yang lebih tinggi yaitu berkisar antara 20-30%, sehingga baik digunakan untuk pembuatan tepung (Palupi, 2012). Menurut Gutiérrez (2018) tepung *plantain* memiliki kadar pati hingga 85% dan 15% sisanya berupa mineral, protein, serat pangan dan vitamin.

Salah satu jenis *plantain* yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah pisang tanduk (*Musa corniculata*). Pisang tanduk memiliki keunggulan dibanding pisang lain yaitu kandungan serat pangan tinggi yaitu sebesar 2,3 g/100 g buah pisang (Michaelsen *et al.*, 2009). Pisang mengandung karbohidrat, serat pangan, mineral,

vitamin, provitamin dan komponen fenolik sebagai antioksidan (Anyasi *et al.*, 2018; Yani *et al.*, 2013). Hasil penelitian Palupi (2012), pisang jenis tanduk menghasilkan tepung pisang dengan rendemen 23,16% dengan kadar pati 60,01%, lebih tinggi dibandingkan jenis ambon, kepok dan biji.

Umumnya, tepung pisang terbuat dari buah pisang yang telah dikupas. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan kulit pisang mengandung mineral yang cukup tinggi terutama potasium, magnesium dan fosfor. Pemanfaatan kulit pisang selama ini masih sebatas untuk pakan ternak, pupuk dan industri sabun (Adeniji & Abdou, 2008). Tepung yang terbuat dari buah pisang utuh atau tanpa dikupas tidak menyebabkan kematian (*mortality*) pada hewan ternak seperti ayam. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada sifat toksik dari kulit pisang. Lebih lanjut, Adeniji & Abdou (2008) menjelaskan tidak ada perbedaan cita rasa pada tepung yang dihasilkan. Hal tersebut yang mendasari penelitian ini untuk memanfaatkan kulit buah pisang untuk dijadikan tepung.

Tepung pisang utuh adalah tepung pisang yang berasal dari buah pisang tanpa proses pengupasan kulit, sehingga seluruh bagian buah kecuali bonggol dimanfaatkan sebagai bahan baku. Pemanfaatan seluruh bagian buah sebagai bahan baku bertujuan untuk mendapatkan manfaat lebih dari kandungan nutrisi dalam kulit buah pisang dan mengurangi limbah. Kulit pisang *plantain* kaya akan mineral seperti kalium, kalsium, magnesium, fosfor, tembaga, besi apabila dibandingkan dengan puree pisangnya. Peran mineral didalam tubuh manusia sangat penting untuk menjaga kesehatan dan metabolisme tubuh (Adeniji & Abdou, 2008). Kulit pisang mengandung beberapa senyawa antioksidan yaitu katekin, galokatekin dan epikatekin yang merupakan senyawa flavonoid (Agama-Acevedo *et al.*, 2016; Rebello *et al.*, 2014). Pemanfaatan tepung kulit pisang telah dilakukan oleh Al-Sahlaney & Al-musafer (2020) sebagai bahan substitusi pembuatan roti mampu memperbaiki reologi dan warna rotinya. Penelitian Sodchit *et al.* (2013) menambahkan tepung kulit pisang pada *butter cake* mampu meningkatkan serat pangan dan penerimaan sensori panelis.

Pemanfaatan tepung pisang sebagai bahan baku produk pangan masih terbatas. Modifikasi tepung pisang diperlukan untuk mendapatkan profil gelatinisasi yang masih belum memenuhi kualitas seperti halnya tepung terigu. Modifikasi dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi. Modifikasi secara biologi dilakukan dengan melakukan fermentasi baik dengan menambah

inokulum mikroba atau secara spontan tanpa penambahan inokulum. Inokulum yang biasanya digunakan dalam proses fermentasi tersebut adalah bakteri asam laktat (BAL).

BAL merupakan bakteri yang dapat menghasilkan asam laktat hasil dari metabolisme glukosa dan dapat memproduksi enzim amilase dan amilopululanase yang akan memutus ikatan amilosa dan amilopektin sehingga dapat tumbuh pada substrat pati (Kim *et al.*, 2008). Selain itu, menurut Krabi *et al.* (2015) *Lactobacillus sp.* mampu menghasilkan enzim ekstraseluler yaitu enzim pektinase 2,67%, enzim β -glukosidase 8% dan enzim selulase 5,33%. Enzim selulase yang dihasilkan *Lactobacillus sp.* dapat meningkatkan daya cerna dan mampu mendegradasi makanan yang mengandung serat.

Penggunaan BAL dalam proses modifikasi tepung ini diharapkan dapat merubah fisikokimia dan profil gelatinisasi pada tepung pisang sehingga memiliki fungsionalitas yang lebih baik. Proses modifikasi tepung pisang telah dilakukan oleh Jenie *et al.* (2012) menggunakan kultur campuran ditambah modifikasi fisik *autoclave cooling* dan Nurhayati *et al.* (2014) yang melakukan fermentasi spontan hingga 72 jam. Penelitian tersebut lebih menekankan terhadap terbentuknya pati resisten pada produk tepung pisang. Selain itu, Buwono *et al.* (2018) melaporkan modifikasi tepung pisang batu menggunakan inokulum *L. fermentum* dengan lama waktu 24-72 jam. Penelitian tersebut menunjukkan adanya perubahan fisik, kimia dan sensori tepung. Kapasitas penyerapan air, protein dan amilosa tepung pisang modifikasi tersebut juga diketahui meningkat. Namun, indeks kecerahan, *swelling power*, kelarutan dan kadar air tepung pisang modifikasi mengalami penurunan. Profil gelatinisasi pada tepung pisang batu modifikasi menunjukkan perubahan pada suhu gelatinisasi yang lebih tinggi dibanding dengan kontrol yang tidak dimodifikasi.

Penelitian mengenai modifikasi tepung pisang tanduk utuh melalui proses fermentasi masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis bakteri dan lama waktu fermentasi terhadap mutu tepung pisang tanduk utuh modifikasi. Mutu tepung pisang tanduk utuh yang diuji antara lain mutu fisik, kimia dan sifat fungsional tepung. Mutu fisik yang dikaji berupa parameter warna. Mutu kimia meliputi proksimat, kadar amilosa dan kadar mineral tepung pisang. Sifat fungsional tepung yang akan dikaji meliputi *swelling power*, kelarutan, kapasitas penyerapan air dan kapasitas

penyerapan minyak. Terakhir, profil gelatinisasi tepung pisang utuh yang dihasilkan juga akan diuji.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pisang tanduk (Dawuan, Subang, Jawa Barat), inokulum *Lactobacillus bulgaricus* FNCC 00041, *Lactobacillus casei* FNCC 00090, *Lactobacillus plantarum* FNCC 00027 yang didapatkan dari Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM, media *De Man Rogosa Sharpe* (MRSA) (Merck), media *Buffer Pepton Water* (BPW), kalium oksalat, NaOH 1 N, aquades, etanol 95% (Merck), asam asetat 1 N (Merck) dan larutan iodin.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca digital, erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, buret, pipet tets, micropipet (soccorex), macropipet (soccorex), cawan petri, bunsen, autoklaf (Hirayama), tanur, oven, inkubator (Binder), desikator, pH meter (SI Analytic), *Rapid Visco Analyzer* (RVA-TecMaster), *colorimeter* (3nH), *shaker waterbath* (GFL 1086), sentrifus (Thermoscientific SL40R), spektrofotometer (UV VIS Shimadzu) dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap. Dengan faktornya adalah kombinasi jenis bakteri dan lama waktu fermentasi sebanyak 8 perlakuan dan 1 kontrol (tepung pisang tidak difermentasi). Perlakuan tersebut adalah: 1) Fermentasi spontan selama 24 jam (S24), 2) Fermentasi spontan selama 48 jam (S48), 3) Fermentasi *L. bulgaricus* selama 24 jam (LB24), 4) Fermentasi *L. bulgaricus* selama 48 jam (LB48), 5) Fermentasi *L. casei* selama 24 jam (LC24), 6) Fermentasi *L. casei* selama 48 jam, 7) Fermentasi *L. plantarum* selama 24 jam (LP24) dan 8) Fermentasi *L. plantarum* selama 48 jam (LP48). Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Data yang dihasilkan dianalisa menggunakan *One Way ANOVA* pada tingkat kepercayaan $p < 0,05$ dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan menggunakan SPSS 16.0 (Desnilasari, Rahmadiana & Kumalasari, 2018).

Fermentasi dan Pembuatan Tepung Pisang Tanduk

Stater inokulum *L. bulgaricus*, *L. casei* dan *L. plantarum* dibuat dengan menambahkan 2 ose isolat pada 10 ml susu skim steril dan diinkubasi selama 24 jam pada 37 °C. Setelah itu, ditumbuhkan kembali pada 100 ml susu skim

sebanyak 5% dan diinkubasi kembali selama 24 jam pada 37 °C. Untuk stater kerja didapatkan dengan menumbuhkan kembali pada 500 ml susu skim sebanyak 5% dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C (Desnilasari *et al.*, 2018). Pembuatan tepung pisang dengan kulitnya berdasarkan pada penelitian Yani *et al.* (2013) dengan beberapa modifikasi. Pisang tanduk dengan kulitnya dicuci bersih, kemudian diiris tipis-tipis menggunakan *slicer* dan direndam pada larutan natrium bisulfit (0,3%) selama 5 menit. Setelah itu dikukus selama 10 menit. Untuk kontrol setelah dikukus, irisan pisang dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 50 °C selama 18 jam. Untuk tepung pisang modifikasi irisan pisang dengan kulit kemudian dimasukkan kedalam toples dan diisi air steril. Fermentasi spontan dilakukan dengan tidak menambahkan starter kerja, sedangkan untuk fermentasi menggunakan bakteri asam laktat ditambahkan sebanyak 5% stater kerja. Kemudian dilakukan fermentasi pada suhu ruang selama 24 dan 48 jam. Proses fermentasi dievaluasi dengan cara mengambil larutan rendaman untuk dianalisa jumlah bakteri asam laktat, pH dan total asam laktatnya. Irisan pisang yang sudah difermentasi kemudian dicuci dan ditiriskan untuk dikeringkan dicabinet dryer pada suhu 50 °C selama 18 jam. Irisan pisang yang sudah kering kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan *drymill* blender dan diayak menggunakan saringan 40 mesh. Sampel tepung pisang siap untuk dianalisa.

Uji Hasil Fermentasi Pisang Tanduk

Proses fermentasi dievaluasi dengan mengambil larutan rendaman untuk kemudian dianalisa pH nya menggunakan pH-meter. Total asam laktat diukur berdasarkan total asam tertitrasi menggunakan metoda NaOH titrasi. Jumlah Bakteri Asam laktat pada larutan rendaman dianalisa menggunakan metode cawan total (*total plate count*) (Desnilasari & Kumalasari, 2017).

Uji Mutu Fisikokimia Tepung Pisang Tanduk

Parameter yang diuji sebagai mutu fisikokimia tepung pisang tanduk meliputi warna, proksimat, mineral (kalium, magnesium, seng, besi dan kalsium) dan kadar amilosa. Analisis warna dilakukan menggunakan alat kolorimeter (3nH NH310, China). Hasil pengukuran dinyatakan dalam CIE LAB, dengan nilai L (*lightness*; 0= hitam, 100= putih), a (+a= merah, -a= hijau), b (+b= kuning, -b= biru) (Ratnawati *et al.*, 2019). Pengujian proksimat pada penelitian ini

menggunakan metode SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (BSN, 1992). Total karbohidrat dihitung menggunakan metode *by difference*.

$$\text{Total karbohidrat} = 100 - \% \text{ air} + \% \text{ abu} + \% \text{ protein} + \% \text{ lemak} \dots (1)$$

Kadar amilosa menggunakan metode spektrofotometri (Apriantono, 1989). Kadar mineral dilakukan menggunakan metode pada AOAC menggunakan alat Atomic Absorption Spectroscopy (Adeniji & Abdou, 2008).

Uji Mutu Sifat Fungsional Tepung Pisang dengan Kulitnya

Pengujian sifat fungsional tepung pisang dengan kulitnya meliputi *swelling power* (g/g), kelarutan (%), kapasitas penyerapan air (%) dan kapasitas penyerapan minyak (%). Pengujian *swelling power* dan kelarutan menggunakan metode Pranoto *et al.* (2014) dengan sedikit modifikasi. Sampel sebanyak 0,2 g dimasukkan ke dalam tabung sentrifus yang telah diketahui beratnya, kemudian ditambahkan 10 mL akuades dan dihomogenkan. Selanjutnya sampel didiamkan pada suhu ruang selama 5 menit, lalu dimasukkan ke dalam *waterbath* bersuhu 95 °C selama 30 menit. Tahapan berikutnya adalah pemisahan gel dan supernatan dengan menggunakan sentrifus pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. *Swelling power* ditunjukkan dengan gel yang terbentuk setelah proses pemanasan. Sementara itu, supernatan ditempatkan pada cawan yang telah diketahui beratnya kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 °C hingga diperoleh bobot konstan. *Swelling power* dan kelarutan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Swelling power (g/g)} = (W_2 - W_3) / W_1 \dots\dots(2)$$

Keterangan: W_1 = berat sampel (g),
 W_2 = berat gel + tabung (g),
 W_3 = berat sampel + tabung (g)

$$\text{Kelarutan (\%)} = (W_2/W_1) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: W_1 = berat sampel (g),
 W_2 = berat supernatan kering (g)

Pengujian kapasitas penyerapan air dan kapasitas penyerapan minyak menggunakan metode Chandra *et al.* (2015). Sampel tepung pisang sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam tabung sentrifus yang telah diketahui beratnya, kemudian ditambahkan 10 mL akuades atau minyak sawit

lalu dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Sampel didiamkan pada suhu ruang (30 ± 2 °C) selama 30 menit dan disentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Setelah sentrifugasi, supernatan didekantasi dan berat tabung sentrifus serta endapan ditimbang. Kapasitas penyerapan air dan minyak dinyatakan dalam persen air atau minyak yang diabsorpsi per gram sampel. Rumus perhitungan kapasitas penyerapan air dan minyak adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas penyerapan} = (W_2 / W_1) \times 100\% \dots\dots(4)$$

air atau minyak

Keterangan: W_1 adalah berat sampel (g) dan
 W_2 adalah berat endapan (g)

Uji Pasting Properties Tepung Pisang Tanduk dengan Kulitnya

Pengujian menggunakan alat *Rapid Visco Analyzer* (RVA-TecMaster, Macquarie Park, Australia). Sampel tepung pisang utuh ditimbang dengan berat 3,5 g kemudian dicampur dengan 25 g akuades dalam wadah aluminium. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam *Rapid Visco Analyzer* dengan kecepatan per putaran 160 rpm pada suhu 50 °C selama 1 menit. Selanjutnya sampel dipanaskan hingga mencapai suhu 95 °C dalam 3,7 menit; kemudian ditahan pada suhu 95 °C selama 2,5 menit. Setelah itu, sampel didinginkan kembali sampai suhu 50 °C dalam 3,8 menit dan kemudian ditahan pada suhu 50 °C selama 2 menit (Cahyana *et al.*, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi Tepung Pisang Tanduk dengan Kulit

Air rendaman pisang dalam proses fermentasi dievaluasi nilai total asam tertitrasinya, pH dan jumlah bakteri asam laktat. Total asam teritritasi mengindikasikan total asam laktat yang terbentuk dalam proses fermentasi tersebut. Hasil menunjukkan berbeda nyata antara perlakuan pada taraf $p < 0.05$, begitu juga dengan nilai pH cairan fermentasi. Pada Gambar 1 terlihat bahwa fermentasi menggunakan starter *L. bulgaricus* menunjukkan jumlah asam laktat yang terbaik dibandingkan dengan fermentasi spontan maupun dengan starter yang lain. Hal ini disebabkan *L. bulgaricus* merupakan bakteri golongan homofermentatif, sedangkan *L. casei* dan *L. plantarum* merupakan bakteri heterofermentatif (Giraffa *et al.*, 2010).

Berdasarkan kemampuan memfermentasi gula, bakteri asam laktat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu homofermentatif yang mengubah gula menjadi asam laktat dan heterofermentatif yang mengubah gula menjadi asam laktat, asam asetat, etanol dan CO_2 . Adanya asam laktat yang dihasilkan dapat menurunkan pH lingkungan (Giraffa *et al.*, 2010). Hal ini selaras dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini bahwa semakin tinggi jumlah asam laktat berbanding terbalik dengan nilai pH fermentasi, dengan pH yang terkecil adalah pada fermentasi 48 jam dengan *L. bulgaricus*. Sementara itu, pada

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L. bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L. casei*, dan LP : fermentasi dengan *L. plantarum*

Gambar 1. Nilai pH dan total asam laktat selama proses fermentasi tepung pisang tanduk dengan kulit

fermentasi *L. casei* dan *L. plantarum* menghasilkan asam laktat lebih rendah dikarenakan didalam proses fermentasi asam laktat tidak dominan dihasilkan karena termasuk kelompok bakteri heterofermentatif.

Jumlah asam laktat yang dihasilkan untuk *L. plantarum* pada penelitian Jenie *et al.* (2012) lebih rendah dibandingkan dengan jumlah asam laktat yang dihasilkan pada penelitian ini, dengan total asam laktat adalah 0,21%. Asam laktat yang tinggi dapat mengoptimalkan proses modifikasi tepung pisang. Keberadaan asam pada proses ini dapat membantu memodifikasi pati pada tepung pisang.

Jumlah bakteri asam laktat memperlihatkan hasil yang berbeda nyata diantara perlakuan pada $p < 0.05$ (Gambar 2). Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah bakteri asam laktat tertinggi adalah pada proses fermentasi menggunakan *L. plantarum* 48 jam. Pada fermentasi spontan menunjukkan adanya bakteri asam laktat pada waktu jam ke 0. Hal ini menunjukkan bahwa secara alami di dalam pisang terdapat bakteri asam laktat. Peningkatan jumlah bakteri asam laktat pada fermentasi spontan jam ke-24 lebih tinggi apabila dibandingkan dengan fermentasi yang diberi starter. Hal ini mengindikasikan bahwa bakteri asam laktat *indigenous* pisang lebih mudah tumbuh memanfaatkan nutrisi yang ada di dalam pisang.

Berdasarkan penelitian Chen *et al.* (2017) yang mengidentifikasi keragaman bakteri asam laktat di dalam pisang menunjukkan bahwa genera yang tumbuh paling banyak adalah *Lactobacillus* dan *Weissella*, sedangkan berdasarkan spesies yang banyak ditemukan adalah *L. plantarum*. Hal inilah yang menyebabkan jumlah bakteri asam laktat pada fermentasi *L. plantarum* lebih tinggi

dibanding dengan yang lainnya. Hasil penelitian ini juga selaras dengan hasil penelitian dari Kusuma & Zubaidah (2016) yang menunjukkan bahwa fermentasi kulit pisang menggunakan *L. plantarum* menghasilkan jumlah bakteri asam laktat lebih tinggi dibanding dengan *L. casei*. *L. plantarum* mampu tumbuh lebih optimal pada fermentasi sayuran dan buah dibandingkan bakteri asam laktat lainnya. *L. plantarum* dapat memanfaatkan gula-gula sederhana, seperti glukosa, sukrosa, dan fruktosa pada buah dan kulit pisang sebagai sumber energi. Selain itu, komponen mikronutrien lain pada buah dan kulit pisang juga dapat mendukung pertumbuhannya. Kandungan nutrisi pisang berupa serat dan pati sebagai karbohidrat kompleks juga digunakan bakteri sebagai sumber energi.

Sifat Fisikokimia Tepung Pisang dengan Kulitnya

Hasil analisis warna tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi menunjukkan bahwa untuk nilai kecerahan (L) yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol namun tidak berbeda nyata pada $p < 0,05$ (Tabel 1). Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan sampel. Semakin cerah sampel yang diukur, maka nilai L akan mendekati 100. Sebaliknya, semakin gelap sampel nilai L akan mendekati 0. Nilai kecerahan warna (L) tepung pisang terfermentasi dan kontrol berkisar antara 51,21-55,58 yang mengindikasikan bahwa tepung pisang utuh alami dan tepung pisang utuh terfermentasi memiliki tingkat kecerahan warna yang rendah dengan nilai L yang rendah dan tidak dipengaruhi oleh proses fermentasi. Hasil ini berbeda dengan penelitian Buwono *et al.* (2018)

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L casei*, dan LP : fermentasi dengan *L plantarum*

Gambar 2. Jumlah bakteri asam laktat dalam log (cfu/ml) selama proses fermentasi tepung pisang tanduk dengan kulit

yang menunjukkan bahwa proses fermentasi menurunkan kecerahan warna tepung. Rendahnya nilai L pada tepung pisang kontrol dan tepung pisang terfermentasi dapat disebabkan oleh adanya penggunaan kulit pada proses penepungan. Kulit pisang mengandung tinggi komponen fenolik yang selama proses pembuatan tepung dapat mengalami pencoklatan enzimatis akibat bereaksi dengan enzim polifenolase sehingga menurunkan tingkat kecerahan warna tepung pisang utuh tanpa pengupasan kulit (Aquino *et al.*, 2016).

Nilai a merupakan parameter pengukuran warna kromatik campuran merah-hijau. Apabila a bernilai positif, sampel cenderung berwarna merah. Sebaliknya, apabila a bernilai negatif maka sampel cenderung berwarna hijau. Nilai a pada tepung pisang dengan kulit terfermentasi menunjukkan kenaikan nilai jika dibandingkan dengan tepung pisang kontrol (alami) (Tabel 1). Nilai a tepung pisang terfermentasi sebesar 2,82-3,81 meningkat signifikan dibandingkan dengan nilai a tepung pisang utuh alami yaitu sebesar 1,83 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa warna tepung pisang terfermentasi cenderung memiliki warna kemerahan akibat klorofil pada kulit pisang sangat sensitif terhadap oksigen, panas dan pH, sehingga menghasilkan feofitin dan feoforbida yang menyebabkan warna menjadi hijau kecoklatan. Semakin rendah pH maka pembentukan pigmen tersebut semakin besar (Khoozani *et al.*, 2019). Selain itu, proses fermentasi juga dapat memecah serat dan pati menjadi senyawa gula sederhana yang jika terkena panas akan mengalami *browning* kemerahan.

Nilai b merupakan parameter pengukuran warna kromatik campuran kuning-biru. Apabila b bernilai positif, sampel cenderung berwarna kuning dan bila b bernilai negatif maka sampel cenderung berwarna biru. Nilai b pisang terfermentasi tidak berbeda signifikan dengan nilai b tepung pisang

kontrol (alami) ($p > 0,05$) kecuali nilai b tepung pisang terfermentasi menggunakan starter *L. plantarum* pada waktu fermentasi 24 dan 48 jam ($p < 0,05$). Nilai b tepung pisang alami sebesar 7,78 berbeda signifikan dengan nilai b tepung pisang terfermentasi oleh starter *L. plantarum* selama 24 dan 48 jam dengan nilai b 11,51 dan 11,55. Hasil ini menunjukkan bahwa tepung pisang fermentasi *L. plantarum* cenderung memiliki warna lebih kuning dibandingkan dengan tepung pisang utuh alami. Hal ini diduga selama fermentasi, *L. plantarum* lebih banyak menghasilkan asam organik. Menurut Anyasi *et al.* (2017) *pretreatment* menggunakan asam organik pada pembuatan tepung pisang mentah dapat mengurangi pencoklatan sehingga tepung yang dihasilkan memiliki warna yang lebih terang. Hal ini mengakibatkan meningkatnya nilai b pada tepung terfermentasi dengan *L. plantarum*.

Hasil analisis proksimat tepung pisang tanduk dengan kulit modifikasi sebagaimana dapat dilihat pada tabel 2 berkisar antara 4,81-6,92%. Kadar air tepung pisang tanduk utuh yang difermentasi secara spontan, difermentasi *L. bulgaricus* 24 jam dan *L. plantarum* 48 jam lebih tinggi dibandingkan dengan tepung pisang non fermentasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Jenie *et al.* (2012) yang menunjukkan peningkatan kadar air pada tepung pisang modifikasi. Hal ini dikarenakan adanya perendaman air pada proses fermentasi dapat meningkatkan penyerapan air dan terjeraknya air pada bahan dibandingkan dengan tepung pisang dengan kulit non fermentasi (Buwono *et al.*, 2018). Nilai kadar air tepung pisang tanduk dengan kulit hasil penelitian ini telah memenuhi standar SNI tepung pisang nomor 01-3841-1995 yang menyatakan bahwa kadar air maksimal tepung pisang mentah adalah 12% (BSN, 1995) dan masih berada dalam kisaran kadar air tepung pisang mentah jenis Cavendish yaitu

Tabel 1. Hasil analisis warna tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi dan tepung pisang dengan kulit alami

Perlakuan	L	a	B
Non fermentasi (alami)	55,58±0,34 ^b	1,83±0,11 ^a	7,78±0,03 ^a
Fermentasi spontan 24 jam	53,42±0,75 ^{ab}	3,22±0,49 ^{bcd}	10,07±1,15 ^{ab}
Fermentasi spontan 48 jam	51,21±1,21 ^a	3,61±0,19 ^{cd}	8,37±0,52 ^{ab}
Fermentasi LB 24 jam	54,71±1,27 ^b	3,29±0,13 ^{bcd}	10,37±1,41 ^{ab}
Fermentasi LB 48 jam	54,57±0,68 ^b	3,81±0,34 ^d	10,92±1,03 ^{ab}
Fermentasi LC 24 jam	54,08±1,50 ^{ab}	2,82±0,21 ^b	9,89±0,46 ^{ab}
Fermentasi LC 48 jam	53,20±1,05 ^{ab}	2,98±0,12 ^{bc}	9,94±0,78 ^{ab}
Fermentasi LP 24 jam	54,68±3,15 ^b	3,27±0,44 ^{bcd}	11,55±3,38 ^b
Fermentasi LP 48 jam	53,60±2,35 ^{ab}	3,25±0,72 ^{bcd}	11,51±3,33 ^b

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L. bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L. casei*, dan LP : fermentasi dengan *L. plantarum*

4,14-10,60% (Sardá *et al.*, 2016). Proses fermentasi baik spontan maupun dengan kultur memperlihatkan kadar abu yang semakin kecil dibandingkan dengan tepung pisang tanduk dengan kulit non fermentasi (alami). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Nurhayati dan Rahmanto (2016) yang menyatakan bahwa proses fermentasi pada tepung pisang plantain menurunkan kadar abu tepung.

Kadar protein pada tepung modifikasi cenderung mengalami penurunan signifikan dibandingkan dengan tepung pisang non fermentasi, kecuali pada fermentasi *L. plantarum*. Hal ini diduga adanya pemanfaatan protein oleh bakteri sebagai nutrisi untuk pertumbuhan. Pada fermentasi *L. plantarum* mampu menstabilkan kadar protein dikarenakan adanya pemanfaatan protein diiringi dengan meningkatnya biomassa *L. plantarum* yang mengandung peptidoglikan (Buwono *et al.*, 2018). Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Buwono *et al.* (2018) dan Setiarto dan Widhyastuti (2016) yang menunjukkan bahwa proses fermentasi dapat meningkatkan kandungan protein pada tepung modifikasi yang dihasilkan akibat biomassa dari BAL yang mengandung peptidoglikan yang meningkatkan dan terhitung sebagai protein. Penelitian Nurhayati *et al.* (2014) pada pisang agung menunjukkan kadar protein yang tidak berbeda nyata antara tepung pisang fermentasi dan non fermentasi. Kadar lemak tepung pisang tanduk utuh menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata kecuali pada fermentasi oleh *L.*

casei 48 jam dan *L. plantarum* 48 jam. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nurhayati *et al.* (2014) yang menunjukkan kadar lemak yang tidak berbeda nyata antara fermentasi dan tidak fermentasi. Kadar karbohidrat pada tepung pisang terfermentasi memiliki kecenderungan lebih tinggi dibandingkan dengan tepung pisang non fermentasi (alami). Hal ini dapat disebabkan oleh adanya penurunan kadar abu dan protein pada tepung pisang tanduk terfermentasi yang mengakibatkan total karbohidrat yang dihitung secara *by difference* semakin tinggi.

Kadar amilosa tepung pisang terfermentasi oleh *L. bulgaricus* selama 24 jam dan 48 jam lebih tinggi (27,64 dan 27,04%) dan berbeda signifikan dengan tepung pisang non fermentasi (alami) (23,48%). Peningkatan kadar amilosa dikarenakan *Lactobacillus* sp. dapat menghasilkan enzim amilase dan amilopululanase yang akan memutuskan ikatan amilosa dan amilopektin sebagai cara untuk dapat tumbuh pada substrat pati (Kim *et al.*, 2008). Selain itu terjadinya pemotongan struktur cabang dari amilopektin (*debranching*) menghasilkan oligomer dengan derajat polimer lebih pendek seperti amilosa (Nurhayati *et al.*, 2014), sehingga meningkatkan kandungan amilosa pada tepung pisang terfermentasi. Hal ini selaras dengan peningkatan kandungan amilosa pada tepung pisang jenis *Musa balbisiana* dan tepung pisang agung terfermentasi (Buwono *et al.*, 2018; Nurhayati & Rahmanto, 2016).

Tabel 2. Hasil analisis proksimat dan amilosa tepung pisang tanduk utuh modifikasi

Perlakuan	Air (%)	Abu (%)	Protein (%)	Lemak (%)	KH (%)	Amilosa (%)
Non fermentasi (alami)	4,91±0,41 ^a	3,51±0,07 ^e	3,94±0,04 ^d	4,62±0,10 ^b	83,02±0,45 ^a	23,48±1,26 ^a
Fermentasi spontan 24 jam	6,49±0,54 ^b	1,22±0,08 ^{cd}	3,34±0,18 ^b	4,68±0,16 ^b	84,26±0,72 ^{bc}	24,41±3,48 ^{ab}
Fermentasi spontan 48 jam	7,38±0,37 ^c	1,15±0,04 ^{bc}	3,09±0,14 ^a	4,70±0,05 ^b	83,68±0,40 ^{ab}	24,88±3,10 ^{abc}
Fermentasi LB 24 jam	6,45±0,29 ^b	1,00±0,03 ^a	3,56±0,04 ^{bc}	4,59±0,07 ^b	84,41±0,35 ^{bcd}	27,64±1,32 ^c
Fermentasi LB 48 jam	5,53±0,34 ^a	1,09±0,05 ^{ab}	3,38±0,25 ^b	4,76±0,19 ^b	85,23±0,03 ^e	27,04±0,56 ^{bc}
Fermentasi LC 24 jam	5,59±0,31 ^a	1,33±0,11 ^d	3,66±0,03 ^c	4,59±0,30 ^b	84,83±0,52 ^{cde}	24,12±0,47 ^{ab}
Fermentasi LC 48 jam	5,42±0,38 ^a	1,35±0,12 ^d	3,63±0,12 ^c	4,50±0,15 ^a	85,10±0,36 ^{de}	24,93±0,17 ^{abc}
Fermentasi LP 24 jam	5,43±0,33 ^a	1,17±0,02 ^{bc}	3,93±0,06 ^d	4,57±0,18 ^b	84,89±0,36 ^{cde}	24,10±0,17 ^{ab}
Fermentasi LP 48 jam	6,92±0,25 ^{bc}	1,26±0,05 ^{ab}	3,76±0,03 ^{cd}	4,27±0,14 ^a	83,78±0,36 ^{ab}	23,83±0,65 ^{ab}

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L. bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L. casei*, dan LP : fermentasi dengan *L. plantarum*

Proses modifikasi tepung pisang tanduk utuh secara signifikan dapat menyebabkan penurunan kadar mineral kalium, magnesium, zink, dan kalsium bila dibandingkan dengan kontrol tanpa fermentasi (Tabel 3). Data ini selaras dengan adanya penurunan kadar abu yang signifikan pada data proksimat sebelumnya. Menurut Simwaka *et al.* (2017) penurunan ini disebabkan oleh adanya *leaching* mineral larut air selama fermentasi atau akibat aktivitas metabolik mikroorganisme. Kalium merupakan mineral dengan jumlah tertinggi pada tepung pisang (Abbas *et al.*, 2009). Kadar kalium pada tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi berkisar 231,84-357,42 mg/100g. Nilai ini tidak jauh berbeda dengan data mineral pada pisang segar jenis berlin, ambon hijau, raja bandung, dan kepok pada penelitian

Hapsari & Lestari (2016) yang berkisar 275-375 mg/100g, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan kandungan tepung pisang *hybrid* utuh yaitu sebesar 1160 mg/100g (Adeniji & Abdou, 2008). Hal ini diduga karena perbedaan varietas pisang yang digunakan. Kadar magnesium tepung pisang modifikasi berkisar 27,29-29,12 mg/100g, kandungan zink berkisar 0,57-0,32 mg/100g, kandungan kalsium berkisar 1,34-3,90 mg/100g dan kandungan zat besi berkisar 18,15-23,82 mg/100g. Nilai ini menunjukkan bahwa tepung pisang utuh modifikasi memiliki kadar mineral yang cukup sebagai sumber mineral. Roti yang disubstitusi dengan tepung pisang utuh menunjukkan kandungan mineral yang tinggi dibandingkan yang tidak disubstitusi (Ho *et al.*, 2015).

Tabel 3. Hasil analisis mineral tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi dan tepung pisang tanduk non fermentasi (alami)

Perlakuan	Mineral (mg/100g)				
	Kalium	Magnesium	Zink	Kalsium	Besi
Non fermentasi (alami)	912,14±53,69 ^d	198,16±17,15 ^b	0,81±0,00 ^c	4,67±0,00 ^f	24,84±1,69 ^b
Fermentasi spontan 24 jam	326,85±4,56 ^b	27,06±0,98 ^a	0,36±0,00 ^a	3,90±0,00 ^c	21,70±3,81 ^{ab}
Fermentasi spontan 48 jam	262,18±4,90 ^a	24,50±2,88 ^a	0,38±0,01 ^a	2,55±0,08 ^c	18,94±6,02 ^{ab}
Fermentasi LB 24 jam	242,95±8,64 ^a	26,77±0,99 ^a	0,32±0,00 ^a	2,58±0,25 ^c	19,55±0,34 ^{ab}
Fermentasi LB 48 jam	231,84±1,17 ^a	22,59±2,37 ^a	0,38±0,05 ^a	3,16±0,06 ^d	23,84±1,14 ^b
Fermentasi LC 24 jam	379,83±7,52 ^c	29,12±1,47 ^a	0,45±0,04 ^a	2,04±0,11 ^b	16,36±4,32 ^a
Fermentasi LC 48 jam	354,35±19,05 ^b	24,75±0,97 ^a	0,57±0,11 ^b	2,69±0,58 ^c	18,15±7,22 ^{ab}
Fermentasi LP 24 jam	256,86±16,55 ^a	27,29±0,79 ^a	0,35±0,03 ^a	1,59±0,22 ^b	23,82±1,77 ^b
Fermentasi LP 48 jam	357,42±3,01 ^b	26,43±4,89 ^a	0,42±0,15 ^a	1,34±0,05 ^a	21,78±0,02 ^{ab}

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L casei*, dan LP : fermentasi dengan *L plantarum*

Sifat Fungsional Tepung Pisang Tanduk Utuh Modifikasi

Swelling power pada tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi tidak berbeda nyata untuk semua perlakuan (Tabel 4). Proses fermentasi berpengaruh terhadap berkurangnya % kelarutan tepung pisang. Respon yang berbeda-beda teramati setiap perlakuan fermentasi terhadap kapasitas penyerapan air dan kapasitas penyerapan minyak dari tepung modifikasi yang dihasilkan. Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Buwono *et al.* (2018) yang menunjukkan penurunan *swelling power* yang diiringi dengan kandungan

amilosa yang naik, namun selaras dalam hal berkurangnya kelarutan dan meningkatnya kapasitas penyerapan air. Rendahnya persentase kelarutan berhubungan erat dengan adanya ikatan *cross-linking* yang mencegah molekul amilopektin untuk larut (Sandhu *et al.*, 2008). Menurut Buwono *et al.* (2018) pada proses fermentasi menghasilkan metabolit yang dapat merubah ikatan C,H, dan O dari granula-granula pati yang memungkinkan adanya ikatan hidrogen intermolekular antara fragmen yang menyebabkan berkurangnya gugus hidroksil. Fragmen tersebut dapat berikatan lagi membentuk ikatan hidrogen yang menghasilkan

Tabel 4. Sifat fungsional tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi dan tepung pisang tanduk alami

Perlakuan	Swelling power (g/g)	Kelarutan (%)	Kapasitas penyerapan air (%)	Kapasitas penyerapan minyak (%)
Non fermentasi (alami)	8,51±0,52 ^a	11,62±0,35 ^d	218,38±0,59 ^b	87,92±0,51 ^{cde}
Fermentasi spontan 24 jam	8,31±0,15 ^a	8,24±0,65 ^b	242,88±28,60 ^{cd}	83,49±0,96 ^{ab}
Fermentasi spontan 48 jam	8,34±0,27 ^a	7,03±0,22 ^a	195,54±6,55 ^a	79,68±1,23 ^a
Fermentasi LB 24 jam	8,80±0,40 ^a	8,93±0,15 ^{bc}	225,87±0,28 ^{bc}	84,85±1,32 ^{bc}
Fermentasi LB 48 jam	8,52±0,42 ^a	9,15±0,24 ^c	221,82±3,77 ^b	80,63±0,51 ^a
Fermentasi LC 24 jam	8,95±0,54 ^a	8,15±0,22 ^b	244,97±4,24 ^{de}	89,50±5,84 ^{de}
Fermentasi LC 48 jam	8,71±0,18 ^a	8,71±0,39 ^{bc}	261,72±1,31 ^{cd}	86,54±1,18 ^{bcd}
Fermentasi LP 24 jam	8,74±0,24 ^a	9,12±0,45 ^c	250,65±7,19 ^d	85,57±0,53 ^{bcd}
Fermentasi LP 48 jam	8,55±0,11 ^a	9,19±0,77 ^c	271,39±2,28 ^e	91,00±1,10 ^e

*Keterangan : LB : fermentasi dengan *L. bulgaricus*; LC : fermentasi dengan *L. casei*, dan LP : fermentasi dengan *L. plantarum*

Tabel 5. Profil gelatinisasi tepung pisang tanduk dengan kulit terfermentasi dan tepung pisang tanduk non fermentasi (alami)

Perlakuan	Viskositas puncak	Viskositas Breakdown	Viskositas akhir	Viskositas setback	Waktu puncak	Suhu gelatinisasi
Non fermentasi (alami)	3770,00±11,00 ^{bcd}	545,50±15,50 ^{bcd}	4157,50±14,50 ^{bc}	933,00±41,00 ^a	6,14±0,06 ^c	85,58±0,02 ^c
Fermentasi spontan 24 jam	3587,00±58,00 ^{bc}	412,00±65,00 ^{ab}	4464,50±80,50 ^{cd}	1289,50±85,50 ^{bc}	5,77±0,03 ^b	84,83±0,83 ^c
Fermentasi spontan 48 jam	2824,00±468,70 ^b	292,00±111,45 ^a	3754,00±264,53 ^b	1222,00±299,93 ^{ab}	5,87±0,29 ^c	84,80±0,80 ^c
Fermentasi LB 24 jam	3590,50±159,50 ^{bc}	599,00±40,00 ^{cd}	4158,50±117,50 ^{bc}	1167,00±2,00 ^{abc}	5,44±0,17 ^a	84,38±0,33 ^c
Fermentasi LB 48 jam	2854,00±430 ^a	677,50±129,50 ^{de}	3103,50±415,50 ^a	927,00±115,00 ^a	5,37±0,17 ^a	84,05±0 ^c
Fermentasi LC 24 jam	4133,00±76 ^{de}	747,50±81,5 ^e	4810,00±17,00 ^{de}	1424,50±22,5 ^c	5,57±0,04 ^{ab}	80,73±3,28 ^{ab}
Fermentasi LC 48 jam	4461,50±34,5 ^e	486,00±4,00 ^{bc}	5069,00±241,00 ^{ef}	1093,50±210,5 ^{ab}	5,80±0,07 ^b	79,43±0,38 ^a
Fermentasi LP 24 jam	3843,00±144,00 ^{cd}	476,50±38,50 ^{bc}	4726,00±42,00 ^{de}	1359,50±147,5 ^c	5,80±0,13 ^b	82,70±2,8b ^c
Fermentasi LP 48 jam	4526,50±284,5 ^e	558,00±166,00 ^{bcd}	5402,50±199,5 ^f	1434,00±31,00 ^c	5,57±0,040 ^{ab}	78,65±0,50 ^c

kestabilan ikatan granul yang kuat sehingga mengurangi kelarutan tepung. Kapasitas penyerapan air yang meningkat pada fermentasi *L. casei* dan *L. plantarum* berhubungan erat dengan adanya produksi etanol yang dapat menyebabkan tegangan permukaan turun dan mengganti posisi air selama proses fermentasi, sehingga ketika irisan tepung pisang dikeringkan maka proses pengeringan menjadi lebih cepat kering. Berkurangnya air menyebabkan meningkatnya sisi hidrofobik dari tepung (Buwono *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi mempengaruhi peningkatan kapasitas penyerapan air. Kapasitas penyerapan minyak pada tepung pisang tanduk

utuh terfermentasi memberikan respon yang berbeda-beda. Terjadi penurunan kapasitas penyerapan minyak pada tepung pisang terfermentasi secara spontan dan tepung pisang terfermentasi oleh *L. bulgaricus* dengan waktu fermentasi 48 jam dibandingkan dengan kapasitas penyerapan minyak tepung pisang tanduk utuh non fermentasi (alami) ($p < 0,05$). Menurut Cabuk *et al.* (2018) proses fermentasi cenderung meningkatkan kapasitas penyerapan minyak pada tepung akibat penurunan pH yang menyebabkan penurunan muatan permukaan protein dan kelarutan seiring dengan peningkatan hidrofobisitas yang mengakibatkan peningkatan interaksi protein

dengan minyak. Namun hasil penelitian ini tidak selaras dengan hal tersebut yang diduga disebabkan oleh perbedaan penurunan pH selama fermentasi yang mempengaruhi muatan protein, hidrofobisitas, dan interaksi protein dengan minyak.

Profil Gelatinisasi Tepung Pisang Tanduk Utuh Modifikasi

Profil gelatinisasi tepung pisang tanduk utuh modifikasi menunjukkan pada perlakuan fermentasi *L. casei* pada 24 jam dapat secara signifikan meningkatkan viskositas puncak, viskositas *breakdown*, viskositas akhir, dan viskositas setback secara signifikan mampu menurunkan peak time dan pasting temperature (Tabel 5). Menurunnya *pasting temperature* berhubungan dengan meningkatnya kapasitas hidrasi molekul pati, sehingga energi yang dibutuhkan untuk proses gelatinisasi lebih rendah. Meningkatnya viskositas puncak berhubungan dengan adanya formasi hemiasetal atau hemiketal yang terbentuk oleh proses modifikasi, yang diasumsikan terjadi antara molekul amilopektin dan tingkat yang lebih rendah antara molekul amilopektin dan amilosa (Tethool *et al.*, 2012).

4. KESIMPULAN

Proses fermentasi yang berlangsung dengan *L. bulgaricus* 24 jam memiliki jumlah BAL, pH, dan asam laktat yang optimum. Modifikasi tepung pisang utuh berpengaruh nyata terhadap peningkatan nilai warna red/green menjadi kemerahan, penurunan kadar abu, protein dan mineral jika dibandingkan dengan tepung pisang alami. Peningkatan kadar amilosa signifikan pada fermentasi *L. bulgaricus*. Kelarutan tepung pisang modifikasi menurun, sedangkan kapasitas penyerapan airnya meningkat nyata dibanding dengan tepung pisang alami. Profil gelatinisasi tepung modifikasi pada perlakuan fermentasi *L. casei* 24 jam dapat secara signifikan meningkatkan viskositas puncak, viskositas *breakdown*, viskositas akhir, dan viskositas setback, serta signifikan mampu menurunkan waktu puncak dan suhu gelatinisasi. Hal ini berarti bahwa modifikasi tepung pisang dengan kulit berpotensi untuk merubah karakteristik fisikokimia, sifat fungsional dan pasting properties dari tepung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Prioritas Nasional BAPPENAS. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna

yang telah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Siti Khudaifanny DFA, Nur Kartika Indah Mayasti dan Diki Nanang Surahman yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, F. M. A., Saifullah, R., & Azhar, M. E. (2009). Assessment of physical properties of ripe banana flour prepared from two varieties: Cavendish and Dream banana. *International Food Research Journal*, 16(2), 183–189.
- Adeniji, T. A., & Abdou, T. (2008). Effect of processing on the proximate, mineral, and pasting properties of whole flour made from some new plantain and banana hybrids pulp and peel mixture. *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension*, 7(2), 99–105.
- Agama-Acevedo, E., Sanudo-Barajas, J. A., Rocha, R. V. D. La, Gonzalez-Aquilar, G. A., & Bello-Perez, L. A. (2016). Potential of plantain peels flour (*Musa paradisiaca* L.) as a source of dietary fiber and antioxidant compound. *CyTA - Journal of Food*, 14(1), 117–123. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1055306>
- Al-Sahlaney, S. T. G., & Al-musafer, A. M. S. (2020). Effect of substitution percentage of banana peels flour in chemical composition, rheological characteristics of wheat flour and the viability of yeast during dough time. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(1), 87–91. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.06.005>
- Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & Mchau, G. R. A. (2013). Functional properties and postharvest utilization of commercial and noncommercial banana cultivars. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 509–522. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12025>
- Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & Mchau, G. R. A. (2017). Effects of organic acid pretreatment on microstructure, functional and thermal properties of unripe banana flour. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 99–110. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9376-2>
- Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O., & Mchau, G. R. A. (2018). Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour. *Food Research International*, 104(September 2017), 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.063>
- Aquino, C. F., Salomao, L. C. C., Ribeiro, S. machado R., Siqueira, D. L. De, & Cecon, P. R. (2016). Carbohydrates, phenolic compounds and

- antioxidan activity in pulp and peel of 15 banana cultivars. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(4), 1–11. <https://doi.org/10.1590/0100-29452016>
- BSN. (1992). Standar Nasional Indonesia. SNI 01-2891-1992. Cara Uji Makanan dan Minuman.
- BSN. (1995). *SNI Tepung Pisang SNI 01-3841-1995*. Jakarta.
- Buwono, M. N., Amanto, B. S., & Widowati, E. (2018). Study of physical, chemical, and sensory characteristics of modified square banana flour (*Musa balbisiana*). *Indonesian Food and Nutrition Progress*, 15(1), 30. <https://doi.org/10.22146/infnp.33729>
- Çabuk, B., Stone, A. K., Korber, D. R., Tanaka, T., & Nickerson, M. T. (2018). Effect of *Lactobacillus plantarum* fermentation on the surface and functional properties of pea protein-enriched flour. *Food Technology and Biotechnology*, 56(3), 411–420. <https://doi.org/10.17113/ftb.56.03.18.5449>
- Cahyana, Y., Wijaya, E., Siti, T., Marta, H., Suryadi, E., & Kurniati, D. (2019). The effect of different thermal modifications on slowly digestible starch and physicochemical properties of green banana flour (*Musa acuminata* Colla). *Food Chemistry*, 274(September 2018), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.004>
- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015). Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal Food Science Technology*, 52(6), 3681–3688. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1427-2>
- Chen, Y., Liao, Y., Lan, Y., Wu, H., & Yanagida, F. (2017). Diversity of lactic acid bacteria associated with banana fruits in Taiwan. *Current Microbiology*, 74(484), 0. <https://doi.org/10.1007/s00284-017-1213-2>
- Desnilasari, D., & Kumalasari, R. (2017). Characteristic of fermented drink from whey cheese with addition of Mango (*Mangifera x odorata*) Juice. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 73(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/>
- Desnilasari, D., Rahmadiana, S., & Kumalasari, R. (2018). Efek penambahan jus mangga dan carboxymethyl cellulose pada minuman fermentasi berbasis whey keju susu kambing. *Biopropal Industri*, 9(1), 25–35.
- Giraffa, G., Chanishvili, N., & Widyastuti, Y. (2010). Importance of *Lactobacilli* in food and feed biotechnology. *Research in Microbiology*, 161(6), 480–487. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2010.03.001>
- Gutiérrez, T. J. (2018). Plantain flours as potential raw materials for the development of gluten-free functional foods. *Carbohydrate Polymers*, 202(August), 265–279. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.121>
- Hapsari, L., & Lestari, D. A. (2016). Fruit characteristic and nutrient values of four Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) at different genomic groups. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 38(81), 303–311. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17503/agrivita.v38i3.696>
- Ho, L. H., Tan, T. C., Abdul Aziz, N. A., & Bhat, R. (2015). In vitro starch digestibility of bread with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* ABB cv. Awak) pseudo-stem flour and hydrocolloids. *Food Bioscience*, 12, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.07.003>
- Hoffmann Sardá, F. A., de Lima, F. N. R., Lopes, N. T. T., Santos, A. de O., Tobaruela, E. de C., Kato, E. T. M., & Menezes, E. W. (2016). Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. *Food Research International*, 81, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.11.016>
- Jenie, Betty S. Iaksmi, Putra, R. P., & Kusnandar, F. (2012). Fermentasi kultur campuran bakteri asam laktat dan pemanasan otoklaf dalam meningkatkan kadar pati resisten dan sifat fungsional tepung pisang tanduk (*Musa paradisiaca* formatypica). *Jurnal Pascapanen*, 9(1), 18–26.
- Khoozani, A. A., Bekhit, A. E. D. A., & Birch, J. (2019). Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130, 938–946. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.010>
- Kim, J.-H., Sunako, M., Ono, H., Murooka, Y., Fukusaki, E., & Yamashita, M. (2008). Characterization of gene encoding amylopullulanase from plant-originated lactic acid bacterium, *Lactobacillus plantarum* L137. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 106(5), 449–459. <https://doi.org/10.1263/jbb.106.449>
- Krabi, R. E., Assamoi, A. A., Ehon, F. A., & Niamke, L. (2015). Screening of lactic acid bacteria as potential starter for the production of ATTIEKE, a fermented cassava food. *Food and Environment Safety Journal*, XIV(1), 21–29.
- Kusuma, V. J. M., & Zubaidah, E. (2016). Evaluasi pertumbuhan *Lactobacillus casei* dan *Lactobacillus plantarum* dalam medium

- fermentasi tepung kulit pisang. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 4(1), 100–108.
- Michaelsen, K. F., Hoppe, C., Roos, N., Kaestel, P., Stougaard, M., Lauritzen, L., ... Friis, H. (2009). Choice of foods and ingredients for moderately malnourished children 6 months to 5 years of age. *Journal of Food Science and Technology*, 30(3), 5343–5404. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3329-1>
- Nurhayati, Jenie, B. S. L., Widowati, S., & Kusumaningrum, H. D. (2014). Komposisi kimia dan kristalinitas tepung pisang termodifikasi secara fermentasi spontan dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. *AGRITECH*, 34(2), 146–150.
- Nurhayati, N., & Rahmanto, D. E. (2016). Banana and plantain as medicinal food. In *Proceeding ICMHS 2016* (pp. 87–91).
- Palupi, H. T. (2012). Effect for varieties of matured banana and soaking agent to characterization of banana flour. *Jurnal Teknologi Pangan*, 4(1), 102–120.
- Pranoto, Y., Rahmayuni, Haryadi, & Rakshit, S. . (2014). Physicochemical properties of heat moisture treated sweet potato starches of selected Indonesian varieties. *International Food Research Journal*, 21(5), 2031–2038.
- Ratnawati, L., Desnilasari, D., Surahman, D. N., & Kumalasari, R. (2019). Evaluation of physicochemical , functional and pasting properties of soybean , Mung bean and red kidney bean flour as ingredient in biscuit evaluation of physicochemical , functional and pasting properties of soybean , mung bean and red kidney bean flour. In *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 251 012026* (pp. 1–10). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012026>
- Rebello, G., Mota, A., Becker, P., Teixeira, M., Castillo-muñoz, N., & Hermosín-gutiérrez, I. (2014). Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International*, 55, 397–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.039>
- Sandhu, S. K., Kaur, M., Singh, N., & Lim, S. (2008). A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches : Physicochemical , thermal , morphological and pasting properties. *LWT*, 41, 1000–1010. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.012>
- Setiarto, R. H. Bi., & Widhyastuti, N. (2016). Effect of lactic acid bacteria fermentation *Lactobacillus plantarum* B307 to proximate levels and amylography modified tacca flour (*Tacca leontopetaloides*). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(1), 7–12. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.1.7>
- Simwaka, J. E., Chamba, M. V. M., Huiming, Z., Masamba, K. G., & Luo, Y. (2017). Effect of fermentation on physicochemical and antinutritional factors of complementary foods from millet, sorghum, pumpkin and amaranth seed flours. *International Food Research Journal*, 24(5), 1869–1879.
- Sodchit, C., Tochampa, W., Kongbangkerd, T., & Singanusong, R. (2013). Effect of banana peel cellulose as a dietary fiber supplement on baking and sensory qualities of butter cake. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 35(6), 641–646.
- Tethool, E. F., Jading, A., & Santoso, B. (2012). Characterization of physicochemical and baking expansion properties of oxidized sago starch using hydrogen peroxide and sodium hypochlorite catalyzed by UV irradiation. *Food Science and Quality Management*, 10, 1–11.
- Yani, A., Wylis Arief, R., & Mulyanti, N. (2013). Processing of banana flour using a local banana as raw materials in Lampung. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 3(4), 289. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.3.4.306>