



OPTIMASI FERMENTASI ASAM LAKTAT OLEH *Lactobacillus casei* PADA MEDIA FERMENTASI YANG DISUBSTITUSI TEPUNG KULIT PISANG

OPTIMIZATION OF LACTIC ACID FERMENTATION BY *Lactobacillus casei* ON FERMENTATION MEDIUM WITH BANANA PEEL FLOUR SUBSTITUTION

Fafa Nurdyansyah*, Umar Hafidz Asyari Hasbullah

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas PGRI Semarang. Jl. Sidodadi Timur No. 24, Semarang 50232

*Corresponding author: fafanurdyansyah@upgris.ac.id

Naskah Diterima: 25 Oktober 2017; Direvisi: 9 Februari 2018; Disetujui: 27 februari 2018

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kondisi optimum fermentasi asam laktat pada beberapa perbandingan konsentrasi substrat dan inokulum yang berasal dari pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai substrat dan *Lactobacillus casei* sebagai inokulum. Optimasi dilakukan dengan rancangan percobaan menggunakan *Central Composite Design* (CCD) dengan penentuan titik optimum variabel menggunakan *Respon Surface Methodolgy* (RSM). Tiga belas satuan percobaan, yaitu konsentrasi substrat (X_1 : 2,5; 5; 7,5% b/v) dan inokulum (X_2 : 2, 4, 6% v/v), digunakan untuk menentukan titik optimum proses fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan sistem tumpak dengan volume media 100 mL dalam fermentor berupa labu Erlenmeyer 250 mL. Kultur diinkubasi pada goyangan 150 rpm dan suhu 37 °C, selama 72 jam. Selanjutnya, asam laktat hasil analisis digunakan sebagai respon penentuan titik optimum variabel proses fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen proses penepungan kulit pisang yang dihasilkan adalah 23,02% dengan karakteristik kimia memiliki kadar pati, gulatotal, asam total, dan serat kasar secara berturut-turut adalah 5,35; 1,36; 0,61; dan 1,54 % (b/b). Titik optimum konsentrasi substrat dan inokulum, yaitu 4,71% dan 6,61%, menghasilkan konsentrasi biomassa yang optimum sebesar 5,99 g/L, sedangkan titik optimum variabel X_1 dan X_2 dengan konsentrasi substrat dan inokulum sebesar 4,31% dan 4,64% menghasilkan nilai optimum konsentrasi asam laktat sebesar 7,06 g/L, yang merupakan hasil produksi asam laktat terbaik pada penelitian ini.

Kata kunci: Asam laktat; Kulit pisang; Optimasi; *Respon surface methodology*

Abstract

The objective of this study is to determine the optimum condition of lactic acid fermentation with various concentrations of substrate and inoculum, which derived from the utilization of banana peel waste as substrate and *Lactobacillus casei* as inoculum. Response surface methodology (RSM) was used in this study. Variable optimization was conducted by Central Composite Design (CDC) with RSM to determine the optimum point of lactic acid fermentation variable. Those step used 13 groups with independent variable in the form of substrate concentrations (X_1 : 2.5; 5; 7.5% w/v) and inoculum concentrations (X_2 : 2, 4, 6% v/v) to decide the optimum point of variable in the fermentation process. Fermentation was performed in a batch system with 100 mL media in a fermenter of 250 mL Erlenmeyer flask. The culture was incubated at 150 rpm and 37 °C for 72 hours. The result of lactic acid was used to determine the optimum point of variable in fermentation. The results showed that the yield from the flour making process of banana peel was 23.02% with chemical characteristics of starch content, total sugar, total acid, and crude fiber were 5.35; 1.36; 0.61; and 1.54% w/w, respectively. The optimum concentration of substrate and inoculum concentration, 4.71% and 6.61%, resulted in optimum biomass concentration of 5.99 g/L, while the optimum point of X_1 and X_2 variables with substrate and inoculum concentration of 4.31% and 4.64% yielded optimum lactate acid concentration of 7.06 g/L, which is the best production of lactic acid in this study.

Keywords: Banana peel; Lactic acid; Optimization; *Respon surface methodology*

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v11i1.6166>

PENDAHULUAN

Asam laktat merupakan salah satu produk metabolit sekunder yang banyak digunakan sebagai monomer dalam proses produksi polimer plastik *biodegradable* asam polilaktat atau *Polylactic Acid* (PLA) (Télez-Luis *et al.*, 2003). Asam laktat dapat diproduksi melalui dua cara, yaitu menggunakan sintesis kimiawi dan fermentasi mikroba. Produksi asam laktat dengan menggunakan fermentasi mikroba memiliki beberapa keunggulan, di antaranya asam laktat yang dihasilkan memiliki kemurnian yang tinggi (90–95%) (Kotzamanidis *et al.*, 2002) dengan L(+) asam laktat optis yang dihasilkan memiliki kristalinitas dan titik leleh yang tinggi, sedangkan asam laktat yang diproduksi dengan sintesis kimiawi menghasilkan asam laktat rasemisasi campuran, yaitu berbentuk konfigurasi D-L. Namun demikian, proses fermentasi untuk produksi asam laktat dengan bantuan mikroorganisme memiliki kelemahan, misalnya media untuk pertumbuhan bakteri yang pada umumnya tidak ekonomis, karena terdiri dari beberapa komposisi bahan yang mahal, seperti ekstrak ragi dan pepton. Oleh karena itu, pencarian terhadap sumber media fermentasi asam laktat perlu dilakukan untuk mengurangi biaya produksi serta meningkatkan efisiensi proses fermentasi asam laktat.

Kulit pisang merupakan salah satu limbah agroindustri yang tersedia dalam jumlah melimpah dan harga yang sangat murah. Limbah kulit pisang menyumbang sekitar 30% dari berat buah mentah utuh. Kulit pisang kaya akan karbohidrat, selulosa, vitamin, protein dan berbagai mineral (Li *et al.*, 2001). Saat ini limbah kulit pisang dibuang di daerah terbuka, dan berpotensi menyebabkan munculnya masalah lingkungan. Hasil penelitian Umesh dan Preethi (2014) menemukan bahwa penggunaan limbah kulit pisang dalam memproduksi asam laktat menggunakan *Lactobacillus plantarum* menghasilkan asam laktat sebesar 4,68 g/L. Demikian pula hasil penelitian Kumar dan Srividya (2014), menunjukkan bahwa produksi asam laktat menggunakan substrat kulit pisang mampu menghasilkan asam laktat sebesar 68 g/L menggunakan *Rhizopus oryzae* MTCC 8784.

Bulut *et al.* (2004) menyatakan bahwa pemanfaatan mikroorganisme untuk produksi asam laktat dan menggunakan bahan baku hemat biaya masih terbatas. Oleh karena itu, upaya penelitian difokuskan pada pencarian sumber bahan baku alternatif yang mampu menghasilkan produktivitas asam laktat dengan konversi substrat yang tinggi serta efektif. Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan limbah kulit pisang untuk produksi asam laktat melalui proses fermentasi yang optimum dan efisien. Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk menentukan titik optimum proses produksi asam laktat dari limbah kulit pisang menggunakan *L. casei* dengan variabel konsentrasi substrat dan konsentrasi inokulum menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM). Metode RSM merupakan salah satu metode yang efektif digunakan sebagai pemodelan dalam optimasi proses biokimia dan bioteknologi yang berkaitan dengan proses pangan (Parajó *et al.*, 1995; Vázquez & Martín, 1998; Ramírez *et al.*, 2000). Penelitian ini menggunakan metode RSM untuk menentukan titik optimasi variabel-variabel proses pada fermentasi asam laktat.

MATERIAL DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan yaitu limbah kulit pisang kepok dari industri pangan Kota Semarang, isolat bakteri *L. casei* FNCC yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Rancangan Percobaan

Tahapan optimasi variabel dilakukan berdasarkan rancangan percobaan *Central Composite Design* (CCD) menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) yang bertujuan untuk menentukan titik optimum variabel proses fermentasi asam laktat. Pada tahap ini dilakukan 13 satuan percobaan dengan variabel bebas berupa konsentrasi substrat (X_1) dan konsentrasi inokulum (X_2). Proses fermentasi dilakukan secara tumpak (*batch*) dalam labu erlemeyer 250 mL dengan volume media produksi 100 mL.

Pembuatan Kultur *Lactobacillus casei*

Kultur *L. casei* dalam agar miring diinokulasikan ke dalam 10 mL media MRS *broth* steril, dan diinkubasi di dalam inkubator pada suhu 30 °C selama 24 jam. Kultur ini merupakan kultur pemula yang siap digunakan.

Pembuatan Tepung Kulit Pisang

Limbah kulit pisang didapatkan dari limbah hasil industri pangan skala rumah tangga yang ada di Kota Semarang. Setelah dikumpulkan kulit pisang dikeringkan dengan menggunakan oven pengering pada suhu 60 °C selama 48 jam. Kulit pisang yang sudah kering dihancurkan dengan *blender* kering dan disaring dengan menggunakan ayakan berukuran 60 mesh dan serbuk kulit pisang disimpan dalam plastik pada suhu ruang.

Penyiapan Hidrolisat untuk Media Fermentasi

Metode yang digunakan dalam penyiapan hidrolisat substrat merupakan modifikasi dari Pumiput *et al.* (2008). Sebanyak 8 g serbuk kulit pisang disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121 °C pada tekanan 1 atmosfer selama 15 menit. Akuades steril ditambahkan hingga volume 200 mL, kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C selama 30 menit yang kemudian dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan kertas saring. Hidrolisis asam dengan HCl 1% terhadap filtrat dilakukan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit. pH hidrolisat diatur 6–6,8 dengan penambahan CaO. Presipitat CaSO₄ yang terbentuk dipisahkan dengan cara filtrasi menggunakan kertas saring Whatman no. 1.

Fermentasi Asam Laktat

Media fermentasi yang sudah disiapkan diautoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah suhu media mencapai 37–40 °C, inokulum *L. casei* ditambahkan sesuai dengan konsentrasi perlakuan, yaitu 2,5; 5; 7,5 % (v/v), dan konsentrasi substrat berupa hasil hidrolisat limbah kulit pisang dengan variasi 2; 4; 6 (g/L) (w/v) untuk menghasilkan media MRS *broth* termodifikasi. Proses fermentasi asam laktat berlangsung dalam fermentor dengan menggunakan sistem tumpak pada suhu 37 °C, selama 72 jam, dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Analisis Asam Laktat

Pada akhir proses fermentasi, setiap interval waktu 12 jam dilakukan pengambilan sampel. Material fermentasi disentrifugasi pada kecepatan 7.000 rpm selama 5 menit, kemudian disaring menggunakan kertas saring berdiameter pori 0,22 µm dan dibekukan pada suhu -4 °C. Supernatan hasil sentrifugasi kemudian dianalisis kandungan asam laktat, sedangkan hasil filtrasi digunakan untuk pengukuran biomassa sel. Analisis gula reduksi dilakukan dengan metode Miller (1959), sedangkan kadar asam laktat hasil fermentasi dianalisis dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) menggunakan kolom *Transgenomic ION-300 column* (*Transgenomic, Inc.*). Elusi isokratik dengan laju rata-rata 0,4 mL/menit, fase bergerak menggunakan H₂SO₄ 0,0025 M bersuhu 65 °C dengan menggunakan detektor *refraction index* (RI). Data yang dihasilkan dianalisis untuk menentukan titik optimum dengan menggunakan *software Minitab* versi 17 untuk mendapatkan persamaan kuadratik hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat.

HASIL

Rendemen dan Karakteristik Tepung Kulit Pisang

Hasil dari proses pembuatan tepung kulit pisang memperoleh rendemen tepung kulit pisang dengan rerata rendemen 23,02%, seperti tertera pada Tabel 1. Sementara itu, hasil analisis karakteristik komposisi tepung kulit pisang yang dihasilkan disajikan pada Tabel 2.

Optimasi Variabel Proses dengan Rancangan Percobaan RSM Full Factorial Central Composite Design

Rancangan percobaan 2^k *full factorial central composite design* digunakan untuk menentukan titik optimum suatu respon yang diukur akibat dari variabel proses yang diteliti. Pada penelitian ini diamati pengaruh variabel X₁ (konsentrasi substrat) dan variabel X₂ (konsentrasi inokulum) terhadap Y₁ (konsentrasi biomassa sel) serta Y₂ (konsentrasi asam laktat) menggunakan rancangan RSM CCD. Hasil Percobaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Rerata rendemen tepung kulit pisang

No.	Tahap Pengerinan	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Berat setelah diayak (g)	Rendemen (%)
1	Tahap 1	1300	367	267	20,54
2	Tahap 2	1550	489	389	25,10
Total		2850	856	656	23.02

Tabel 2. Karakteristik tepung kulit pisang

Komponen	Nilai (% bb)
Kadar pati	5,35
Gulatotal	1,36
Asamtotal	0,61
Serat kasar	1,54

Tabel 3. Hasil pengamatan pengaruh variabel bebas (konsentrasi substrat dan inokulum) terhadap variabel terikat (konsentrasi biomassa sel dan asam laktat) pada percobaan *Central Composite Design* (CCD)

Run	Variabel bebas		Variabel terikat	
	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
1	2	2,5	2,14	1,94
2	2	7,5	3,21	2,07
3	6	2,5	1,83	1,99
4	6	7,5	6,54	1,34
5	4	5	5,87	5,64
6	4	5	5,64	5,47
7	4	5	4,88	7,32
8	4	5	5,54	7,64
9	4	5	5,97	8,83
10	1,172	5	3,43	5,02
11	6,828	5	2,67	6,11
12	4	1,465	1,75	5,21
13	4	8,535	4,31	1,42

Pengaruh Variabel X₁ dan X₂ terhadap Konsentrasi Biomasa

Analisis *respon surface methodology* menggunakan *full factorial central composite design* menghasilkan suatu persamaan kuadrat yang menunjukkan hubungan antara variabel X₁ (konsentrasi substrat) dan X₂

(konsentrasi inokulum) terhadap variabel Y₁(konsentrasi biomassa) dengan persamaan: $Y = -3,00 + 1,547 X_1 + 1,626 X_2 - 0,2919 X_1 * X_1 - 0,1884 X_2 * X_2 + 0,1820 X_1 * X_2$. Koefisien-koefisien persamaan kuadrat, nilai t dan nilai p disajikan seperti pada Tabel 4.

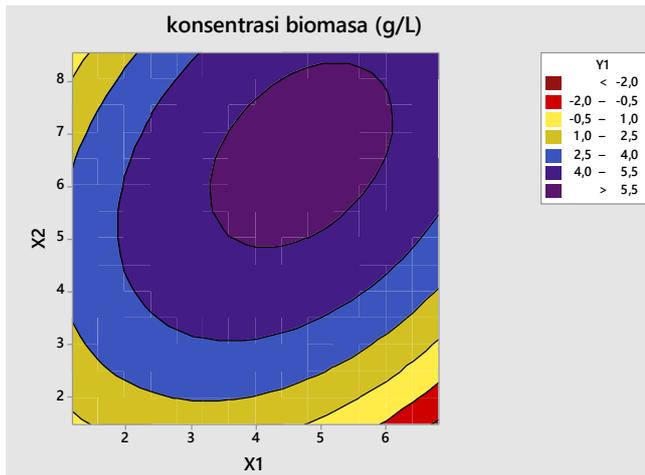
Tabel 4. Koefisien-koefisien persamaan kuadrat, nilai t dan nilai p untuk konsentrasi biomassa sel

Faktor	Koefisien	t- value	p-value
X ₁	0,243	0,94	0,377
X ₂	1,175	4,56	0,003
X ₁ ²	-1,168	-4,23	0,004
X ₂ ²	-1,178	-4,26	0,004
X ₁ *X ₂	0,910	2,50	0,041

Penentuan kondisi optimum berdasarkan konsentrasi biomassa akibat perlakuan variabel

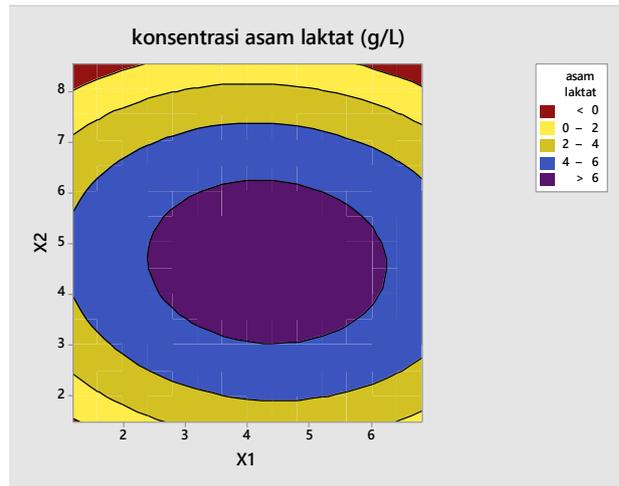
konsentrasi substrat dan konsentrasi inokulum dapat diperkirakan berdasarkan grafik *contour*

yang disajikan pada Gambar 1. Titik optimasi berdasarkan grafik *contour* adalah untuk konsentrasi substrat sebesar 4,71% dan



Gambar 1. Grafik *contour* konsentrasi substrat dan inokulum terhadap konsentrasi biomassa sel

konsentrasi substrat sebesar 6,61% dengan konsentrasi biomassa diprediksi akan mencapai nilai optimum sebesar 5,99 g/L.



Gambar 2. Grafik *contour* konsentrasi substrat dan inokulum terhadap konsentrasi asam laktat

Pengaruh Variabel X_1 dan X_2 terhadap Konsentrasi Asam Laktat

Data hasil analisis konsentrasi asam laktat selama proses fermentasi sesuai dengan *respon surface methodology* menggunakan *full factorial central composite design* menghasilkan suatu persamaan kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variabel X_1 (konsentrasi substrat) dan X_2 (konsentrasi inokulum) terhadap variabel Y_1 (konsentrasi asam laktat), yaitu:

$$Y = -7,74 + 2,62 X_1 + 3,96 X_2 - 0,283 X_1 * X_1 - 0,409 X_2 * X_2 - 0,039 X_1 * X_2.$$

Nilai R^2 (koefisien determinasi) pada persamaan tersebut adalah 0,650, yang menunjukkan bahwa persamaan tersebut 65%

mewakili hasil percobaan. Nilai R^2 lebih kecil daripada 75% dimungkinkan karena sulitnya mempertahankan kondisi fermentasi secara optimum, seperti kontrol pH median suhu inkubasi. Koefisien-koefisien persamaan kuadratik, nilai t dan nilai p disajikan pada Tabel 5.

Suku linier X_2^2 dengan nilai koefisien 2,559 memberikan efek terbesar terhadap Y_1 (konsentrasi biomassa), disusul oleh suku linier X_1^2 dengan nilai koefisien 1,132, kemudian suku kuadratik X_2 dengan nilai koefisien 0,735; kemudian suku X_1 dengan nilai koefisien 0,322 dan terakhir suku kuadratik $X_1 * X_2$ dengan nilai koefisien 0,200.

Tabel 5. Koefisien-koefisien kuadratik, nilai t, nilai p terhadap konsentrasi asam laktat.

Faktor	Koefisien	t- value	p-value
X_1	0,322	0,44	0,673
X_2	-0,735	-1,01	0,347
X_1^2	-1,132	-1,45	0,191
X_2^2	-2,559	-3,27	0,014
$X_1 * X_2$	-0,200	-0,19	0,855

PEMBAHASAN

Proses penepungan kulit pisang dimulai dengan menggunakan pengering oven bersuhu 60 °C selama 48 jam. Proses ini menyebabkan terjadinya migrasi air dari dalam bahan ke lingkungan. Berdasarkan Fatemeh *et al.*

(2012), tahap pembuatan tepung kulit pisang dilakukan dengan mencuci dan memotong kulit menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, lalu dikeringkan selama 24 jam dengan pengering kabinet (*hot air dryer*) pada suhu 50 °C. Setelah itu, kulit pisang tersebut

dihancurkan atau digiling dengan *blender*, dan diayak dengan ayakan 60 mesh. Suhu proses pengeringan yang kurang dari 70 °C ini digunakan untuk mencegah terjadinya reaksi degradasi komponen gizi kulit pisang. Setelah kulit pisang menjadi kering, pengecilan ukuran dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan serbuk kulit pisang. Serbuk kulit pisang yang dihasilkan diayak dengan ayakan ukuran 60 mesh untuk mendapatkan serbuk kulit pisang yang lebih halus. Semua hasil proses ini menghasilkan rerata rendemen (% b/b) sebesar 23,02%. Perbedaan hasil rendemen disebabkan karena perbedaan proses penepungan, seperti perbedaan alat pengering yang digunakan, suhu dan lama waktu proses pengeringan (Mohapatra *et al.*, 2010).

Yuwono (2015) menyebutkan bahwa kandungan air dalam kulit pisang berkisar antara 65–70%, selebihnya merupakan berat kering bahan. Hasil proses penepungan yang dilanjutkan dengan pengayakan 60 mesh pada penelitian ini menghasilkan rendemen 23,02% (%b/b) yang lebih kecil daripada hasil yang diperoleh oleh Yuwono (2015). Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor. Menurut Hasbullah dan Umiyati (2017_a), rendemen proses penepungan dipengaruhi oleh kandungan air dalam bahan baku awal, yaitu semakin tinggi kandungan air dalam bahan baku, semakin rendah rendemen bahan yang dihasilkan. Selain itu, besarnya rendemen dipengaruhi oleh tahapan proses, seperti perajangan, jenis dan suhu pengering, penepungan, serta pengayakan, yang semuanya dapat meningkatkan kehilangan berat tepung yang dihasilkan. Menurut Hasbullah dan Umiyati (2017_b), proses penepungan menyebabkan kehilangan berat sampai dengan 2,8%, sedangkan pengayakan menyebabkan kehilangan berat sampai dengan 21,6%.

Analisis karakteristik tepung kulit pisang digunakan untuk mengetahui potensi kulit pisang yang akan digunakan sebagai sumber karbon pada proses fermentasi asam laktat oleh *L. casei*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar pati pada tepung kulit pisang adalah 5,35%. Menurut Mohapatra *et al.* (2010), penambahan tepung kulit yang mengandung pati sebesar 4,67% pada media pertumbuhan mampu meningkatkan pertumbuhan *L. plantarum* secara signifikan. Kandungan pati

dalam tepung kulit pisang digunakan sebagai sumber karbon dan energi untuk proses pertumbuhan kultur *L. casei* dalam media fermentasi. Pati akan dirombak menjadi gula sederhana yang kemudian akan diubah menjadi asam laktat melalui jalur fermentasi anaerob dalam sistem tertutup.

Analisis gula total dilakukan untuk mengetahui kandungan gula total yang terdapat pada tepung kulit pisang sebelum proses fermentasi. Gula yang terdapat pada tepung kulit pisang, yaitu sebesar 1,36%, akan digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi untuk pertumbuhan. Hasil dari pertumbuhan mikroba, dalam hal ini kultur *L. casei*, akan tampak berupa peningkatan biomassa sel serta peningkatan metabolit sekunder berupa senyawa asam laktat dan asam-asam organik lainnya. Hasil pengukuran serat kasar juga digunakan untuk mengetahui jumlah serat kasar yang terdapat pada tepung kulit pisang sebagai sumber karbon untuk proses fermentasi asam laktat. Komponen gula, pati dan serat tersebut digunakan sebagai sumber karbon oleh *L. casei* untuk mendukung pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan Mohapatra *et al.* (2010), yang menyebutkan bahwa kulit pisang mengandung senyawa yang potensial untuk dikembangkan, yaitu serat pangan dan oligosakarida. Serat pangan dan oligosakarida merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna dan keduanya dapat difermentasi oleh mikroflora usus, sehingga komponen tersebut dapat digunakan sebagai substrat oleh bakteri asam laktat untuk tumbuh (prebiotik).

Penentuan optimasi variabel X_1 dan X_2 berdasarkan grafik *contour* (Gambar 2) untuk konsentrasi substrat 4,31% dan inokulum 4,64% akan mencapai nilai optimum sebesar 7,06 g/L. Konsentrasi asam laktat hasil fermentasi selama 72 jam dengan kombinasi konsentrasi substrat dan inokulum ini memiliki nilai kisaran antara 1,94–8,83 g/L. Peningkatan asam laktat hasil metabolit sekunder bakteri asam laktat disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah biomassa sel yang memfermentasi substrat menjadi asam laktat dan energi. Menurut Yusmarini dan Efendi (2004), gula yang terdapat dalam media dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat sebagai sumber karbon untuk memproduksi asam

laktat dan energi melalui proses glikolisis. Selain itu, kandungan serat dan pati yang terdapat dalam media juga dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat sebagai sumber energi, walaupun prosesnya lambat dan menghasilkan *Short Chain Fatty Acid* (SCFA) berupa asam propionat, asam butirat, dan asam asetat.

Produksi asam laktat oleh mikroba ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain faktor kemampuan mikroba dalam memanfaatkan sumber karbon yang terdapat dalam media fermentasi, jenis sumber gula maupun jumlahnya. *L. acidophilus* termasuk bakteri Gram positif dengan tipe fermentasi homofermentatif. Putri *et al.* (2012) menyebutkan bahwa bakteri tipe fermentasi homofermentatif mampu memproduksi asam laktat dalam jumlah yang cukup besar. Hasil penelitian Umesh dan Preethi (2014) menunjukkan bahwa penggunaan limbah kulit pisang dalam memproduksi asam laktat menggunakan *L. plantarum* menghasilkan asam laktat sebesar 4,68 g/L, sedangkan hasil penelitian Kumar dan Srividya (2014) menunjukkan bahwa produksi asam laktat menggunakan substrat kulit pisang mampu menghasilkan asam laktat sebesar 68 g/L menggunakan *Rhizopusoryzae* MTCC 8784. Perbedaan hasil juga dipengaruhi oleh kondisi operasi proses fermentasi seperti suhu dan waktu fermentasi, konsentrasi substrat, laju pengadukan, aerasi, dan lama fermentasi.

SIMPULAN

Pemanfaatan kulit pisang sebagai media fermentasi asam laktat menghasilkan rendemen tepung kulit pisang sebesar 23,02% dengan karakteristik memiliki kadar pati 5,35%, gula total 1,36%, asam total 0,61% dan serat kasar 1,54%. Titik optimasi konsentrasi substrat dan inokulum sebesar 4,71% dan 6,61% menghasilkan konsentrasi biomassa yang optimum sebesar 5,99 g/L, sedangkan optimasi variabel X_1 dan X_2 dengan konsentrasi substrat dan inokulum 4,31% dan 4,64% menghasilkan nilai optimum konsentrasi asam laktat sebesar 7,06 g/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tujuan dari optimasi proses fermentasi asam laktat tidak selalu bertujuan untuk memperoleh konsentrasi maksimum produk akan tetapi harus mempertimbangkan teknologi yang digunakan dan variabel ekonomis lain seperti

biaya nutrisi media fermentasi. Penggunaan kombinasi konsentrasi substrat 4,31% dan konsentrasi inokulum 4,64% mampu menghasilkan hasil produksi asam laktat terbaik pada penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan Hibah Penelitian Tahun Anggaran 2017, dan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas PGRI Semarang dalam membantu pelaksanaan penelitian.

REFERENSI

- Bulut, S., Elibol, M., & Ozer, D. (2004). Effect of different carbon sources on L(+)-lactic acid production by *Rhizopus oryzae*. *Biochemical Engineering Journal*, 21(1), 33-37.
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: An overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(1), 323-329.
- Fatemeh, S. R., Saifullah, R., Abbas, F. M. A., & Azhar, M. E. (2012). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. *International Food Research Journal*, 19(3), 1041-1046.
- Guyot, J. P., Brizuela, M. A., Sanoja, R. R., & Morlon-Guyot, J. (2003). Characterization and differentiation of *Lactobacillus manihotivorans* strains isolated from cassava sour starch. *International Journal of Food Microbiology*, 87(2), 187-192.
- Hasbullah, U. H. A. A., & Umiyati, R. (2017a). Perbedaan sifat fisik, kimia dan sensoris tepung umbi suweg (*Amorphophallus campamulatus* BI) pada fase dorman dan vegetatif. *PLANTA TROPIKA: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 5(2), 70-78.
- Hasbullah, U. H. A. A., & Umiyati, R. (2017b). *Evaluasi rendemen selama proses pembuatan tepung suweg*. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian (SNHP)-VII. LPPM Universitas PGRI Semarang.

- Kotzamanidis, C. H., Roukas, T., & Skaracis, G. (2002). Optimization of lactic acid production from beet molasses by *Lactobacillus delbrueckii* NCIMB 8130. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(5), 441-448.
- Kumar, R., & Shivakumar, S. (2014). Production of L-Lactic acid from starch and food waste by amylolytic *Rhizopus oryzae* MTCC 8784. *International Journal of ChemTech Research*, 6(1), 527-537.
- Lee, P. C., Lee, W. G., Lee, S. Y., Chang, H. N., & Chang, Y. K. (2000). Fermentative production of succinic acid from glucose and corn steep liquor by *Anaerobiospirillum succiniciproducens*. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 5(5), 379-381.
- Li, R. M., Chen, R., & Xiao, Z. C. (2001). The analysis of the nutritional components of banana peel. *Journal Zhanjiang Norm Coll*, 22, 42-45.
- Mohapatra, D., Sabyasachi M., & Namrata S. (2010). Banana and its by-product utilization: an overview. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 69, 323-329.
- Miller, G. A. I. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*, 31(3), 426-428.
- Parajó, J. C., Santos, V., Dominguez, H., & Vázquez, M. (1995). NH₄OH-Based pretreatment for improving the nutritional quality of Single-Cell Protein (SCP). *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 55(2), 133-149.
- Putri, W. D. R., Haryadi, D. W. M., & Cahyanto, M. N. (2012). Isolasi dan karakterisasi bakteri asam laktat amilolitik selama fermentasi growol, makanan tradisional Indonesia. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(1), 52-60.
- Pumiput, P., Chuntranuluck, S., Kitpreechavanich, V., Punsuron, V., & Vaithanomstat, P. (2008). Production process of hydrolysate from steam explosion of oil palm trunk for xylitol fermentation. *Kasetsart Journal (National Science)*. 42(1), 73-78.
- Ramírez, J. A., Santos, I. A., Morales, O. G., Morrissey, M., & Vázquez, M. (2000). Application of microbial transglutaminase to improve mechanical properties of surimi from silver carp. *CYTA-Journal of Food*, 3(1), 21-28.
- Téllez-Luis, S. J., Moldes, A. B., Alonso, J. L., & Vazquez, M. (2003). Optimization of lactic acid production by *Lactobacillus delbrueckii* through response surface methodology. *Journal of Food Science*, 68(4), 1454-1458.
- Umesh, M., & Preethi, K. (2014). Fermentative utilization of fruit peel waste for lactic acid production by *Lactobacillus plantarum*. *Indian Journal of Applied Research*, 4(9), 449-451.
- Vázquez, M., & Martin, A. M. (1998). Optimization of *Phaffia rhodozyma* culture through response surface methodology. *Biotechnology Bioengineering*, 57(3), 314-20.
- Yusmarini, E. R., & Efendi, R. (2004). Evaluasi mutu soygurt yang dibuat dengan penambahan beberapa jenis gula. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 104-110.
- Yuwono, S. S. (2015). *Satuan operasi pangan dan hasil pertanian*. Malang: UB Press.