

**KAJIAN KINETIKA FERMENTASI ASAM LAKTAT OLEH *Lactococcus lactis* FNCC 0086 PADA MEDIA SARI BUAH SEMU JAMBU METE (*Anacardium occidentale* L.) DENGAN VARIASI SUMBER NITROGEN**

*THE KINETIC STUDY OF LACTIC ACID FERMENTATION BY *Lactococcus lactis* FNCC 0086 IN MEDIA OF CASHEW APPLE JUICE (*Anacardium occidentale* L.) WITH VARIATION OF NITROGEN SOURCES*

**Rohula Utami<sup>1)</sup>, Esti Widowati<sup>1)</sup>, Annisa Kamil<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup> Alumni Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

**ABSTRACT**

*The purpose of this study was to determine the kinetic fermentation that occurs during the lactic acid fermentation process in the media of cashew apple juice with the addition of bean sprouts extracts through the parameters of specific growth rate ( $\mu$ ), doubling time ( $td$ ), multiplication degree ( $n$ ), growth yield constant ( $Y_{x/s}$ ), product yield constant ( $Y_{p/s}$ ), and production efficiency of lactic acid during the fermentation by *Lactococcus lactis* FNCC 0086. Types of bean sprouts extracts that were added were mung bean and soybean sprouts extracts. The results of this study showed that the adding of bean sprouts extracts as nitrogen sources can increase the cell growth. The specific growth rate ( $\mu$ ) on the addition of mung bean sprouts extracts was 0,551/hour and soybean sprouts extracts was 0,491/hour; doubling time ( $td$ ) on the addition of mung bean sprouts extracts was 75,48 min. and soybean sprouts extracts was 84,68 min.; multiplication degree ( $n$ ) on the addition of mung bean sprouts extracts was 3,178 times and soybean sprouts extracts was 2,831 times; growth yield constant ( $Y_{x/s}$ ) on the addition of mung bean sprouts extracts was  $1,34 \times 10^6$  cell/mg and soybean sprouts extracts was  $1,23 \times 10^6$  cell/mg; product yield constant ( $Y_{p/s}$ ) on the addition of mung bean sprouts extracts was 0,069 and soybean sprouts extracts was 0,068; then the efficiency of lactic acid production during the fermentation on the addition of mung bean sprouts extracts was 1,605% and soybean sprouts extracts was 1,569%.*

*Key words: cashew apple, lactic acid, kinetic fermentation, mung bean sprouts extracts, soybean sprouts extracts*

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku kinetika fermentasi yang terjadi selama proses fermentasi asam laktat pada media sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak taugé sebagai sumber nitrogen melalui parameter kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), waktu penggandaan ( $td$ ), jumlah penggandaan ( $n$ ), hasil pertumbuhan ( $Y_{x/s}$ ), pembentukan produk ( $Y_{p/s}$ ), dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi oleh *Lactococcus lactis* FNCC 0086. Jenis ekstrak taugé yang ditambahkan adalah ekstrak taugé kacang hijau dan ekstrak taugé kedelai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak taugé dapat meningkatkan pertumbuhan sel. Kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau sebesar 0,551/jam dan ekstrak taugé kedelai sebesar 0,491/jam; waktu penggandaan ( $td$ ) pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau selama 75,48 menit dan ekstrak taugé kedelai selama 84,68 menit; jumlah penggandaan ( $n$ ) pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau sebanyak 3,178 kali dan ekstrak taugé kedelai sebanyak 2,831 kali; hasil pertumbuhan ( $Y_{x/s}$ ) pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau sebesar  $1,34 \times 10^6$  sel/mg dan ekstrak taugé kedelai sebesar  $1,23 \times 10^6$  sel/mg; pembentukan produk ( $Y_{p/s}$ ) pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau sebesar 0,069 dan ekstrak taugé kedelai sebesar 0,068; serta efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi pada penambahan ekstrak taugé kacang hijau sebesar 1,605% dan ekstrak taugé kedelai sebesar 1,569%.

Kata kunci: asam laktat, buah semu jambu mete, ekstrak taugé kacang hijau, ekstrak taugé kedelai, kinetika fermentasi

**PENDAHULUAN**

Buah semu jambu mete (*cashew apple*) merupakan tangkai buah (*peduncle*) yang membesar di atas biji mete (Mulyono, dkk., 2011). Buah semu jambu mete sering dianggap sebagai produk ikutan tanaman jambu mete sedangkan produk utamanya

adalah bijinya (kacang mete). Diperkirakan, dari produksi buah semu jambu mete hanya sekitar 20% yang sudah dimanfaatkan secara tradisional, misal dibuat rujak, abon dan sebagainya. Sedangkan, sisanya 80 % masih terbuang sebagai limbah (Lutfi, 2008). Belum maksimalnya pemanfaatan buah semu jambu mete ini karena ketersediaan bahan

baku yang terbatas (tersedia dalam periode 3-4 bulan dalam setahun, yaitu bulan September-Desember), karakteristik buah semu yang mudah rusak dalam waktu 2-3 hari, serta adanya senyawa tannin dan zat-zat lainnya yang menyebabkan rasa sepat dan gatal pada buah semu (Mulyono, dkk., 2011).

Saat ini penelitian mengenai pemanfaatan sari buah semu jambu mete masih sangat terbatas. Sebuah penelitian yang telah dilakukan oleh Silvera *et al.* (2010), menunjukkan bahwa sari buah semu jambu mete berpotensi untuk digunakan sebagai substrat dalam produksi biomassa bakteri asam laktat dan asam laktat karena memiliki kandungan gula reduksi (glukosa dan fruktosa) yang tinggi sebagai sumber karbon dalam pertumbuhan mikroba. Selain itu, Honorato *et al.* (2007) dan Silvera *et al.* (2010) menyatakan bahwa sari buah semu jambu mete juga merupakan sumber karbon yang murah.

Selain sumber karbon, fermentasi asam laktat juga memerlukan sumber nitrogen. Menurut Ibrahim *et al.* (2010), dalam memproduksi asam laktat dapat digunakan sumber nitrogen dari ekstrak yeast, ammonium sulfat,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4(\text{SO}_2)_4$ , pepton, dan urea. Sumber nitrogen anorganik tersebut merupakan sumber nitrogen yang paling umum digunakan dalam industri penghasil asam laktat, namun harganya mahal. Terdapat sumber nitrogen lain yang ekonomis dan merupakan sumber organik, yaitu ekstrak taugé. Ekstrak taugé diketahui banyak mengandung asam amino. Maka dari itu, dalam penelitian ini digunakan sari buah semu jambu mete sebagai sumber karbon, serta ekstrak taugé kacang hijau dan ekstrak taugé kedelai sebagai alternatif sumber nitrogen.

Untuk memahami setiap proses fermentasi asam laktat diperlukan studi kinetika fermentasi yang menggambarkan pertumbuhan sel dan pembentukan produk oleh mikroba. Kinetika fermentasi disajikan secara kuantitatif dalam parameter-parameter, seperti kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), *doubling time* (td), jumlah penggandaan (n), hasil pertumbuhan ( $Y_{x/s}$ ), pembentukan produk ( $Y_{p/s}$ ), dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi.

Dengan diketahui perilaku kinetika fermentasi bakteri asam laktat pada media sari buah semu jambu mete, akan diketahui fase-fase pertumbuhan bakteri dan produktivitas asam laktatnya. Hal tersebut yang melatarbelakangi penelitian untuk mengetahui kinetika fermentasi produksi asam laktat dengan media sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak taugé kacang hijau dan ekstrak taugé kedelai.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah buah semu jambu mete merah yang diambil dari Desa Dayu, Kabupaten Karanganyar, dan taugé kacang hijau serta taugé kedelai. Bakteri asam laktat yang digunakan adalah *Lactococcus lactis* FNCC 0086 dari Pusat Studi Pangan Gizi Universitas Gadjah Mada (PSPG UGM), Yogyakarta.

### Pembuatan Media Fermentasi

Media fermentasi yang digunakan adalah sari buah semu jambu mete dengan variasi penggunaan ekstrak taugé (taugé kacang hijau/ taugé kedelai). Metode yang digunakan untuk membuat sari buah semu jambu mete berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Silvera *et al.* (2010) dengan modifikasi. Metode yang digunakan untuk membuat ekstrak taugé berdasarkan Prihantini, dkk. (2007). Adapun perlakuan variasi media adalah 90% sari buah semu jambu mete dengan penambahan 10% ekstrak taugé kacang hijau dan 90% sari buah semu jambu mete dengan penambahan 10% ekstrak taugé kedelai. Sebagai kontrol, digunakan 90% sari buah semu jambu mete yang ditambah 10% aquades atau tanpa penambahan ekstrak taugé. Pengaturan pH 6.5 dilakukan dengan menggunakan NaOH 3M.

### Preparasi Inokulum

Bakteri *Lactococcus lactis* FNCC 0086 disubkultur pada MRS Agar miring. Kultur diinkubasi selama 24 jam pada suhu 30°C di dalam inkubator. Jumlah bakteri yang diinokulasikan sebanyak  $10^6$  sel/ml.

## Proses Fermentasi

Fermentasi dilakukan selama 24 jam pada suhu 30°C dan setiap jam dilakukan analisis, meliputi analisis glukosa menggunakan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji, dkk., 1984), analisis asam laktat menggunakan titrimetri NaOH 0,1N (AOAC, 1990), analisis jumlah sel menggunakan *Direct Microscopic Count* dengan Hemocytometer (Prathalingam *et al.*, 2006), dan analisis pH dengan pHmeter.

## Analisis Data

Hasil pengamatan dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara jumlah bakteri, kadar gula reduksi, dan kadar asam laktat dengan waktu fermentasi serta dilakukan perhitungan terhadap masing-masing parameter kinetika fermentasi Sardjono, dkk (1999). Data yang didapat akan dianalisa varian menggunakan analisis variansi satu arah (*one way ANOVA*). Jika terdapat perbedaan, maka akan dilanjutkan dengan uji beda nyata menggunakan analisis *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 0,05.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa selama 24 jam fermentasi terjadi peningkatan jumlah sel pada ketiga sampel sari buah semu jambu mete yang diuji. Jumlah sel meningkat dari jam ke-0 hingga jam ke-4 untuk ketiga sampel tersebut. Pada jam ke-5 merupakan fase pertumbuhan diperlambat, lalu memasuki fase stasioner pada jam ke-6. Jumlah sel pada jam ke-4 dari yang terendah dicapai pada fermentasi kontrol, yaitu  $5,47 \times 10^7$  sel/ml; kemudian sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai  $6,05 \times 10^7$  sel/ml; dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau  $7,70 \times 10^7$  sel/ml. Berdasarkan hasil penelitian dapat dikatakan bahwa penambahan ekstrak tauge sebagai sumber nitrogen pada media sari buah semu jambu mete dapat meningkatkan pertumbuhan sel. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Busairi (2010) yang menyatakan bahwa penambahan sumber nitrogen pada media

fermentasi limbah nanas dapat meningkatkan produksi biomassa sel. Menurut Oliveira *et al.* (2005), *Lactococcus lactis* membutuhkan minimal glukosa, arginin, metionin, glutamat, dan valin untuk dapat tumbuh. Menurut Nutrition Facts USDA-SR 21 (2011), tauge kacang hijau dan kedelai memiliki asam amino jenis arginin, metionin, glutamat, dan valin, sehingga ekstrak tauge ini masing-masing dapat digunakan sebagai sumber nitrogen dalam fermentasi sari buah semu jambu mete oleh *Lactococcus lactis*.

Sedangkan, peningkatan kadar asam laktat terbesar hingga akhir waktu fermentasi dicapai pada sampel dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan kedelai, masing-masing sebesar 0,131%. Kontrol memiliki peningkatan kadar asam laktat terendah, yaitu 0,088%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penambahan ekstrak tauge sebagai sumber nitrogen pada media sari buah semu jambu mete dapat meningkatkan produktivitas asam laktat. Dalam hal ini, perbedaan jenis penambahan ekstrak tauge menunjukkan produktivitas asam laktat yang sama. Busairi (2010) dalam penelitiannya pada media fermentasi limbah nanas, hasilnya menunjukkan bahwa produksi asam laktat meningkat dengan adanya penambahan beberapa sumber nitrogen.

Selama fermentasi, sel bakteri memanfaatkan glukosa supaya dapat bertahan hidup dan berkembangbiak, serta mengubahnya menjadi asam laktat. Dalam hal ini, *Lactococcus lactis* termasuk mikroorganisme anaerob fakultatif (Nakarai *et al.*, 2000), homofermentatif yang bermetabolisme sesuai dengan jalur Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) (Page, 1989). Glukosa dalam kondisi aerob akan terkatabolisme mengikuti jalur Embden-Meyerhof-Parnas (EMP), menjadi piruvat dan energi dalam bentuk ATP. Piruvat dalam kondisi aerob akan terkonversi menjadi CO<sub>2</sub> dan NADH melalui siklus Krebs. Piruvat dalam kondisi anaerob dapat terkonversi menjadi asam laktat (Manfaat, 2010).

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut kemudian akan dibahas lebih lanjut tentang kecepatan pertumbuhan spesifik, waktu penggandaan (td), derajat multiplikasi/banyak penggandaan (n), hasil

**Tabel 1.** Kinetika Fermentasi Asam Laktat Pada Sari Buah Semu Jambu Mete dengan Variasi Jenis Ekstrak Tauge

Jenis Penambahan Ekstrak Tauge	$\mu$ (/jam)	td (menit)	n (kali)	$Y_{x/s}$ (sel/mg)	$Y_{p/s}$	Efisiensi (%)	Log $Y_{x/s}$
Kontrol	0,465 <sup>a</sup>	89,36 <sup>c</sup>	2,683 <sup>a</sup>	$9,32 \times 10^5$	0,047 <sup>a</sup>	1,101 <sup>a</sup>	5,967 <sup>a</sup>
Kacang Hijau	0,551 <sup>c</sup>	75,48 <sup>a</sup>	3,178 <sup>c</sup>	$1,34 \times 10^6$	0,069 <sup>b</sup>	1,605 <sup>b</sup>	6,125 <sup>b</sup>
Kedelai	0,491 <sup>b</sup>	84,68 <sup>b</sup>	2,831 <sup>b</sup>	$1,23 \times 10^6$	0,068 <sup>b</sup>	1,569 <sup>b</sup>	6,088 <sup>b</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan  $\alpha$  5%.

pertumbuhan (*Growth Yield Constant*)  $Y_{x/s}$ , pembentukan produk (*Produk Yield Constant*)  $Y_{p/s}$ , efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi. **Tabel 1** menunjukkan kinetika fermentasi asam laktat pada sari buah semu jambu mete dengan variasi jenis ekstrak tauge.

#### Kecepatan Pertumbuhan Spesifik ( $\mu$ )

Penentuan kecepatan pertumbuhan spesifik ini berdasarkan fase logaritmik, yaitu dari jam ke-0 hingga jam ke-4. Hal ini dikarenakan saat pertumbuhan sel berada pada fase logaritmik terjadi *balance growth*, yaitu sel-sel bakteri tumbuh dengan kecepatan yang sama, sehingga laju pertumbuhan spesifik akan sama (Gaden, 1959). Berdasarkan **Tabel 1**, dapat diketahui bahwa kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) pada kontrol, sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau, dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai berbeda nyata. Kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) paling cepat dicapai oleh fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau, yaitu 0,551/jam, diikuti oleh sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai sebesar 0,491/jam, dan terendah dicapai kontrol sebesar 0,465/jam.

#### Waktu Peggandaan atau *Doubling time* (td)

Seperti kecepatan pertumbuhan spesifik, penentuan waktu penggandaan ini juga berdasarkan fase logaritmik, yaitu dari jam ke-0 hingga jam ke-4. Waktu penggandaan berbanding terbalik dengan kecepatan pertumbuhan spesifik. Semakin besar nilai kecepatan pertumbuhan spesifiknya, maka semakin cepat waktu penggandaannya.

Berdasarkan **Tabel 1**, waktu penggandaan atau *doubling time* (td) pada kontrol, sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau, dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai berbeda nyata. Waktu penggandaan tercepat atau tersingkat terjadi pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau, yaitu 75,48 menit. Selanjutnya, pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai sebesar 84,68 menit dan paling lama adalah fermentasi kontrol sebesar 89,36 menit.

#### Derajat Multiplikasi atau Jumlah Peggandaan (n)

Penentuan derajat multiplikasi atau jumlah penggandaan (n) pada penelitian ini merupakan hasil bagi antara jumlah sel pada jam ke-4 dengan jumlah sel pada jam ke-0. Derajat multiplikasi memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan kecepatan pertumbuhan spesifik, yaitu semakin tinggi kecepatan pertumbuhan spesifiknya, maka semakin tinggi pula derajat multiplikasinya. Berdasarkan **Tabel 1**, derajat multiplikasi atau jumlah penggandaan (n) pada kontrol, sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau, dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai berbeda nyata. Pada fermentasi sari buah semu jambu mete tanpa penambahan ekstrak tauge atau kontrol memiliki derajat multiplikasi yang paling sedikit, yaitu 2,683 kali. Sedangkan, derajat multiplikasi yang paling banyak terdapat pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau sebesar 3,178 kali.

Derajat multiplikasi pada fermentasi kontrol sebesar 2,683 kali.

### Hasil Pertumbuhan (*Growth Yield Constant*) $Y_{x/s}$

Selama proses fermentasi terjadi konsumsi nutrisi dan dihasilkan produk metabolit. Berdasarkan pembentukan produk dan pertumbuhan sel, proses fermentasi sari buah semu jambu mete termasuk tipe fermentasi *associated*, yaitu pertumbuhan sel dan pembentukan produk berjalan seiring. Penentuan hasil pertumbuhan berdasarkan pertumbuhan *Lactococcus lactis* dari jam ke-0 hingga jam ke-24. Pada **Tabel 1.** diketahui bahwa hasil pertumbuhan atau *Growth Yield Constant* ( $Y_{x/s}$ ) pada sampel kontrol berbeda nyata dengan sampel sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai, namun tidak berbeda nyata antara sampel dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan sampel dengan penambahan ekstrak tauge kedelai. Hasil pertumbuhan pada fermentasi kontrol adalah  $9,32 \times 10^5$  sel/mg. Hasil pertumbuhan pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau sebesar  $1,34 \times 10^6$  sel/mg. Sedangkan, hasil pertumbuhan pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai sebesar  $1,23 \times 10^6$  sel/mg.

### Pembentukan Produk (*Product Yield Constant*) $Y_{p/s}$

Penentuan pembentukan produk berdasarkan pembentukan asam laktat dari jam ke-0 hingga jam ke-24. **Tabel 1.** menunjukkan bahwa pembentukan produk atau *Product Yield Constant* ( $Y_{p/s}$ ) sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai tidak berbeda nyata, namun hasil ini berbeda nyata dengan kontrol. Pembentukan produk pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau,

yaitu 0,068 dan 0,069. Sedangkan, pembentukan produk pada fermentasi kontrol sebesar 0,047.

### Efisiensi Pembentukan Asam Laktat selama Fermentasi

Nilai efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi yang ditunjukkan pada **Tabel 1.**, tidak berbeda nyata antara sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai, yaitu 1,605% dan 1,569%. Sedangkan, efisiensi pembentukan asam laktat pada kontrol sebesar 1,101%.

Berdasarkan **Tabel 1.**, pada fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan fermentasi sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai menunjukkan nilai kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), waktu penggandaan ( $t_d$ ), derajat multiplikasi ( $n$ ), hasil pertumbuhan ( $Y_{x/s}$ ), pembentukan produk ( $Y_{p/s}$ ), dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi yang berbeda nyata dengan kontrol atau sari buah semu jambu mete tanpa penambahan ekstrak tauge. Sehingga, dapat dikatakan bahwa penambahan ekstrak tauge berpengaruh terhadap kinetika fermentasi sari buah semu jambu mete. Hasil ini selaras dengan penelitian Jin Bo *et al.* (2005) bahwa penambahan nutrisi, seperti nitrogen, memiliki efek positif pada pertumbuhan sel bakteri dan produksi asam laktat.

Jika ditinjau dari jenis penambahan ekstrak tauge, kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), waktu penggandaan ( $t_d$ ), dan derajat multiplikasi ( $n$ ) pada fase logaritmik yang dicapai oleh sampel yang menggunakan penambahan ekstrak tauge kacang hijau berbeda nyata dengan sampel yang menggunakan penambahan ekstrak tauge kedelai. Sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau menunjukkan kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), waktu penggandaan ( $t_d$ ), dan derajat multiplikasi ( $n$ ) yang lebih tinggi daripada sari buah semu jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai. Hal ini dikarenakan jumlah beberapa asam amino yang berlebih, terutama isoleusin dan leusin,

akan menghambat jalur biosintesis asam amino yang lainnya dan menyebabkan pertumbuhan sel terhambat. Hal ini sesuai dengan penelitian Gue'don *et al.* (2005), bahwa adanya kelebihan isoleusin sebanyak 30-60% pada media fermentasi *L. lactis* dapat memicu terhambatnya pertumbuhan sel dengan menghambat jalur biosintesis asam amino lainnya, seperti valin, histidin, lisin, asparagin, dan treonin. Hasil yang sama juga terjadi pada penelitian Juillard *et al.* (1995), adanya penambahan asam amino isoleusin dan leusin memberikan efek negatif pada pertumbuhan *Lactococcus lactis*.

Sedangkan, pada hasil pertumbuhan ( $Y_{x/s}$ ), pembentukan produk ( $Y_{p/s}$ ), dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi dari jam ke-0 hingga jam ke-24 menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antara sampel dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau dan sampel dengan penambahan ekstrak tauge kedelai. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa baik penambahan ekstrak tauge kacang hijau maupun ekstrak tauge kedelai, keduanya dapat digunakan sebagai sumber nitrogen pada fermentasi sari buah semu jambu mete oleh *Lactococcus lactis* dengan hasil (*yield*) yang tidak berbeda nyata.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan ekstrak tauge kacang hijau berpengaruh terhadap kinetika fermentasi asam laktat pada sari buah jambu mete, yaitu kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) sebesar 0,551/jam; waktu penggandaan atau *doubling time* (td) selama 75,48 menit; derajat multiplikasi atau jumlah penggandaan (n) sebanyak 3,178 kali; hasil pertumbuhan sel atau *growth yield constant* ( $Y_{x/s}$ ) sebesar  $1,34 \times 10^6$  sel/mg; pembentukan produk atau *product yield constant* ( $Y_{p/s}$ ) adalah 0,069; dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi sebesar 1,605%.

2. Penambahan ekstrak tauge kedelai berpengaruh terhadap kinetika fermentasi asam laktat pada sari buah jambu mete, yaitu kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ) sebesar 0,491/jam; waktu penggandaan atau *doubling time* (td) selama 84,68 menit; derajat multiplikasi atau jumlah penggandaan (n) sebanyak 2,831 kali; hasil pertumbuhan sel atau *growth yield constant* ( $Y_{x/s}$ ) sebesar  $1,23 \times 10^6$  sel/mg; pembentukan produk atau *product yield constant* ( $Y_{p/s}$ ) adalah 0,068; dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi sebesar 1,569%.
3. Nilai kecepatan pertumbuhan spesifik ( $\mu$ ), waktu penggandaan atau *doubling time* (td), dan derajat multiplikasi atau jumlah penggandaan (n) pada fermentasi sari buah jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau berbeda nyata dengan fermentasi sari buah jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai, serta keduanya berbeda nyata terhadap kontrol.
4. Nilai pembentukan produk atau *product yield constant* ( $Y_{p/s}$ ), hasil pertumbuhan sel atau *growth yield constant* ( $Y_{x/s}$ ), dan efisiensi pembentukan asam laktat selama fermentasi sari buah jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kacang hijau tidak berbeda nyata dengan fermentasi sari buah jambu mete dengan penambahan ekstrak tauge kedelai, namun keduanya berbeda nyata terhadap kontrol.
5. Ekstrak tauge kacang hijau dan kedelai dapat digunakan sebagai sumber nitrogen yang sesuai untuk fermentasi sari buah semu jambu mete oleh *Lactococcus lactis*.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai optimasi faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi, seperti konsentrasi ekstrak tauge yang ditambahkan, pH, suhu, dan lama fermentasi, pada fermentasi sari buah semu jambu mete supaya didapat pembentukan asam laktat yang optimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC.1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. AOAC. Washington DC. USA.
- Busairi, A. M. 2010. *Effect of Nitrogen Source and Initial Sugar Concentration on Lactic Acid Fermentation of Pineapple Waste Using L.Delbrueckii*. TEKNIK – Vol. 31 No. 1 Tahun 2010. ISSN 0852-1697. Hal.: 31-34.
- Gaden, E. L., Jr. 1959. *Fermentation Process Kinetics*. Journal of Biochemical and Microbiological Technology and Engineering Vol. 1, No. 4. Pages: 413–429.
- Gue'don, E., B. Sperandio, N. Pons, S. D. Ehrlich, and P. Renault. 2005. *Overall Control of Nitrogen Metabolism in Lactococcus lactis by CodY, and Possible Models for CodY Regulation in Firmicutes*. Microbiology (2005), Vol. 151. DOI 10.1099/mic.0.28186-0. Pages: 3895–3909.
- Honorato, T. L., M. C. Rabelo, L. R. B. Gonçalves, G. A. S. Pinto, and S. Rodrigues. 2007. *Fermentation of Cashew Apple Juice to Produce High Added Value Products*. World J. Microbiol Biotechnol (2007) 23. DOI 10.1007/s11274-007-9381-z. Pages: 1409-1415.
- Ibrahim, S. B., N. A. Rahman, R. Mohamad, and R. A. Rahim. 2010. *Effects of Agitation Speed, Temperature, Carbon and Nitrogen Sources on The Growth of Recombinant Lactococcus Lactis Nz9000 Carrying Domain 1 Of Aerolysin Gene*. African Journal of Biotechnology Vol. 9(33), 16 August, 2010. ISSN 1684–5315. Pages: 5392-5398.
- Jin Bo, P. Y., M. Yibong, and O. L. Zha. 2005. *Production of Lactic Acid and Fungal Biomassa by Rhizopus Fungi from Food Processing Waste Streams*. Journal of Microbiol. Biotechnol (2005) 32. Pages: 678 – 686.
- Juillard, V., D. Le Bars, E. R. S. Kunji, W. N. Konings, J. C. Gripon, and J. Richard. *Oligopeptides are the Main Source of Nitrogen for Lactococcus lactis during Growth in Milk*. Applied and Environmental Microbiology, Aug. 1995, Vol. 61, No. 8. DOI: 0099-2240/95/\$04.0010. Pages: 3024–3030.
- Lutfi. 2008. Pemanfaatan Limbah Jambu Mete. <http://paknewulan.wordpress.com/2008/12/31/pemanfaatan-limbah-jambu-mete/>. Diakses tanggal 11 Februari 2011.
- Manfaat, R. 2010. *Kinetika dan Variabel Optimum Fermentasi Asam Laktat dengan Media Campuran Tepung Tapioka dan Limbah Cair Tahu Oleh Rhizopus Oryzae*. Thesis Mahasiswa Program Magister Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mulyono, E., Abubakar, dan D. Sumangat. 2011. *Teknologi Inovatif Pengolahan Buah Semu Jambu Mete untuk Mendukung Agroindustri*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca panen Pertanian. Hal.: 658-668.
- Nakarai, T., K. Morita, Y. Nojiri, J. Nei, and Y. Kawamori. 2000. *Liver Abscess Due to Lactococcus lactis cremoris*. Pediatrics International Vol. 42, Issue 6. Pages: 699-701.
- Nutrition Facts USDA-SR 21. 2011. *Mung Bean, Mature Seeds, Sprouted, Raw Compared to Soybean, Mature Seeds, Sprouted, Raw*. <http://nutritiondata.self.com/facts/vegetables-and-vegetable-products/2333/2>. Diakses tanggal 3 Agustus 2011.
- Oliveira, A.P., J. Nielsen, and J. Förster. 2005. *Modeling Lactococcus lactis Using A Genome-Scale Flux Model*. BMC Microbiology Vol. 5, Issue 39. Pages: 588-592.

- Page, D. S. 1989. *Prinsip-Prinsip Biokimia*. Penerbit Erlangga. Jakarta. Hal.: 255-271.
- Prathalingam, N. S, W. W. Holt, S. G. Revell, S. Jones, and P. F. Watson. 2006. *The Precision and Accuracy of Six Different Methods to Determine Sperm Concentration*. Journal of Andrology, Vol. 27, No. 2, March/April 2006. DOI: 10.2164/jandrol.05112. Pages: 257-262.
- Prihantini, N. B., D. Damayanti, dan R. Yuniati. 2007. *Pengaruh Konsentrasi Medium Ekstrak Tauge (Met) terhadap Pertumbuhan Scenedesmus Isolat Subang*. Makara, Sains, Vol. 11, No. 1, April 2007. Hal.: 1-9.
- Sardjono, B. Haryono, dan D. Wibowo. 1999. *Hand Out Teknologi Fermentasi: Prinsi-Prinsip Dasar*. FTP UGM. Yogyakarta. Hal.: 48-57.
- Silvera, M. S., C. P. M. L. Fontes, A. A. Guilherme, F. A. N. Fernandes, and S. Rodrigues. 2010. *Cashew Apple Juice as Substrate for Lactic Acid Production*. Food Bioprocess Technol. DOI 10.1007/s11947-010-0382-9.
- Sudarmadji, S., B. Haryono, dan Suhardi. 1984. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta. Hal.: 34-35.