

PEMANFAATAN HASIL FERMENTASI WHEY TAHU MENGGUNAKAN ISOLAT *PEDIOCOCCUS ACIDILACTICI* F11 SEBAGAI ALTERNATIF KOAGULAN PADA PEMBUATAN TAHU

Yunan K. Sya'di¹⁾, Endang Sutriswati Rahayu²⁾, Muhammad Nur Cahyanto³⁾

¹⁾Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Program studi Ilmu Gizi, Universitas Muhammadiyah Semarang, Jl. Kedungmundu Raya no. 18 Semarang, Telp. 024 767402950. Email: yunan_k@gmail.com

³⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora 1 Yogyakarta. Email: mn_cahyanto@ugm.ac.id

Abstrak

Pembuatan tahu di Indonesia banyak menggunakan kecutan sebagai penggumpal. Kecutan ini memiliki kelemahan karena jenis dan jumlah mikrobia yang berperan dalam fermentasi dapat berbeda dari satu fermentasi dengan fermentasi lainnya. Akibatnya mutu tahu yang dihasilkan dari proses penggumpalannya juga kurang stabil. Penelitian ini bertujuan menggunakan hasil fermentasi *whey* tahu dengan bakteri asam laktat, *Pediococcus acidilactici* F11 sebagai alternatif penggumpal pada skala industri. Fermentasi dilakukan pada fermentor 125 L selama 5 hari produksi (5 batch) pada skala industri. Populasi akhir bakteri asam laktat dari 5 batch fermentasi kecutan menggunakan *Pediococcus acidilactici* F11 pada fermentor 125 liter selama 16 jam memiliki rata-rata $1,19 \times 10^9$ CFU/mL, sedangkan bakteri non BAL dan *coliform* memiliki rata-rata $1,8 \times 10^2$ CFU/mL dan 8,23 CFU/mL. Keasaman dan pH pada akhir fermentasi kecutan sudah memenuhi persyaratan sebagai penggumpal dengan memiliki rata-rata 3,54 g/L dan pH rata-rata 3,94. Berat tahu yang dihasilkan dari koagulan hasil fermentasi *whey* tahu menggunakan *Pediococcus acidilactici* F11 lebih tinggi 5,9% dibanding menggunakan koagulan dari kecutan.

Kata kunci: Fermentasi, Kecutan, Koagulan, *Pediococcus acidilactici* F11, *Whey* Tahu

Abstract

*Tofu production in Indonesia using kecutan as a coagulant. Kecutan has the disadvantage due to the type and number of microbes that play a role in the fermentation can be different from one to the other fermentation. As a result, the quality of Tofu resulting from coagulation using kecutan are less stable. This research aims to use lactic acid bacteria, *Pediococcus acidilactici* F11 as a starter for whey fermentation. Fermented whey is used as an alternative coagulant on an industrial scale. For scale up on industrial scale, the fermentation is done in the fermenter 125 L for 5 days of production (batch). The final population of lactic acid bacteria fermentation batch 5 kecutan using *Pediococcus acidilactici* F11 in 125 liter fermenter for 16 hours had an average of $1,19 \times 10^9$ CFU/mL, whereas non BAL and coliform bacteria have an average of $1,8 \times 10^2$ CFU/mL, and 8,23 CFU/mL. Acidity and pH at the end of fermentation kecutan already qualify as a coagulant to have an average of 3.54 g/L and an average pH of 3.94. Weight of Tofu produced using coagulant from fermented whey by *Pediococcus acidilactici* F11 is 5,9 % higher than using a coagulant of kecutan.*

Key words: Fermentation, Kecutan, Coagulant, *Pediococcus acidilactici* F11, *Whey* of Tofu

1. PENDAHULUAN

Tahu adalah produk pangan olahan utama dari kedelai di dunia, dihasilkan melalui koagulasi sari kedelai dan menimbulkan limbah cair yang disebut *whey* tahu (Altuntas et al., 2010). Tahu merupakan sumber protein utama nabati dan banyak dikonsumsi sebagai lauk-pauk. Selain rasanya enak, harganya juga lebih murah bila dibanding sumber protein dari hewani. Nilai NPU (*Net Protein Utilization*) dari daging sapi dan Hamburger adalah 67%, daging unggas nilainya 65% dan tahu nilai 65%. Nilai ini menunjukkan bahwa persentase protein yang dapat digunakan oleh tubuh antara daging sapi, unggas dan tahu relatif sama (Kurniasari, 2009).

Tahu secara garis besar dibuat melalui tahapan perendaman, penggilingan, ekstraksi, pemisahan, penggumpalan, dan pencetakan. Pada tahap penggumpalan menimbulkan limbah cair yang disebut *whey* tahu. Sebagian *whey* tahu oleh pengrajin tahu di Indonesia biasanya dimanfaatkan untuk bahan penggumpal pada produksi tahu hari berikutnya melalui proses fermentasi spontan. Nilai pH *whey* yang semula mendekati netral menjadi turun karena produksi asam oleh bakteri lingkungan selama proses fermentasi. Hasil fermentasi spontan *whey* tahu oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan ini dikenal dengan istilah kecutan. Istilah Kecutan ini diambil dari bahasa Jawa yang artinya asam. Penggunaan asam sebagai penggumpal sudah lama dan banyak digunakan untuk pembuatan tahu. Jenis penggumpal

ada empat tipe yaitu tipe Nigari/klorida (CaCl_2 dan MgCl_2), tipe Sulfat (CaSO_4 dan MgSO_4), Glucono Delta Lactone (GDL) dan tipe asam seperti asam asetat, laktat dan sitrat (Shuler & Kargi, 2002).

Fermentasi terjadi spontan karena wadah/bak yang digunakan relatif terbuka sehingga bakteri dari luar bisa masuk disamping itu *whey* tahunya tidak dipanaskan, sehingga bakteri yang terikut *whey* juga dapat tumbuh.

Kecutan yang digunakan sebagai penggumpal tahu, kualitasnya tidak stabil karena bakteri yang tumbuh berasal dari lingkungan dan belum ada pengendalian sehingga jenis maupun jumlah bakteri selama fermentasi bisa berbeda dari satu fermentasi dengan fermentasi lainnya. Penggumpalan sari kedelai merupakan tahapan paling penting untuk mendapatkan tekstur dan *yield* yang baik (Hikam, 2009). Karakteristik kecutan ini juga memungkinkan tumbuhnya bakteri patogen beserta senyawa metabolit sehingga dapat merusak dan mengurangi keawetan tahu. Total bakteri yang ada masih dapat berjumlah $1,8 \times 10^8$ CFU/mL, dan *Coliform* sebanyak $2,95 \times 10^3$ (Blackburn and McClure, 2002)

Karakteristik kecutan dari fermentasi spontan dapat diperbaiki melalui fermentasi dengan memanfaatkan kultur bakteri asam laktat, *Pediococcus acidilactici* F11 pada sebuah fermentor. Penumbuhan satu kultur bakteri penghasil asam laktat pada fermentor diharapkan mampu memperbaiki mutu penggumpal dan mencegah tumbuhnya bakteri yang tidak diinginkan. *Pediococcus acidilactici* F11 juga menghasilkan bakteriosin, yaitu peptida yang bersifat bakteriosidal sehingga dapat di manfaatkan sebagai pengawet alami pada tahu.

Fermentasi kecutan menggunakan kultur *Pediococcus acidilactici* F11 telah dilakukan penelitian pada skala laboratorium (Kamizake et al., 2009). Fermentasi kecutan dari *whey* tahu dengan 1 % *Pediococcus acidilactici* F11 selama 24 jam tanpa penambahan air kelapa menunjukkan populasi bakteri asam laktat diakhir fermentasi mencapai $7,6 \times 10^8$ CFU/mL dengan pH 4,1 dan asam laktat 3,015 g/L, sedangkan adanya penambahan air kelapa 25% memberikan hasil paling baik dengan jumlah bakteri asam laktat 3,86 g/L dan pH 3,7 (Kamizake et al., 2015). Fermentasi kecutan dengan *Pediococcus acidilactici* F11 dapat digunakan sebagai penggumpal dan mampu memproduksi bakteriosin dengan penambahan sukrosa 1%, suhu 37°C dan waktu inkubasi 18 jam. Namun pertumbuhannya tidak sebaik dalam medium kontrol (TGE broth) (Salminen et al., 2004).

Pada skala industri, penggunaan hasil fermentasi *whey* tahu menggunakan kultur *Pediococcus acidilactici* F11 sebagai penggumpal tahu belum pernah dilakukan. Fermentasi yang dilakukan pada skala industri

membutuhkan sebuah fermentor yang mampu memberikan lingkungan yang baik bagi *Pediococcus acidilactici* F11 dan penghambatan terhadap kontaminasi. Penggunaan starter Bakteri Asam Laktat untuk memproduksi koagulan melalui fermentasi *whey* tahu baru, sehingga perlu penelitian secara bertahap mulai dari pembuatan hingga penggunaannya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan hasil fermentasi *whey* tahu oleh kultur *Pediococcus acidilactici* F11 sebagai penggumpal tahu pada skala industri.

2. METODE

2.1. Mikroba

Kultur murni *Pediococcus acidilactici* F11 diperoleh dari koleksi kultur dari Laboratorium Mikrobiologi, Pusat Studi Pangan dan Gizi, Universitas Gadjah Mada.

2.2. Media

MRS cair untuk pengembangan inokulum kultur *Pediococcus acidilactici* F11. *Whey* tahu yang digunakan diperoleh dari pabrik tahu Kitagama, yang berlokasi di Prambanan, Klaten. *Whey* digunakan sebagai media untuk pengembangan inokulum 500 mL dan untuk media fermentasi sebanyak 50 liter pada fermentor volume 125 liter. NA (*Nutrient Agar*) digunakan untuk enumerasi bakteri non BAL. VRBA (*Violet Red Bile Agar*) sebagai media selektif untuk bakteri *Coliform*. MRS (*Mann Rogosa Sharped*) ditambah CaCO_3 1% sebagai media untuk menumbuhkan bakteri penghasil asam dan sebagai media diferensial untuk bakteri asam laktat dengan ditandai adanya zona jernih di sekitar koloni.

2.3. Pengembangan inokulum

Strain *Pediococcus acidilactici* F11 pada stok kultur diinokulasikan ke dalam 4,95 ml MRS cair pada tabung reaksi dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam pada kondisi statis. Bakteri yang dihasilkan ditumbuhkan lagi dalam 495 ml *whey* tahu dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam pada kondisi statis. Suspensi sel ini kemudian digunakan sebagai starter dan diinokulasikan dalam medium Fermentasi untuk batch 1 sebanyak 10% (v/v). Starter pada batch berikutnya diambil dari fermentasi sebelumnya dengan jumlah yang sama.

2.4. Fermentasi *whey* Tahu menggunakan PAF11

Starter *Pediococcus acidilactici* F11 sebanyak 1 % (v/v) dimasukkan dalam 50 liter *whey* tahu pada fermentor kapasitas 125 liter. Media sebelum diinokulasi dilakukan pemanasan pada suhu 100°C selama 15 menit. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar, selama 16 jam. Fermentasi dilakukan dengan cara batch selama 5 hari. Hasil fermentasi hari pertama

digunakan sebagai starter untuk hari berikutnya. Pada fermentasi jam ke 0, 2, 4, 8, 12 dan 16, diamati perubahan pH, keasaman, dan total bakteri, bakteri penghasil asam dan *coliform*. Fermentasi dilakukan dengan ulangan sebanyak 3 kali.

2.5. Analisis Data

Data hasil analisis kimia diuji dengan ANAVA untuk mengetahui perbedaan antara batch pertama sampai batch kelima. Data hasil analisis mikrobiologi diamati pola pertumbuhannya melalui grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat (BAL) yang ditumbuhkan dalam *whey* tahu menunjukkan pertumbuhan yang baik, dari Tabel 1 populasi bakteri mampu mencapai hingga $2,0 \times 10^9$, sedangkan untuk penambahan air kelapa 25% dan 50 %, pertumbuhan bakteri asam laktat mencapai $1,48 \times 10^9$ CFU/mL dan $1,29 \times 10^9$ CFU/mL. Jumlah BAL pada skala pabrik ini lebih tinggi dibanding pada penelitian yang pernah dilakukan pada skala laboratorium.

Tabel 1. Jumlah bakteri asam laktat selama fermentasi 5 batch

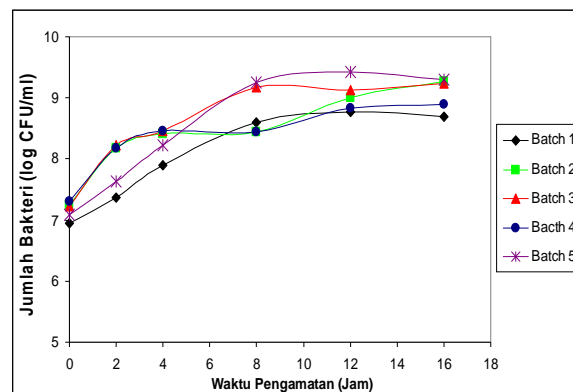
Fermentasi (batch ke-)	Jumlah bakteri awal (CFU/mL)	Jumlah bakteri akhir (CFU/mL)	Kenaikan jumlah bakteri (CFU/mL)
1	$9,01 \times 10^6$	$4,85 \times 10^8$	$4,76 \times 10^8$
2	$1,74 \times 10^7$	$1,85 \times 10^9$	$1,83 \times 10^9$
3	$1,68 \times 10^7$	$1,72 \times 10^9$	$1,70 \times 10^9$
4	$2,01 \times 10^7$	$7,82 \times 10^8$	$7,61 \times 10^8$
5	$1,21 \times 10^7$	$2,00 \times 10^9$	$1,98 \times 10^9$

Penelitian fermentasi kecutan pada skala laboratorium dengan suhu inkubasi 37°C selama 24 jam yaitu mencapai $7,6 \times 10^8$ CFU/mL (media *whey* tahu tanpa penambahan air kelapa), sedangkan untuk fermentasi kecutan dengan *whey* tahu ditambah 1% sukrosa pada suhu 37°C selama 18 jam populasinya mencapai $2,79 \times 10^8$ CFU/mL (Kamizake et al., 2015).

Suhu saat fermentasi berpengaruh penting terhadap pertumbuhan *Pediococcus acidilactici* F11, suhu optimum untuk pertumbuhan *Pediococcus acidilactici* F11 adalah 40°C (Altuntas et al., 2010). Pada fermentasi kecutan menggunakan fermentor volume 125 liter ini, inokulum dimasukkan pada suhu kisaran 40°C dan penurunan berjalan lambat, pada jam ke 8 tercatat suhu mengalami penurunan berkisar 36°C. Meskipun tanpa pengendalian suhu, dengan penurunan suhu yang lambat maka pada awal pertumbuhan dan memasuki fase log pertumbuhan bakteri berada pada suhu yang masih mendekati suhu optimum.

Fase log dari Gambar 1 menunjukkan fermentasi hari 1-5 relatif pendek berkisar 1 jam. Waktu fase log yang pendek menunjukkan bakteri dapat beradaptasi dengan cepat, dan kemungkinan terkait dengan kesamaan antara media pengembangan terakhir kultur yang sudah menggunakan media *whey* tahu dengan media fermentasi. Pemilihan media yang sama disaat pengembangan kultur dan media fermentasi dapat menghindari fase adaptasi yang panjang (Sari, 2010). Di samping itu pemasukan kultur pada suhu optimum pertumbuhannya dan ketersediaan nutrisi yang ada pada *whey* tahu juga berpengaruh pada pertumbuhannya. Masa akhir fase log rata-rata terjadi pada jam ke 12, fase log berakhir berkaitan dengan ketersediaan makanan yang sudah berkurang dan adanya akumulasi senyawa metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan (Sidar, 2009). Salah satu senyawa metabolit itu sendiri adalah asam laktat. Pada Penelitian lain tentang produksi asam laktat, untuk mengendalikan penurunan pH ditambahkan CaSO_4 dan untuk memisahkan asam laktat yang terbentuk dipisahkan dengan proses dialisis (Shetty, 2004). Beberapa penelitian tentang optimasi produksi asam laktat juga melakukan hal serupa untuk mendapatkan produksi asam laktat yang optimal.

Pertumbuhan bakteri asam laktat paling rendah terjadi pada hari pertama. Pada awal fermentasi sudah terlihat pertumbuhannya lebih rendah dibanding hari yang lainnya. Fenomena ini juga terjadi pada penelitian lainnya tentang fermentasi spontan *whey* tahu (Blackburn & McClure, 2002). Tingkat pertumbuhan yang rendah ini kemungkinan disebabkan oleh adanya residu asam asetat, sisa dari koagulasi pertama menggunakan *rice vinegar*. Asam asetat memiliki sifat antimikrobia apabila dalam keadaan tidak terdissosiasi. Molekul yang tidak terdissosiasi akan terdifusi ke dalam sitoplasma dan mengalami disosiasi menjadi proton dan anion.



Gambar 1. Pertumbuhan bakteri asam laktat pada fermentasi kecutan batch 1-5.

Membran sitoplasma memiliki kapasitas buffer untuk mempertahankan pH internal yang cenderung alkali. Jika jumlah proton yang masuk lebih besar daripada kapasitas buffer dalam sitoplasma, proton akan dikeluarkan melalui pompa proton. Transpor proton menyebabkan penurunan energi sel. Saat energi sel berada pada batas bawah (habis), transpor proton akan berhenti sehingga proton yang ada dalam sitoplasma tidak semuanya keluar. Hal ini menyebabkan penurunan pH internal yang dapat mendenaturasi protein dan mendestabilisasi fungsi dan struktural komponen sel sehingga viabilitas sel menurun (Koswara, 2001). Pada pH 4, asam asetat banyak yang tidak terdisosiasi, karena tidak bermuatan maka dapat mudah masuk sel dan kemudian didalam sel mengalami disosiasi yang kemudian mempengaruhi kesetimbangan proton dalam sel sehingga mengakibatkan viabilitas sel terganggu (Ray, 1992). Walaupun demikian dari pencapaian jumlah populasi yang dicapai menunjukkan fermentor dapat bekerja dengan baik.

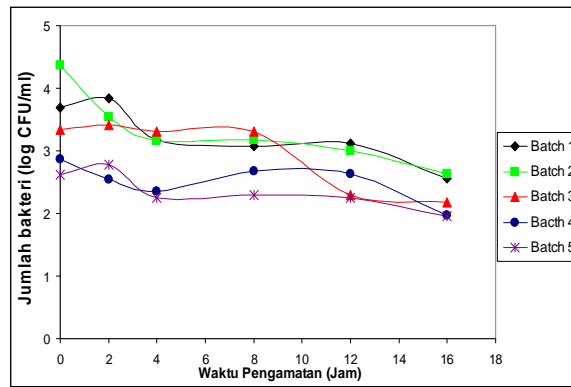
Bakteri non BAL

Pada awal fermentasi, total bakteri hari 1 dan 3 sudah mengalami penurunan, sedangkan untuk hari 2, 4 dan 5 justru mengalami kenaikan, namun pada jam ke 4 semua mengalami penurunan (Gambar 2). Penurunan ini kemungkinan karena pengaruh asam laktat yang dihasilkan dari bakteri penghasil asam pada fase logaritmik. Asam laktat mampu menghambat pertumbuhan bakteri terutama gram negatif (Ray, 1992). Pada usia ke 12 semua mengalami penurunan akibat mulai bertambahnya akumulasi asam laktat yang terbentuk sehingga menghambat pertumbuhannya.

Pada akhir fermentasi Bakteri non BAL mengalami penurunan rata-rata 1 log cycle (Tabel 2), dengan nilai yang paling rendah mencapai $8,9 \times 10^1$ CFU/mL. Jumlah total ini jauh lebih rendah dibanding fermentasi spontan yang total bakteri akhir fermentasi justru bertambah mencapai $1,82 \times 10^8$ CFU/mL.

Tabel 2. Bakteri non BAL selama 5 batch fermentasi

Fermentasi (batch ke-)	Jumlah bakteri awal (CFU/mL)	Jumlah bakteri akhir (CFU/mL)	Penurunan jumlah bakteri (CFU/mL)
1	$4,84 \times 10^3$	$3,56 \times 10^2$	$3,49 \times 10^3$
2	$2,35 \times 10^4$	$4,24 \times 10^2$	$2,31 \times 10^4$
3	$2,18 \times 10^3$	$1,49 \times 10^2$	$2,03 \times 10^3$
4	$7,41 \times 10^2$	$9,22 \times 10^1$	$6,49 \times 10^2$
5	$4,19 \times 10^2$	$8,97 \times 10^1$	$3,29 \times 10^2$



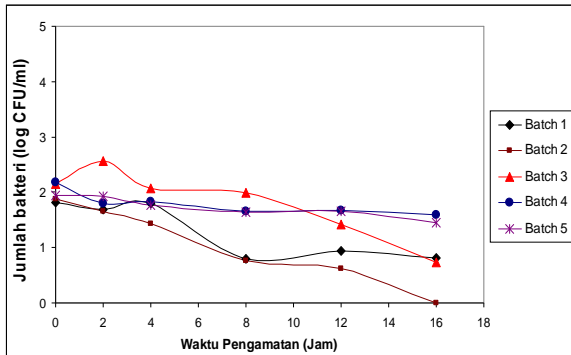
Gambar 2. Penurunan bakteri non BAL pada fermentasi kecutan dari batch 1-5 .

Coliform

Bakteri *Coliform* mengalami penurunan hingga mencapai 1 CFU/mL pada fermentasi selama 16 jam (Tabel 3). Penurunan cukup besar terjadi pada batch 1, 2, 3, sedangkan batch 4 dan 5 mengalami penurunan tetapi tidak begitu besar (Gambar 3). Pembentukan asam laktat dari hasil metabolisme bakteri asam laktat, mengakibatkan pH menjadi turun. Penurunan ini bertambah seiring bertambahnya pertumbuhan bakteri asam laktat. Pemanasan pada suhu 100°C selama 15 menit berkontribusi meminimalkan jumlah bakteri *Coliform* bila dibandingkan tanpa pemanasan. Jumlah awal bakteri *Coliform* pada fermentasi tanpa pemanasan masih cukup tinggi yaitu $3,98 \times 10^3$ (Blackburn & McClure, 2002), sedangkan dengan adanya pemanasan mampu meminimalkan jumlah *Coliform* sampai $6,62 \times 10^1$ CFU/mL. *E.coli* dan *Salmonella* yang termasuk *coliform* adalah bakteri indikator pencemaran dan termasuk bakteri patogen yang mempengaruhi keawetan tahu. *E.coli* pertumbuhannya terhambat pada pH di bawah 4,4 dan suhu di atas 46°C , sedangkan *Salmonella* pada pH 3,8 dan suhu di atas $46,2^\circ\text{C}$ (Blackburn & McClure, 2002).

Tabel 3. Jumlah bakteri *Coliform* selama 5 batch fermentasi

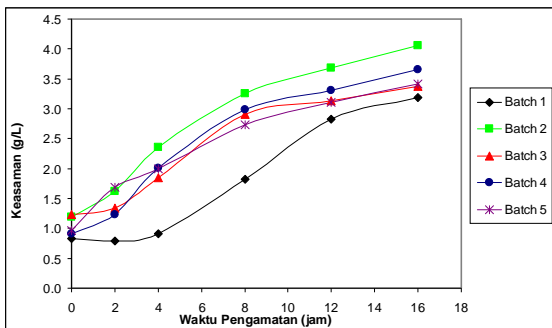
Fermentasi (batch ke-)	Jumlah bakteri awal (CFU/mL)	Jumlah bakteri akhir (CFU/mL)	Penurunan jumlah bakteri (CFU/mL)
1	66,2	6,5	59,7
2	76,4	1,0	75,4
3	138,7	5,3	133,4
4	152	38,9	113,1
5	88	27,6	60,4



Gambar 3. Penurunan Coliform pada fermentasi kecutan dari batch 1-5

Keasaman

Asam yang dihasilkan pada fermentasi kecutan dengan *Pediococcus Acidilactici* F11 diasumsikan sebagai asam laktat karena bakteri yang tumbuh dominan adalah bakteri asam laktat dan *Pediococcus Acidilactici* F11 memiliki sifat homofermentatif (Salminen et al., 2004). Asam yang diperoleh merupakan senyawa metabolit primer yang dihasilkan saat pertumbuhan *Pediococcus acidilactici* F11 mencapai fase logaritmik (Salminen et al., 2004). Pembentukan asam laktat untuk batch 1 menunjukkan perkembangan yang lambat dibandingkan hari yang lain (Gambar 4). Kenaikan yang signifikan baru terjadi pada jam ke 4. Lambatnya pembentukan asam terkait dengan pertumbuhan bakteri asam laktat pada batch pertama yang juga lebih rendah dibanding batch lain. Kondisi yang membedakan batch 1 dengan batch selanjutnya adalah adanya kemungkinan residu asam asetat yang tidak terdisosiasi pada pH rendah. Asam asetat dalam keadaan tidak terdisosiasi dapat berfungsi sebagai senyawa antimikrobia.



Gambar 4. Produksi asam laktat pada fermentasi kecutan dari batch 1-5

Tabel 4. Kenaikan keasaman selama 5 batch fermentasi

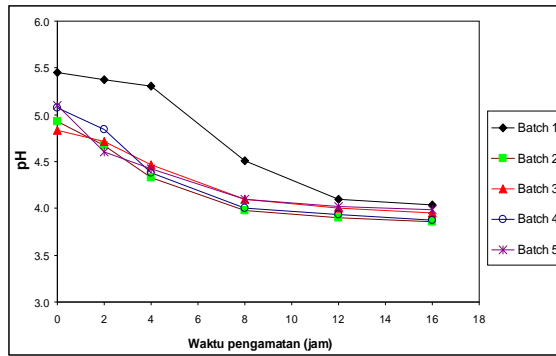
Fermentasi (batch ke-)	Keasaman awal (g/L)	Keasaman akhir (g/L)	Kenaikan asam (g/L)
1	0,83	3,19	2.36a
2	1,19	4,05	2.86a
3	1,23	3,37	2.24a
4	0,91	3,66	2.75a
5	0,96	3,41	2.45a

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada signifikansi 5%.

Asam laktat yang dihasilkan paling tinggi terjadi pada hari ke 2 yaitu 4,05 g/L (Tabel 4) sedangkan jumlah rata-rata sebesar 3,54 g/L. Jumlah asam ini sudah cukup untuk digunakan sebagai penggumpal. Penelitian sebelumnya pada skala laboratorium menunjukkan kebutuhan asam laktat sebagai penggumpal tahu memberikan hasil yang baik ada pada konsentrasi 2,6 g/L (Sidar, 2009). Selama fermentasi 5 batch, kenaikan asam tidak berbeda nyata. Hasil pembentukan asam yang stabil selama 5 batch, menunjukkan bahwa fermentor mampu memberikan kondisi yang baik dalam menjaga pertumbuhan *Pediococcus acidilactici* F 11 sehingga dapat menghasilkan asam laktat yang memenuhi persyaratan sebagai penggumpal. Pemenuhan syarat ini dapat tercapai dalam waktu yang lebih singkat yaitu 16 jam.

pH

Nilai pH yang dihasilkan pada fermentasi kecutan dengan *Pediococcus acidilactici* F11 merupakan indikator terbentuknya asam yang terjadi selama fermentasi. Pada Gambar 5 kenaikan pH memiliki kecenderungan sama, kecuali batch pertama. Lambatnya penurunan pH ini karena asam laktat yang dihasilkan pada hari pertama pembentukannya juga lambat. Kondisi ini disebabkan oleh pengaruh residu asam setat diawal fermentasi yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri karena pada pH rendah (3-4), asam asetat yang dalam keadaan tidak terdisosiasi dapat berperan sebagai penghambat pertumbuhan bakteri (Benedetti et al., 2015).



Gambar 5. Penurunan pH pada fermentasi kecutan dari batch 1-5

Nilai pH paling rendah tercapai pada batch ke 2 yaitu 3,86 (Tabel 5), sedangkan nilai rata-rata pH sebesar 3,94. Nilai ini lebih tinggi dari pH yang dicapai pada skala laboratorium untuk perlakuan tanpa penambahan air kelapa yaitu pH 4,1, sedangkan adanya penambahan kelapa 25% dan 50%, pH mencapai 3,7 dan 3,6. Meskipun penurunan pH batch pertama lambat, namun penurunan pH yang diperoleh pada fermentasi 5 batch menunjukkan tidak berbeda nyata.

Tabel 5. Penurunan pH selama 5 batch fermentasi

Fermentasi (batch ke-)	pH awal	pH akhir	Penurunan pH
1	5,45	4,04	1,41a
2	4,93	3,86	1,07a
3	4,84	3,96	0,88a
4	5,08	3,88	1,20a
5	5,10	3,99	1,11a

Keterangan : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada signifikansi 5%.

Berat tahu

Kecutan hasil fermentasi menggunakan inokulum *Pediococcus acidilactici* F11 dari batch 1-4 dicoba digunakan untuk produksi tahu. Berat tahu yang dihasilkan rata-rata dari 3 masakan (4 kg kedelai per masakan) sebesar 9,21 kg, sedangkan berat tahu yang hasil penggumpalan kecutan dari fermentasi spontan sebesar 8,7 kg. Perbedaan konsentrasi asam dan jenis asam kemungkinan berpengaruh pada pencapaian hasil tersebut.

4. SIMPULAN

Fermentasi kecutan selama 16 jam menggunakan fermentor volume 125 liter dapat menghasilkan keasaman dan pH yang sudah memenuhi persyaratan penggumpal yaitu rata-rata 3,54 g/L dan 3,94. Pertumbuhan *Pediococcus acidilactici* F11 rata-rata 1.19×10^9 CFU/mL, sedangkan bakteri non BAL dan *coliform* memiliki rata-rata 1.8×10^2 CFU/ml dan 8.23 CFU/mL. Rata-rata berat tahu dari proses penggumpalan oleh hasil fermentasi *whey* tahu menggunakan *Pediococcus acidilactici* F11 adalah 9,21 kg dan kecutan hasil fermentasi spontan adalah 8,70 kg (>5,9%).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas dana hibah Riset dan Teknologi Kementerian Riset dan Teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Altuntas EG., Cosansu S. & Ayhan K., 2010. Some Growth Parameters and Antimicrobial Activity of a Bacteriocin-Producing Strain *Pediococcus acidilactici* 13. *International Journal of Food Microbiology* 141 : 28-31.
- Benedetti, S., Prudencio, E.S. Nunes, G.L., Fogaca L.A. & Petrus, J.C.C., 2015. Antioxidant properties of tofu whey concentrate by freeze concentration and nanofiltration processes. *Journal of Food Engineering* 160: 49-55.
- Blackburn, CW & McClure PJ, 2002. *Foodborne pathogens. Hazards, risk analysis and control*. USA : CRC Press Boca Raton.
- Hikam, ACI. 2009. *Perubahan Karakteristik Mikrobiologi dan Kimia selama Fermentasi Whey menjadi Kecutan di Pabrik Tahu Kitagama*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta.
- Kamizake, N.K.K., Silva, L.C.P. & Prudencio, S.H., 2015. Effect of soybean aging on the quality of soymilk, firmness of tofu and optimum coagulant concentration. *Food Chemistry* 190: 90-96
- Kurniasari N., 2009. *Pertumbuhan Pediococcus acidilactici F11 pada Medium Whey Tahu*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian. UGM. Yogyakarta.
- Koswara, S., 2001. *Nilai Gizi, pengawetan dan Pengolahan Tahu*. www. Ebookpangan.com Di Down load 19 Oktober 2008, jam 22:00.
- Ray, B., 1992. *Pediocin (s) of Pediococcus acidilactici as a Food Biopreservative In Food Biopreservatives of Microbial origin*. CRC Press, Inc., Florida.

- Salminen S., Wright AV., Ouwehand A., 2004. *Lactic Acid Bacteria, microbial and Functional Aspects*. NewYork : CRC Press.
- Sari, CA. 2008. *Pemanfaatan Kultur *Pediococcus acidilactici* F11 Penghasil Bakteriosin sebagai Penggumpal pada Pembuatan Tahu*. Skripsi, Fakultas Teknologi
- Shetty K., Paliyath G., Pometto A., Levin RE., 2006. *Food Biotechnology, 2nd ed*. Boca Raton, USA: CRC Press.
- Shuler ML., Kargi F., 2002. *Bioprocess Engineering, Basic concepts, 2nd edition*. USA : Prentice Hall, Inc..
- Shurtleff, W. And Aoyagi, A. 1979. *Tofu and Soymilk Production, Vol II*. New Age Food Study Center. Lafayette.
- Sidar, A., 2009. *Karakterisasi Tahu dengan Penggumpal Asam dan Garam pada Skala Pabrik*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM. Yogyakarta.
- Stanburry, P. F., Whitaker, A. & Hall, S. J. 1995. *Principles of Fermentation Technology*. Elsevier Science Ltd. London.