

OPTIMALISASI KONDISI PENGGUMPALAN CURD (DADIH) DENGAN KULTUR CAMPURAN MIKROBA KMF-56732-CYBFP

R.P.D. Murwono dan L. Buchori^{*)}

Abstrak

Optimalisasi kondisi penggumpalan curd dari susu sapi segar dilakukan dalam tiga tahapan. Tahapan pertama adalah tahap aklimatisasi dari mikroorganisme dalam bentuk kultur campuran KMF-56732-CYBFP pada kondisi tropis. Aklimatisasi dilakukan dengan menggunakan kecambah kacang hijau, kacang tolo merah dan pupuk N, P, K, S. Kriteria baik diperoleh pada kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang terbanyak dan masih dalam garis fase pertumbuhan logaritmis. Kondisi yang terbaik diperoleh pada campuran kecambah kacang tolo dan kacang hijau dengan perbandingan sama dengan jumlah total 10% dari susu segar yang ditambahkan. Jumlah total mikroba setelah 24 jam aerasi adalah *Bacillus* 17×10^6 , *Coccus* 15×10^6 dan *Streptococcus* 12×10^6 . Tahapan kedua adalah pengujian jumlah starter yang dibutuhkan dalam proses penggumpalan. Umpun susu segar diperkaya dengan kecambah kacang hijau, kacang tolo merah tanpa penambahan pupuk. Hasil terbaik diperoleh pada penggunaan starter 1,5 liter dengan campuran kecambah kacang tolo merah dan kecambah kacang hijau masing-masing 75 gram. Komposisi ini menghasilkan dadih (curd) 15% dan pH akhir 4,7. Tahapan ketiga adalah penggunaan kembali air tapisan dadih yang digunakan sebagai pengendali pH awal fermentasi dan penghematan starter. Hasil yang terbaik dicapai pada penggunaan starter 1 liter dan air dadih 1,5 liter pada campuran kecambah kacang hijau 220 gram dan kecambah kacang tolo merah 280 gram serta pupuk amonium sulfat 5 gram dan SP_{36} 5 gram pada setiap 5 liter umpun susu segar. Hasil dadih yang diperoleh 18%, pH akhir fermentasi 4,8 dan waktu penggumpalan 14 jam.

Kata kunci : Kacang hijau; kacang tolo merah; curd (dadih)

Pendahuluan

Keju merupakan makanan yang terbuat dari susu segar. Bahan baku susu yang digunakan jenisnya sangat variatif mulai dari susu sapi, kerbau ataupun kambing. Budidaya susu perah sudah banyak dilakukan antara lain di Jawa Timur di daerah Pujon, Malang dan Boyolali di Jawa Tengah. Susu segar hasil budidaya ini biasanya dijual ke pabrik susu untuk dijadikan susu bubuk. Apabila jenis pakan yang diberikan pada ternak jelek maka hasil susunya juga akan menjadi buruk. Hal ini terlihat dari densitas yang tinggi karena kandungan airnya sangat besar. Susu dengan kandungan air yang tinggi tidak dimungkinkan menjadi bahan baku susu bubuk karena biaya penguapan airnya akan menjadi tinggi jika dilihat dari energi yang digunakan untuk proses penguapan dan pengeringan. Penolakan susu oleh pabrik susu akan berdampak pada terbuangnya susu dalam jumlah yang besar padahal susu ini masih mempunyai nilai ekonomis dalam pembuatan keju. Susu yang dibuang dapat dimanfaatkan sebagai bahan olahan dalam bentuk keju namun dengan rendemen yang sangat rendah yaitu minimal 9% dan maksimal 10% (Desrosier dan Desrosier, 1978; Sakahara, dkk, 1999).

Keju sangat kaya akan kandungan kalsium yang berguna dalam menjaga pengeroposan tulang. Selain itu, karena keju dibuat dengan proses fermentasi dengan menggunakan biomassa maka dalam keju akan mengandung berbagai macam vitamin dan mineral lain, antara lain dalam bentuk senyawa biofosfat, vitamin B₂ dan B kompleks dan asam folat yang sangat berguna dalam perkembangan otak atau proses regenerasi dari sel otak yang rusak (Desrosier dan Desrosier, 1978; Pepler dan Perlmen, 1979). Biomassa yang terikut dalam keju merupakan nutrisi yang sangat berguna dalam proses pertumbuhan manusia, sebab proses pembuatan keju dilakukan secara invitro yang mirip dengan yang terjadi dalam tubuh manusia apabila meminum susu. Biomassa yang terikut dalam keju yaitu *Lactobacillus* sangat berguna dalam perkembangan mikroba usus yang digunakan dalam proses pencernaan makanan (Kawayama, dkk, 1997; Hirakawa, dkk, 1998).

Industri keju selain menghasilkan curd (dadih) yang akhirnya diproses menjadi keju juga menghasilkan minuman susu asam yang berasal dari sisa fermentasinya. Susu asam dapat dijual langsung sebagai minuman atau diproses lebih lanjut menjadi bubuk susu kering.

^{*)} Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang-Semarang 50239

Susu asam yang dikonsumsi secara langsung sangat kaya dengan nutrisi yang sangat berguna dalam proses pencernaan makanan karena mikroba *Lactobacillus* yang terkandung di dalamnya adalah mikroba yang kaya akan asam laktat yang berguna mengatur pH susu sehingga proses penyerapan yang dilakukan usus akan berjalan dengan baik.

Dengan melihat kegunaan keju dan harga keju dalam negeri maka prospek pengembangan produksi keju di Indonesia menjadi sangat menarik ditinjau dari segi ekonomi. Kebutuhan keju akan semakin meningkat seiring dengan kemajuan tingkat ekonomi, tersedianya bahan baku susu yang merupakan sisa dari industri susu serbuk dan pemanfaatan air dadih yang dapat dijual menjadi minuman kesehatan dalam bentuk minuman Yacult serta pengembangan industri makanan bayi. Pengembangan dari pabrik dan industri keju ini akan memacu pendapatan petani karena terserapnya susu sortiran dari pabrik susu serbuk. Namun perlu dicatat bahwa kualitas susu yang rendah akan menurunkan rendemen susu yang akan diperoleh.

Kemungkinan untuk berdirinya usaha ini dapat dilihat dari jumlah susu segar yang tidak diterima oleh pabrik yang berkisar kurang lebih sekitar 10% atau sekitar 500 – 1000 liter perhari. Susu yang dikembalikan itu biasanya digunakan untuk minuman sapi dan dicampur dengan makanan yang diberikan. Apabila jumlah susu sortir ini ditampung dan dibudidayakan akan menghasilkan keju antara 40 – 78 kg perhari. Air dadihnya dapat diumpankan ke dalam pakan sapi. Apabila keju ini diproses lebih lanjut akan menghasilkan keju siap jual sebanyak 30 – 40 kg perhari dengan harga Rp. 50.000,- per kg. Nilai ekonomis yang dapat diselamatkan adalah Rp. 1.750.000,- per hari. Keuntungan dari perusahaan pengolah keju kurang lebih 15% atau Rp. 262.500,- per hari.

Mikroba dalam pembuatan keju

Pembuatan keju pada industri keju selalu terjadi di daerah subtropis pada kisaran suhu 20 – 25°C (Peppler dan Perlmen, 1979). Bila mikroba yang digunakan di daerah dingin ini langsung digunakan pada daerah panas, proses penggumpalan susu akan mengalami hambatan. Akibatnya mikroba yang digunakan akan mati. Kebanyakan mikroba yang digunakan dalam pembuatan keju diambil dari usus besar anak sapi karena bahan baku susu yang digunakan adalah susu sapi. Dalam lambung anak sapi ini banyak berkembang mikroorganisme *Lactobacillus Subtilis*. Mikroba ini berasal dari rumput dan bahan makanan yang dikonsumsi oleh sapi (Desrosier dan Desrosier, 1978; Peppler dan Perlmen, 1979).

Selain mikroba *Lactobacillus*, mikroba lain yang dapat menggumpalkan susu adalah jenis *Streptococcus* yang banyak terdapat dalam buah segar tomat dan sayuran jenis sawi dan kobis

(Kawayama, dkk, 1997). Mikroba ini akan mengubah monosakarida menjadi asam tartrat dan sitrat. Selain itu ada jenis mikroba kelompok ini yang dapat mengubah monosakarida menjadi asam laktat. Mikroba jenis ini bekerja secara fakultatif anaerob karena dalam pembentukan asam organik diperlukan oksigen yang didapatkan dari udara secara terbatas. Fermentasi dilakukan pada suhu 30°C. pH akhir yang diperoleh antara 4,5 – 4,9. Sedangkan untuk mikroba jenis *Lactobacillus*, pH akhir fermentasinya adalah 4,6 (Kawayama, dkk, 1997; Hirakawa, dkk, 1998). Perkembangbiakan mikroba jenis *Streptococcus* lebih cepat dibandingkan dengan perkembangan mikroba *Lactobacillus*, namun penurunan pH-nya sangat lambat karena jumlah asam yang dihasilkan tidak terlalu banyak.

Mikroba jenis *Bacterium Leuconostoc* dapat menghasilkan asam laktat dan vitamin B kompleks yang dapat memacu perkembangan dari kedua mikroba di atas. Penggunaan jenis mikroba ini akan menyebabkan jumlah biomassa yang terbentuk menjadi besar sehingga produksi asamnya meningkat. Peningkatan jumlah asam akan mempercepat proses penggumpalan dari susu yang akan dibuat keju. Pemakaian jenis mikroba hibrida yang disebut *Sacharolacto* yang mampu mengubah monosakarida non laktosa menjadi asam laktat sangat membantu karena pembentukan dan peningkatan asam laktat dalam substrat akan cepat tercapai sehingga pH akhir yang diharapkan yaitu antara 4,5 – 4,9 segera dicapai dalam waktu yang lebih pendek.

Pembatasan pH tersebut dapat mencegah kemungkinan berkembangnya mikroba pembusukan. Mikroba pembusukan biasanya akan bekerja pada pH 3,9 – 4,3 (Kawayama, dkk, 1997; Sinjuri, dkk, 1996). Proses fermentasi dilakukan secara terbuka dengan sterilisasi ruangan menggunakan tabir ultraviolet dengan tujuan agar kemungkinan kontaminasi dapat dicegah.

Aklimatasi mikroba pada daerah tropis

Mikroba yang dikembangkan di daerah subtropis ini dapat diaklimatisasikan dengan mengatur kondisi kehidupannya dengan memberikan beberapa vitamin dan hormon pertumbuhan. Vitamin dan hormon pertumbuhan ini bisa didapatkan dari kecambah kacang hijau dan kecambah kacang tolo merah yang mengandung senyawa hijau daun dan karoten. Kacang hijau dan kacang tolo merah banyak mengandung fosfat dalam bentuk asam nukleat yang tersimpan dalam bagian lembaga yang merupakan bakal tunas yang akan tumbuh. Asam nukleat digunakan dalam pembentukan rantai DNA dalam pita kromosom. Kekurangan fosfat dapat diberikan dalam bentuk pupuk fosfat yaitu urea, ammonium fosfat dan kalsium fosfat. Pupuk fosfat yang diberikan diharapkan tidak dalam bentuk asam fosfat karena akan berdampak pada kematian mikroorganisme apabila kondisinya terlalu asam.

Selain pupuk fosfat di atas juga perlu ditambahkan jenis pupuk kalium fosfat yang digunakan sebagai pengatur pH sekaligus sebagai pH buffer (Haruki, dkk, 1998; Sinjuri, dkk, 1996).

Dalam perkembangannya, mikroba ini memerlukan udara yang cukup sehingga digunakan model aerob. Jumlah udara dan luas kontakannya sangat berpengaruh. Semakin banyak udara terserap maka jumlah biomassa yang terbentuk akan lebih banyak juga. Udara yang ditambahkan harus melewati penyaring dan dilewatkan dalam bejana yang disinari dengan ultraviolet dengan tujuan sterilisasi terbatas. Fungsi distributor gelembung udara akan mempengaruhi besar gelembung. Semakin halus distributornya, maka jumlah udara yang terserap akan menjadi semakin besar. Selain itu model gelembung gas ini juga berfungsi sebagai media pengangkutan sisa produk respirasi berupa gas CO₂ yang harus selalu dikeluarkan agar proses perkembangan biomasanya dapat berjalan dengan baik. Kekurangan nitrogen terlarut bisa diperoleh dari udara dengan model fiksasi yang dilakukan oleh mikroba jenis *Streptococcus*. Strata terakhir yang menggunakan sisa substrat nutrient adalah jenis mikroba *Sacharolacto* yang merupakan kelompok fungi sel tunggal yang akan menghasilkan asam laktat dari bahan monosakarida glukosa.

Model kultur campuran pada pembuatan keju

Model kultur campuran ini dirasakan lebih menguntungkan karena urutan hidupnya diatur secara berjenjang sehingga kemungkinan terjadinya gagal fermentasi karena kontaminasi dapat dikurangi sekecil mungkin. Rantai pangan yang berurutan merupakan model metabolisme yang terjadi dalam usus hewan maupun manusia. Ternyata dengan model ini kemungkinan kontaminasi sangat kecil karena sifat dasar dari *Streptococcus* yang akan mengeluarkan bakterisida dan fungisida alami yang merupakan antibiotika *Streptomycin* (Kawayama, dkk, 1997; Sinjuri, dkk, 1996).

Model fermentasi kultur campuran dikembangkan dengan alasan penekanan ongkos operasional yang dikaitkan dengan proses kontaminasi walaupun model ini kurang efektif dibandingkan dengan menggunakan biakan murni. Namun kemungkinan gagal karena kontaminasi dapat ditekan serendah mungkin. Selain itu model kultur campuran ini akan menghasilkan berbagai jenis asam antara lain asam laktat, tartrat, sitrat dan berbagai sisa vitamin serta hormon yang akan memperkaya produk keju yang akan diperoleh. Dengan kata lain, dengan model kultur campuran ini akan diperoleh keju dengan rasa yang lebih kaya dan mengandung gizi yang lebih tinggi dibandingkan dengan model monokultur.

Proses penggumpalan susu disebabkan oleh rusaknya emulgator yang merupakan senyawa protein. Apabila senyawa ini rusak maka susu akan

menggumpal walaupun pH penggumpalannya belum tercapai. Senyawa emulgator dalam susu akan dihidrolisa oleh mikroba jenis *Streptococcus* dan bakteri *Leuconostoc*. Dengan hilangnya emulgator maka susu akan sangat cepat membentuk gumpalan. Penggumpalan akan berjalan sempurna bila pH mulai turun di bawah 5 (Kawayama, dkk, 1997; Desrosier dan Desrosier, 1978). Dengan pH tersebut maka proses pelepasan sifat dielektriknya akan lebih besar sehingga proses pembentukan endapannya akan menjadi lebih baik. Dengan model ini maka proses penggumpalan tidak perlu dilakukan sampai pH mencapai 4,6 sehingga akan menghemat waktu proses penggumpalan.

Agar perkembangan biomassa dapat berjalan dengan baik maka dalam susu umpan perlu ditambahkan faktor tumbuh serta pupuk dan aerasi tingkat awal. Cara ini dilakukan agar proses penggumpalan dan pembentukan asam berjalan dengan baik. Aerasi awal dilakukan kurang lebih selama 1 jam dengan tujuan untuk pembentukan biomassa dan proses pengadukan. Faktor tumbuh diberikan dalam bentuk ekstrak kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah serta berbagai pupuk fosfat yang dimaksudkan agar perkembangan biomasanya dapat berjalan dengan baik.

Proses penggumpalan dalam pembuatan keju adalah proses utama dan awal karena menyangkut tingkat produktivitas dan juga menyangkut konversi dari keju yang akan dihasilkan. Semakin rendah konversi gumpalan yang diperoleh maka produktivitasnya akan sangat rendah. Selain itu pembentukan rasa awal dari keju terbentuk dalam proses ini. Dengan model kultur campuran ini diharapkan akan terbentuk rasa keju yang lebih baik. Model kultur campuran akan menaikkan produktivitas dari 10% untuk monokultur menjadi 13 - 15% (Kawayama, dkk, 1997; Haruki, dkk, 1998). Kehilangan terbesar dalam proses penggumpalan adalah tidak tertangkapnya casein yang ada dalam susu. Namun dengan kultur campuran, 70% dari casein yang ada dapat ditangkap bahkan sering mencapai 90%.

Rasa dalam keju terbentuk setelah proses penggumpalan yaitu dalam proses salinasi dan proses penyimpanan. Proses salinasi selain berfungsi mengasinkan produk juga pembentukan rasa. Konsentrasi garam yang digunakan sangat berpengaruh dalam proses ini. Salinasi yang dilakukan biasanya tidak lebih dari 5 hari (Desrosier dan Desrosier, 1978; Pepler dan Perlmen, 1979). Suhu salinasi sangat berpengaruh dalam pembentukan rasa. Pembentukan rasa yang paling dominan dilakukan dalam proses penyimpanan dengan menggunakan berbagai macam mikroba aging antara lain jenis kapang *Monilia*, *Ryzhopus* dan *Penicillium* (Kawayama, dkk, 1997; Haruki, dkk, 1998). Khusus untuk kapang *Penicillium* akan dihasilkan keju biru dengan harga yang sangat mahal

dan mempunyai rasa yang sangat khusus. Dalam pembuatan keju biru ini harus dicermati pembuatan gumpalan susunya karena faktor tumbuh yang diberikan dalam susu segar harus cukup agar kapang *Penicillium* yang menyebabkan warna biru dapat tumbuh dengan baik. Penyimpanan dilakukan dalam beberapa tahapan antara lain pada suhu 10 – 15°C (Sinjuri, dkk, 1996; Pepler dan Perlmen, 1979) dengan tujuan agar kapang yang merupakan pembentuk rasa dapat bekerja dengan baik. Dalam suhu ini terjadi proses pengeringan sehingga perlu dimasukkan dalam kantong plastik perforated dengan tujuan agar konsentrasi airnya tidak mengalami perubahan sehingga metabolisme dari pembentukan rasa oleh kapang tidak mengalami gangguan. Kemudian suhu diturunkan antara 5 – 10°C.

Metodologi Yang Digunakan

Tujuan dari metodologi ini untuk mengkondisikan mikroba dari suhu rendah menjadi suhu rata-rata 30°C serta penghematan penggunaan biakan murni padat KMF-56732-CYBFP buatan Kawai Kobeichi, Co., Ltd. yang harganya sangat mahal serta mempercepat waktu fermentasi yang digunakan. Dengan metode ini diharapkan akan menghemat energi yang dibutuhkan untuk menyesuaikan kondisi operasi dari fermentor yang digunakan.

Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan pada percobaan ini meliputi biakan murni padat KMF-56732-CYBFP buatan Kawai Kobeichi, Co., Ltd., susu sapi segar, kacang tolo merah, kacang hijau, pupuk urea, ZA dan SP₃₆.

Tahapan percobaan

Tahap aklimatasi

Tahap aklimatasi dilakukan agar mikroba yang biasa beroperasi pada suhu di bawah 20°C mampu bekerja pada suhu kamar Indonesia dengan rata-rata 30°C. Pada kondisi mesophilic ini fase pertumbuhan logaritmis tetap dapat berjalan dengan baik. Proses aklimatasi ini sangat tergantung dari penambahan faktor tumbuh yang tergantung dalam ekstrak kecambah, dalam hal ini kecambah yang dipilih adalah kecambah kacang hijau dan kecambah kacang tolo merah. Kekurangan asam nukleat dapat disintesa oleh mikroba sendiri dari pupuk yang mempunyai kandungan fosfat, nitrogen serta belerang. Mineral ini dibutuhkan dalam pembentukan unsur badan sel. Kekurangan dari nitrogen yang terlarut juga dapat diperoleh dari aerasi. Sedangkan oksigen dalam udara dibutuhkan sebagai unsur pembentukan energi pertumbuhan sel yang akan menghasilkan gas sisa pernapasan CO₂. Gas CO₂ ini harus dapat dibebaskan dengan segera dari substrat. Untuk itu maka jumlah udara yang diberikan harus berlebihan agar proses

pembuangan gas sisa respirasi dapat berjalan dengan baik.

Proses aklimatasi sekaligus dilakukan dalam pembuatan starter dengan metode penambahan substrat yang bertahap dalam kurun waktu yang ditentukan dalam jumlah waktu 24 jam. Substrat yang dimasukkan 2 kali dari biakan yang ada dengan proses pengenceran 3 kali. Substrat yang ditambahkan sudah diperkaya dengan kecambah dan pupuk. Setiap kali sebelum penambahan substrat, dilakukan analisa jumlah mikroba dengan pengenceran sejuta kali. Perhitungan mikroba dikelompokkan dalam 3 kelompok, yaitu kelompok *Bacillus* (batang), *Coccus* (bulatan lepat) dan *Streptococcus* (gerombolan bulatan).

Penambahan substrat dilakukan secara pelan agar kontraksi pertumbuhan tidak terjadi. Kontraksi pengenceran yang mendadak dapat berakibat berhentinya fase pertumbuhan yang ada. Untuk itu sebaiknya penambahan substrat dilakukan selama separuh dari waktu periodiknya dengan pengaturan laju alirnya.

Distribusi dari udara dalam proses aerasi ini harus diperhitungkan dengan baik karena unsur nitrogen dan oksigen yang terkandung dalam udara sangat dibutuhkan dalam proses pertumbuhan. Semakin pekat substratnya maka kelarutan oksigen dan nitrogennya semakin sedikit sehingga besar gelembung sangat berpengaruh dalam proses aklimatasi ini.

Tahap uji starter

Pada uji starter ini substrat yang ada hanya diberi ekstrak kecambah kacang tolo merah, kacang hijau atau campuran keduanya. Harapan yang ingin dicapai adalah mencari jumlah ekstrak kecambah yang memadai dan jumlah pemakaian starternya.

Hasil yang akan diukur dalam percobaan ini adalah jumlah dadih yang diperoleh dan pH akhir proses. Kedua hal ini selalu terkait dengan penggumpalan dari susu disebabkan pecahnya bahan emulgator karena proses hisrolisa oleh biomassa yang ada dan perubahan laktosa menjadi asam laktat. Pemecahan emulgator ini akan simultan dengan asam laktat yang diindikasikan dengan penurunan pH. Namun penurunan pH dengan penambahan asam laktat dari luar tidak selalu akan menghidrolisa emulgator yang ada.

Penurunan pH akan menurunkan sifat dielektrik dari casein sehingga proses penggumpalan akan berjalan dengan sempurna. Dengan semakin banyaknya biomassa yang ada diharapkan proses biohidrolisa dapat berjalan dengan baik. Kerusakan emulgator menjadi asam amino merupakan kegiatan mikroorganisme dikaitkan dengan kebutuhan dari nitrogen yang terlarut dalam bentuk asam amino untuk menyusun badan selnya.

Selain penurunan pH dan hasil gumpalan dadih, pengukuran juga dilakukan terhadap waktu

penggumpalan dimana pH tidak lagi mengalami penurunan. Dalam hal ini sering terjadi pH masih cukup tinggi namun penggumpalan sudah berjalan secara maksimal karena pH hanya merupakan indikasi penggumpalan yang maksimal dikaitkan dengan tingginya sifat dielektrik yang harus diturunkan yang akan terkait dengan jumlah casein yang mengendap secara maksimal.

Tahap optimalisasi penggunaan starter

Pengamatan tahapan ketiga menyangkut optimalisasi penggunaan starter yang sebagian dicampur dengan air tapisan dadih. Penambahan air tapisan dadih dilakukan dengan tujuan agar pH awal dari proses fermentasi sudah berjalan dengan rendah sehingga perubahan laktosa menjadi asam laktat segera dapat berjalan. Dalam kondisi pH rendah ini, proses bihidrolisa emulgator susu akan segera dapat berlangsung. Tapisan air dadih masih mengandung biomassa yang masih banyak maka dengan pasteurisasi terbatas akan terjadi kejut panas. Langkah kejut panas dengan pasteurisasi ini diharapkan akan merupakan cara penSeleksian mikroba yang tahan pada suhu tinggi yang akan mempunyai kegiatan metabolik yang sangat baik. Produk kejut panas dari cairan dadih ini perlu penambahan faktor tumbuh. Faktor tumbuh dimasukkan dari ekstrak kecambah kacang hijau dan kecambah kacang tolo merah serta berbagai pupuk antara lain yang mengandung unsur N, P, S

Agar pertumbuhan dari mikroba yang ditambahkan dari starter dan air tapisan dadih dapat berjalan dengan baik maka proses aerasi dilakukan pada awal proses selama kurang lebih 1 jam. Aerasi awal ini disamping digunakan sebagai proses pengadukan juga untuk mengembangkakkan biomasnya. Semakin banyak biomassa yang ada maka proses hidrolisa dapat berjalan dengan baik. Selain itu dengan penambahan kandungan asam yang ada maka sifat dielektrik dari casein akan semakin kecil sehingga terjadi proses pengendapan.

Hasil yang diinginkan dari percobaan ini adalah jumlah dadih yang diperoleh dikaitkan dengan kesempurnaan proses hidrolisa dan pengasamannya dalam waktu yang relatif pendek. Apabila waktu yang dibutuhkan terlalu panjang maka akan terjadi proses kontaminasi oleh mikroba pembusukan. Apabila mikroba pembusukan yang berjalan maka pH akan segera turun di bawah 3,5. Waktu yang dibutuhkan mikroba ini untuk mengkontaminasi adalah bila lebih dari 20 jam. Waktu penggumpalan yang semakin pendek akan menghasilkan keju dengan kualitas yang lebih baik.

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian didapatkan hasil yang tercantum dalam Tabel 1 dan 2.

Tahap aklimatasi

Dalam proses aklimatasi pada pembuatan starter dibedakan dalam tiga kelompok dengan kecambah kacang hijau, kecambah kacang tolo merah dan campuran antara kedua jenis kecambah. Apabila dengan kecambah kacang hijau saja terlihat pertumbuhan kelompok Coccus lebih dominan dibandingkan dengan kelompok Bacillus dan Streptococcus pada urutan ketiga maka pH akhir yang diperoleh menjadi sangat tinggi. Hal ini disebabkan pembentukan asam laktat relatif lebih kecil. Pada kelompok yang menggunakan kecambah kacang tolo merah populasi pertumbuhan kelompok lebih dominan, kemudian kelompok Streptococcus dan yang terakhir adalah kelompok Coccus, maka pencapaian pH kelompok kacang tolo merah lebih rendah dibandingkan kelompok kacang hijau.

Dari kedua percobaan dimuka maka dikembangkan percobaan ketiga yang merupakan campuran antara kecambah kacang hijau dan kecambah kacang tolo merah. Dari hasil hitungan kelompok jenis mikroba yang berkembang lebih besar dibandingkan kelompok kacang hijau ataupun kacang tolo merah murni. Populasi kelompok Bacillus yang paling banyak kemudian disusul Coccus dan yang terakhir adalah kelompok Streptococcus. Hasil pH akhir starter adalah 5,4 yang lebih rendah dibandingkan kelompok kacang tolo merah dan kacang hijau. Dari percobaan ini, campuran kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah mempunyai peran penting dalam pengembangan ketiga kelompok mikroba tersebut dengan jumlah perbandingan yang sama antara kacang hijau dan kacang tolo merah.

Starter yang dihasilkan dari ketiga kelompok ini diuji dalam proses penggumpalan dengan variasi jumlah starter dan jumlah kecambah yang ditambahkan dalam susu segar umpam. Pada kelompok kacang hijau, jumlah starter yang terbaik dalam jumlah 1,15 liter dari 5 liter susu segar dengan pH akhir 4,8 dan waktu gumpal 15 jam sedangkan pada kelompok kacang tolo merah waktu gumpalnya relatif rendah namun jumlah dadih yang diperoleh lebih kecil dibandingkan kelompok kacang hijau. Apabila ditinjau dari populasi mikroba, yang dominan untuk kacang tolo merah adalah Streptococcusnya maka keberadaan Streptococcus sangat penting dalam bihidrolisa sehingga waktu penggumpalannya dapat ditekan.

Tahap uji starter

Pada uji starter campuran antara kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah, maka jumlah dadih yang diperoleh relatif lebih besar. Untuk pemakaian starter 1,5 liter diperoleh dadih 15% sedangkan pada starter 1 liter diperoleh dadih 14% sedangkan waktu gumpalnya kurang dari 14 jam. Dari model ini disimpulkan penambahan kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah dalam susu segar

umpuan dapat menaikkan jumlah dadih dan waktu penggumpalannya. Peningkatan jumlah dadih dapat ditingkatkan dengan penggunaan sebagian air tapisan dadih yang masih kaya dengan biomassa dan pHnya rendah sehingga kecepatan fermentasi dapat diperpendek lagi. Kisaran jumlah starter yang digunakan dianjurkan antara 1,5 – 1 liter sedangkan perbandingan kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah sama. Jumlah kecambah yang ditambahkan antara 2 – 3%. Tetapi bila ditinjau dari jumlah kecambah yang digunakan sebaiknya semakin banyak akan memperpendek waktu penggumpalan karena jumlah biomassa dapat berkembang dengan baik. Dalam kecambah mengandung factor tumbuh, vitamin dan mineral yang mendorong berkembangbiaknya biomassa yang akan digunakan dalam proses penggumpalan ini. Jumlah kecambah yang bervariasi dapat dilakukan dalam percobaan tahapan yang ketiga yang terkait dengan jumlah air tapisan dadih dan pupuk yang digunakan.

Tahap optimalisasi penggunaan starter

Pada tahapan yang ketiga adalah pengujian dalam fermentor dengan kapasitas 7,5 liter dengan umpan susu segar tetap 5 liter dan jumlah starter dan air tapisan dadih dengan jumlah total 3,5 liter. Variasi jumlah starter dan air dadih dan jumlah kecambah yang digunakan. Pada penggunaan starter dan air dadih dari kelompok kacang hijau terlihat pada penggunaan kecambah antara kisaran 10 – 14% dengan waktu penggumpalan antara 13 – 14 jam dan jumlah dadih yang diperoleh antara 17 – 18%. Derajat keasaman pH yang terbaik adalah 4,7 pada posisi jumlah kecambah kacang hijau 10%, jumlah starter 1,5 liter dan tapisan air dadih 1 liter. Apabila starter turun dari 1,5 liter maka waktu penggumpalan menjadi lebih lama dan jumlah dadih yang diperoleh menjadi lebih kecil.

Pada kelompok dengan starter kacang tolo merah dan air tapisan dadihnya dapat sampai kisaran starter antara 1 – 1,5% dengan jumlah dadih 17% dan waktu penggumpalan 14 jam. Hal ini disebabkan karena populasi mikroba *Streptococcus* yang lebih besar dibandingkan *Coccusnya* sehingga waktu penggumpalan yang pendek dan hasil perolehan dadihnya masih cukup besar. Kejelekan dari penggunaan kacang tolo merah ini adalah warna dari dadih agak kecoklatan merah namun rasanya lebih

baik dibandingkan dengan kacang hijau yang banyak berbau klorofil. Dengan kandungan *Streptococcus* yang lebih banyak maka pH akhirnya tidak terlalu rendah bila dibandingkan dengan kacang hijau sehingga keju yang diperoleh tidak terlalu asam.

Percobaan yang terakhir adalah penggabungan kacang hijau dan kacang tolo merah dengan jumlah maksimal hanya 10% berdasarkan ketentuan dari percobaan sebelumnya dengan variasi perbandingan jumlah kecambahnya dan perbandingan jumlah starter dan air tapisan dadihnya. Untuk perbandingan starter antara 1,5 – 1% dan jumlah kecambah kacang hijau dalam kisaran 2,8 – 4,4%, jumlah dadih yang diperoleh mengalami kenaikan 1% dengan jumlah total dadih yang diperoleh 18% sedangkan pH akhir proses adalah 4,8 dan waktu penggumpalan antara 13 – 14 jam.

Semua percobaan ini menggunakan susu segar dari Bandung dengan densitas antara 0,84 – 8,6. Selama menanti pemrosesan dilakukan pasteurisasi 15 menit pada suhu 70°C. Suhu pemrosesan dilakukan pada suhu kamar 30°C. Proses dilakukan mulai pagi hari dan penyaringan dilakukan pada malam hari. Air tapisan dadih yang diperoleh didinginkan dalam kulkas baru paginya sebelum digunakan dilakukan pasteurisasi selama 10 menit. Pada awal proses penggumpalan dilakukan aerasi selama 1 jam dengan tujuan agar perkembangan biomassa dapat berjalan dengan baik sedangkan penambahan pupuk ZA dan SP₃₆ ternyata dapat menambah populasi dari mikroba. Hal ini terlihat dari kenaikan jumlah dadih yang diperoleh dibandingkan penggunaan starter yang sama pada pengujian starter. Pada penggunaan starter 1,5 liter pengujian starter diperoleh hasil dadih 15%, sedangkan pada optimasi kondisi fermentor diperoleh hasil 18% walaupun pH diuji fermentor 4,8 sedangkan pada uji starter 4,7.

Dari uraian itu terlihat bahwa penurunan pH belum tentu merupakan jaminan pada proses bioidrolisa dari emulgator yang ada dalam susu segar. Proses pemecahan emulgator ini sangat terpisah dengan pembentukan asam laktat yang menyebabkan pH turun. Apabila populasi dari *Streptococcus* dan *Coccusnya* cukup banyak maka proses penggumpalan akan cepat berlangsung walaupun pH akhir tidak pernah mencapai 4,6 seperti halnya apabila menggunakan kultur murni *Lactobacillus* saja.

Tabel 1. Proses aklimatisasi starter keju dengan biakan padat KMF-56732-CYBFP

PERIODE	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
Waktu, jam	4	4	4	8	8	4	4	4	8	4	4	4	4	8	4
Tambahan, L	0,5	1	3	9	9	0,5	1	3	9	1	0,5	1	3	9	1
Kec.Kc.Tolo,g	-	-	-	-	-	50	100	300	900	100	25	50	150	450	50
Kec.Kc.Hijau,g	50	100	300	900	100	-	-	-	-	-	25	50	150	450	50
pH	5,9	5,9	5,8	5,7	5,6	5,6	5,7	5,8	5,6	5,5	5,7	5,8	5,6	5,5	5,4
SP ₃₆ , g	2,5	5	15	45	18	2,5	5	15	45	5	2,5	5	15	45	5
ZA, g	1	2	6	18	2	1	2	6	18	2	1	2	6	18	2
Urea, g	0,5	1	3	9	1	0,5	1	3	9	1	0,5	1	3	9	1
KCl, g	1	2	6	18	2	1	2	6	18	2	1	2	6	18	2
Jumlah Populasi (x 10 ⁶)															
PopulasiBacillus(x10 ⁶)	9	11	12	13	15	13	12	11	13	16	12	11	14	16	17
PopulasiCoccus (x10 ⁶)	10	12	14	15	17	9	11	12	10	12	11	14	13	12	15
PopulasiStreptococcus(x10 ⁶)	8	10	11	13	14	10	12	11	13	13	8	10	11	13	12
Total Cairan, L	0,5	1,5	4,5	13,5	14,5	0,5	1,5	4,5	13,5	14,5	0,5	1,5	4,5	13,5	14,5
Total Waktu, jam	4	8	12	20	24	4	8	12	20	24	4	8	12	20	24
Susu Segar, L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kec.Kc.Hijau,g	250	200	150	100	50	-	-	-	-	-	125	100	75	50	25
Kec.Kc.Tolo, g	-	-	-	-	-	250	200	150	100	50	125	100	75	50	25
pH awal	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,1	6,2	6,2	6,3	6,3
pH akhir	4,5	4,6	4,8	4,9	4,9	4,5	4,5	4,5	4,7	4,8	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9
Waktu Gumpal, jam	12	14	15	16	18	12	13	13	14	16	12	12	13	14	15
Jumlah Curd, %	15	14	13	12	12	15	15	13	13	12	15	15	15	14	13
Total Volume Susu, L	7,5	7	6,5	6	5,5	7,5	7	6,5	6	5,5	7,5	7	6,5	6	5,5

Tabel 2. Proses pengumpulan susu dengan variabel starter dan cairan dadih

RUN	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
Starter, L	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25	-	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25	-
CairanDadih, L	-	0,5	1,0	1,5	2,0	2,25	2,5	-	0,5	1,0	1,5	2,0	2,25	2,5
Susu segar, L	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kec.Kc.Hijau,g	700	600	500	400	300	200	100	-	-	-	-	-	-	-
Kec.Kc.Tolo,g	-	-	-	-	-	-	-	700	600	500	400	300	200	100
ZA, g	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SP ₃₆ , g	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Total susu, L	7,5	7	6,5	6	5,5	5,25	5	7,5	7	6,5	6	5,5	5,25	5
Total cairan, L	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
pH awal	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	6,0	6,0	6,5	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1
pH akhir	4,9	4,8	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,8	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9	4,9
Waktu pengumpulan, jam	13	13	14	15	16	17	18	13	14	14	14	15	16	17
% curd (dadih)	18	17	17	16	15	15	14	18	18	17	17	16	15	15

Kesimpulan

Pada pembuatan starter yang sekaligus sebagai aklimatisasi diperlukan pembersihan bahan factor tumbuh yang terkandung dalam kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah. Jumlah yang perbandingan antara dua kecambah tersebut adalah sama sehingga populasi pertumbuhan mikrobaanya dapat merata. Penghematan starter yang berarti penghematan biakan padat dapat dilakukan dengan menggunakan kembali air tapisan dadih. Tapisan ini dipasteurisasi dengan tujuan proses keju panas sehingga mikroba yang tahan panas adalah yang bersifat unggul.

Kultur campuran lebih baik dibandingkan dengan penggunaan kultur murni dalam kerangka menghindari proses kontaminasi sehingga kegagalan fermentasi karena kontaminasi dapat dihindarkan. Susu segar harus diperkaya ekstrak kecambah kacang hijau dan kacang tolo merah, pupuk N, P, K, S dengan tujuan memperbanyak biomassa pada awal fermentasi sehingga proses penggumpalan dapat berjalan dengan baik. Hasil yang terbaik tercapai pada penggunaan starter antara 1,5 – 1 liter dan air tapisan dadih 1 – 1,5 liter serta pada jumlah kecambah campuran 10% dari susu segar yang digunakan sebanyak 5 liter. Dadih padat yang didapatkan dari bahan susu segar Bandungan, Kabupaten Semarang adalah 18% serta pH akhir fermentasi 4,8.

Saran

Fermentor yang digunakan sebaiknya mempunyai perbandingan tinggi dan diameter yang sama karena agar penetrasi udara di permukaan dapat berjalan dengan baik. Pengisian fermentor maksimal 75% dari tinggi yang ada. Dengan model ini masih dimungkinkan masuknya nitrogen dan oksigen yang berguna bagi pembentukan biomassa dan oksidasi laktosa menjadi asam laktat. Dengan penggunaan kecambah campuran ini akan diperoleh produk keju yang berwarna agak merah kecoklatan dan rasa yang

lebih baik. Untuk pembentukan warna dan aroma keju yang spesifik diperlukan penelitian lebih lanjut dengan bahan baku pewarna alami yang ditambahkan pada susu segarnya antara lain kunyit untuk kuning, wortel untuk warna merah serta bumbu khusus khas Indonesia antara lain salam dan lengkuas.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan pada semua pihak sehingga penelitian dari pembuatan keju ini dapat berjalan dengan baik. Ucapan terima kasih terutama kami tujukan kepada perwakilan Kawai Kobeichi Co. Ltd di Indonesia, peternak sapi perah Bandungan, Semarang dan peternak sapi perah Gunung Pati, Semarang.

Daftar Pustaka

- Desrosier, N.W. and Desrosier, J.N., 1978, "The Technology of Food Preservation", Avi Publishing, Co., Westport, Connecticut, USA.
- Haruki, S., Satohara, T., Tanamaru, H., and Yoko, R.P.M., 1998, "Acclimation Process in Starter Cheese Production", Kawai Kobeichi, Co. Ltd. Japan.
- Hirakawa, M., Nagata, H. and Yoko, R.P.M., 1998, "Curd Coagulating Process Fermentation in Tropic Climate", Kawai Kobeichi, Co. Ltd., Japan.
- Kawayama, T., Haruki, S., and Yoko, R.P.M., 1997, "Mixed Culture Development for Curd Cheese Production", Kawai Kobeichi, Co. Ltd., Japan.
- Peppler, H.J. and Perlmen, D., 1979, "Microbial Technology", 2nd edition, Academic Press, New York.
- Sakahara, T., Kawamoto, H., Nikita, T. and Sakamoto, G., 1999, "Fakultatip Anaerob Liquid Fermentor Development", Kawai Domaiheda, Co. Ltd, Japan.
- Sinjuri, K., Kawayama, T. and Haruki, S., 1996, "Microorganism Growth Factor from Extract Malt Seed", Kawai Kobeichi, Co. Ltd. Japan.