

PEMILIHAN STARTER CAIR UNGGUL UNTUK FERMENTASI BIJI KAKAO

Misgiyarta, Anas Miftah Fauzi, Khaswar Syamsu, dan S Joni Munarso
Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, Bogor.
misgiyarta@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas biji kakao fermentasi rendah karena kualitas starter mikroba untuk fermentasi biji kakao rendah. Seleksi starter mikroba diperlukan untuk mendapatkan starter yang unggul. Starter yang diuji adalah starter cair, yaitu starter Inoka, starter cair BB-Pasca, dan starter yoghurt. Seleksi starter mikroba dilakukan dengan memfermentasi pulp biji kakao selama 24 jam pada berbagai suhu fermentasi (20 oC, 30 oC, dan 40 oC). Parameter yang diamati adalah jumlah total mikroba, laju pertumbuhan mikroba starter, tingkat konsumsi gula pereduksi oleh mikroba starter, total asam yang diproduksi, tingkat penurunan pH, dan peningkatan suhu fermentasi serta korelasi antara parameter pengamatan penelitian. Starter cair unggul yang terpilih adalah starter cair Inoka. Karakteristik starter Inoka adalah memiliki tingkat laju pertumbuhan $\mu = 0,470$, konsumsi gula pereduksi oleh mikroba starter 12%, peningkatan asam total 7%, penurunan pH 5,2, dan peningkatan suhu fermentasi 1,56 oC serta korelasi antara parameter penelitian di atas 0,61.

Kata kunci: Starter cair unggul; fermentasi; biji kakao; pulp biji kakao; parameter fermentasi.

ABSTRACT

Misgiyarta, Anas Miftah Fauzi, Khaswar Syamsu, dan S Joni Munarso. 2019. Selection of Superior Liquid Starters for Cocoa Beans Fermentation.

The quality of fermented cocoa beans varies because the microbial starter for fermented cocoa beans varies. The selection of starter is needed to get a superior starter. The starter tested is a liquid starter, that is the Inoka starter, the BB-Pasca liquid starter, the yoghurt. The selection of starter is done by fermenting cocoa bean pulp for 24 hours at various fermentation temperatures (20oC, 30oC and 40oC). The parameters observed were total microbial count, microbial growth rate of starter, consumption of reducing sugars by starter microbes, total acid produced, decrease of pH, and increase of fermentation temperature and the correlation between the parameters of the study. The selected superior liquid starter is the Inoka liquid starter. The characteristics of Inoka starter are to have a growth rate of $\mu = 0.470$, consumption of reducing sugars by starter microbes 12%, total acid increase of 7%, decrease in pH 5.2, and increase in fermentation temperature of 1.56oC and correlation between research parameters above 0.61.

Keywords: Superior liquid starter; fermentation; cocoa beans; cocoa bean pulp; fermentation parameters

PENDAHULUAN

Penanganan pascapanen biji kakao sangat penting karena menentukan kualitas biji kakao yang dihasilkan. Berbagai kasus penolakan produk biji kakao Indonesia disebabkan oleh tidak memenuhinya persyaratan kualitas. Biji kakao fermentasi dari Indonesia memiliki kualitas rendah, warna belum optimal, fermentasi kurang matang/slaty, aroma dan flavor yang kurang, biji berkecambah, kontaminan jamur, dan mutu tidak seragam. Biji kakao fermentasi di Indonesia dihasilkan dengan fermentasi spontan. Fermentasi spontan yang dilakukan oleh petani kakao belum memiliki standar yang baku sehingga kualitas biji kakao fermentasi beragam. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan teknologi pascapanen terhadap proses fermentasi biji kakao di Indonesia.

Permasalahan utama fermentasi biji kakao secara alami atau secara spontan adalah tahap proses fermentasi yang rumit dan kualitas biji kakao fermentasi belum optimal. Permasalahan proses fermentasi biji kakao secara spontan yang rumit adalah fermentasi berlangsung lama sekitar 6-10 hari^{1,2,3,4,5,6}, perlu pengadukan biji kakao secara berkala setiap 12 jam^{6,7}, setiap 24 jam^{3,5}, setiap 48 jam^{1,8}; perlu tempat khusus untuk fermentasi biji kakao^{1,8,6}, dan sering terjadi gagal fermentasi⁹. Permasalahan kualitas biji kakao fermentasi yang belum optimal dalam hal warna, aroma, flavor, biji kakao slaty atau berwarna ungu, biji berkecambah, dan kualitas biji kakao fermentasi tidak seragam^{1,3,4,6,10}. Lebih lanjut manfaat fermentasi biji kakao adalah dapat mempercepat peluruhan pulp (depulper)¹; menekan pertumbuhan jamur, mengurangi kontaminasi mikotoksin^{11, 12, 13, 14}, meningkatkan nilai fungsional coklat¹ pengendalian proses dan kualitas biji kakao fermentasi sesuai yang diinginkan¹⁵. Fermentasi biji kakao secara spontan belum memberikan manfaat yang optimal sehingga perlu diperbaiki.

Tiga kelompok mikroba yang berperan penting dalam fermentasi biji kakao secara spontan adalah: yeast, bakteri asam laktat dan bakteri asam asetat^{10, 15, 16, 17}. Peran penting dari setiap kelompok mikroba dalam fermentasi biji kakao adalah khas¹⁵. Yeast memiliki peran penting pada proses fermentasi biji kakao, hadir pada awal fermentasi. Kandungan nutrisi pulp yang menyelimuti biji kakao adalah gula (glukosa, fruktosa, dan sukrosa), asam sitrat, serat, kadar oksigen yang terbatas. Yeast mampu tumbuh, dan bertahan pada kondisi asam dan kadar oksigen yang rendah dengan memanfaatkan glukosa, fruktosa untuk menghasilkan etanol^{4, 10, 18, 19}. Yeast juga memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa volatil yang berperan dalam menghasilkan flavor pada produk²⁰, serta mampu menghasilkan warna coklat yang disukai panelis¹. Bakteri asam laktat hadir

beberapa saat, 12 jam setelah kehadiran yeast. Pada saat ini kadar oksigen rendah, pH mengalami peningkatan, dan masih banyak terdapat glukosa dan fruktosa. Kehadiran bakteri asam laktat dengan memanfaatkan glukosa dan fruktosa menghasilkan asam laktat. Asam laktat berperan penting pada pembentukan flavor biji kakao^{1, 4}. Yeast memiliki kemampuan pektinolitik sehingga menyebabkan hilangnya air yang terdapat pada pulp buah kakao. Kondisi tersebut menyebabkan porositas pulp meningkat, dan meningkatkan aerasi sehingga meningkatkan ketersediaan oksigen pada pulp^{10, 18, 19, 21}. Adanya etanol, ketersediaan oksigen meningkatkan, pH meningkat mendukung pertumbuhan bakteri asam asetat. Bakteri asam asetat memanfaatkan etanol, oksigen, menghasilkan asam asetat. Reaksi pembentukan asam asetat dengan menggunakan etanol dalam kondisi aerob bersifat eksoterm, mengakibatkan peningkatan suhu pada fermentasi biji kakao^{10, 22}. Adanya asam asetat, asam laktat, etanol, peningkatan suhu, akan mendorong terjadinya difusi asam laktat, asam asetat, etanol kedalam biji kakao yang mengakibatkan matinya kotiledon biji kakao, sehingga biji kakao tidak dapat berkecambah^{1-2, 3, 5, 6, 10}. Peran mikroba dalam memecah gula dan protein akan menghasilkan prekursor pembentukan pyracine, aldehyd dan keton dalam biji kakao fermentasi. Pyracine akan menghasilkan aroma dan flavor setelah biji kakao fermentasi dikeringkan^{23, 24}.

Fermentasi biji kakao secara terkontrol dengan starter mikroba yang tersedia diharapkan memperbaiki proses fermentasi dengan memperpendek waktu fermentasi, menghasilkan biji kakao fermentasi berkualitas. Manfaat starter adalah mengontrol fermentasi, memperpendek fase adaptasi atau fase lag, mengurangi risiko kegagalan fermentasi¹⁵. Risiko kegagalan fermentasi dapat terjadi berupa rusaknya bahan yang difermentasi, tumbuh pathogen, dihasilkan toksin oleh mikroba kontaminan⁹. Kombinasi komponen teknologi fermentasi dilakukan untuk menghasilkan teknologi fermentasi biji kakao yang efektif dan efisien. Komponen teknologi fermentasi yang berpengaruh terhadap mutu biji kakao fermentasi diantaranya ketersediaan starter cair juga tempat fermentasi yang tepat, serta perlakuan pra fermentasi berupa peluruhan pulp biji kakao (depulper).

Mikroba yang digunakan untuk fermentasi biji kakao tersedia dalam bentuk cair. Mikroba ditumbuhkan dalam media pertumbuhan dan perbanyakkan dalam media cair. Keunggulan starter cair adalah proses pembuatan lebih cepat karena tanpa proses pengeringan untuk menghilangkan sebagian cairan yang ada dalam starter, kerap sel starter cair tinggi, dalam kondisi aktif atau tidak dorman. Starter cair mengandung mikroba aktif, fase lag pendek sehingga fermentasi akan

berlangsung lebih cepat, sehingga kualitas biji kakao fermentasi akan lebih baik dan terhindar dari gagal fermentasi. Namun kelemahan dari starter cair adalah apabila waktu penyiapan dengan penggunaan terlalu lama maka populasi sel akan turun karena kekurangan nutrisi dalam media kultur cair tersebut. Dengan demikian maka starter cair dibuat atau disiapkan tenggang waktu dengan penggunaannya tidak terlalu lama. Apabila waktu persiapan dengan penggunaan starter cair lama maka dilakukan penyimpanan pada suhu rendah untuk menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroba yang mengkonsumsi nutrisi dalam media pertumbuhannya. Apabila nutrisi dalam media pertumbuhan semakin berkurang maka populasi mikroba dalam starter cair akan menurun. Ragam starter mikroba cair banyak digunakan oleh masyarakat untuk fermentasi biji kakao. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah seleksi starter mikroba cair untuk memperoleh starter mikroba cair yang unggul serta mengetahui karakteristik starter unggul.

BAHAN DAN METODE

1. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi media pertumbuhan mikroba Nutrient Broth (NB), media Plate Count Agar (PCA). Starter BB-Pasca cair (mengandung bakteri asam laktat, bakteri asam asetat dan khamir/yeast), diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor; starter cair Inoka (mengandung bakteri asam laktat, bakteri asam asetat dan khamir/yeast) diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), inokulum mikroba dari minuman yoghurt (mengandung bakteri asam laktat). Buah kakao diperoleh dari kebun kakao Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Sukabumi, Jawa Barat.

Alat yang digunakan pada penelitian meliputi tempat fermentasi plastik ukuran 4 kg, inkubator, pH dan termometer HANA, spektrofotometer UV Vis, clean bench, Quebec Colony Counter, timbangan analitis.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2017-Desember 2018 di Laboratorium Mikrobiologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor; kebun kakao, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Pakuwon, Sukabumi, Jawa Barat.

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan rancangan acak lengkap faktorial, terdiri dua faktor yaitu faktor starter cair, tiga taraf (Starter cair Inoka dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), starter cair dari Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen, starter cair dari yoghurt), dan faktor suhu fermentasi (20°C, 30°C dan 40°C). Fermentasi biji kakao dalam plastik, kapasitas 2 kg, dalam inkubator. Suhu inkubator 30°C dan 40°C dapat diatur sesuai dengan keperluan. Suhu inkubator 20°C diatur dengan mengkondisikan suhu ruangan dengan Air Condition. Pengamatan dilakukan pada jam ke: 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24. Parameter yang diamati adalah Total Plate Count 1, laju pertumbuhan mikroba starter 1, pH 25, asam total 26, gula reduksi 27, suhu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

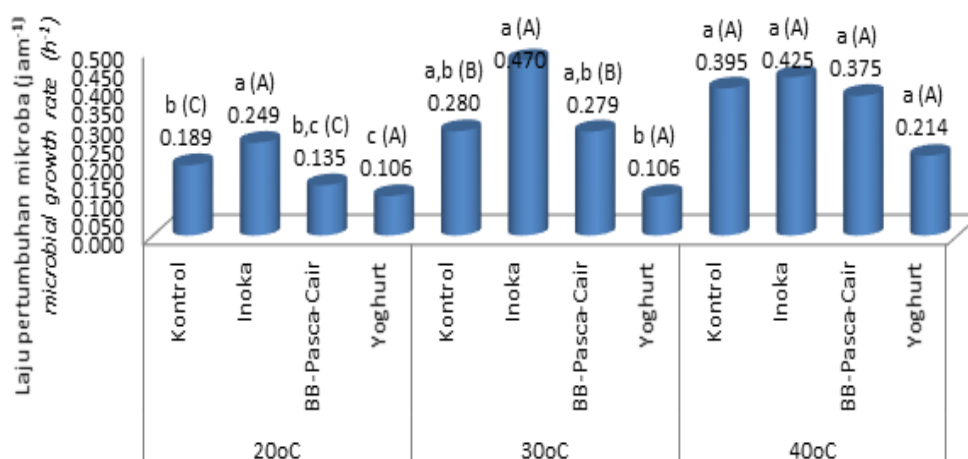
Parameter pemilihan starter cair unggul yang diamati meliputi laju pertumbuhan maksimum mikroba starter (μ), tingkat konsumsi gula reduksi oleh mikroba starter, tingkat asam total yang dihasilkan oleh mikroba starter selama fermentasi, tingkat penurunan pH dalam media fermentasi, dan tingkat kenaikan suhu fermentasi pulp biji kakao.

Laju pertumbuhan maksimum mikroba starter (μ)

Pertumbuhan starter cair pada media pulp kakao menunjukkan perbedaan karakteristik pertumbuhan. Starter cair Inoka memiliki laju pertumbuhan paling tinggi yaitu sebesar 0,470 jam⁻¹ (Gambar 1). Sedangkan starter cair lainnya tingkat laju pertumbuhannya lebih rendah. Starter mikroba yang memiliki kemampuan adaptasi baik memiliki fase lag lebih pendek akan memiliki laju pertumbuhan tinggi dan mengurangi resiko kegagalan fermentasi¹⁵. Laju pertumbuhan starter mikroba yang tinggi menyebabkan populasi mikroba akan cepat menjadi mikroba dominan dalam lingkungan fermentasi biji kakao. Populasi mikroba yang dominan dalam lingkungan fermentasi biji kakao akan menekan pertumbuhan mikroba kontaminan yang tidak diinginkan dalam proses fermentasi yang menyebabkan kerusakan biji kakao.

Starter Inoka memiliki tingkat adaptasi yang lebih baik ditunjukkan pada kemampuan tumbuh dengan laju pertumbuhan yang tinggi pada rentang suhu yang berbeda yaitu suhu 20°C, 30°C dan 40°C. Starter cair Inoka memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan starter lain baik pada suhu 20°C, 30°C dan 40°C. Starter cair Inoka memiliki adaptasi

Pemilihan Starter Cair Unggul untuk Fermentasi Biji Kakao



Keterangan/Remarks: Angka diikuti huruf kecil yang sama pada perlakuan ragam jenis starter pada suhu sama, atau huruf kapital sama pada perlakuan starter sama pada suhu berbeda tidak berbeda nyata berdasar uji DMRT 5%./ Numbers followed by the same lowercase letters on the treatment of various types of starters at the same temperature, or the same capital letters at the same starter treatment at different temperatures were not significantly different based on the 5% DMRT test.

Gambar 1. Diagram menunjukkan hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pengaruh jenis starter cair dan suhu fermentasi terhadap laju pertumbuhan mikroba starter pada fermentasi pulp biji kakao

Figure 1. Diagram shows the results of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) further effect of the type of liquid starter and fermentation temperature on the growth rate of starter microbes in the fermentation of cocoa bean pulp

yang lebih baik pada media pulp biji kakao dibandingkan dengan starter lain pada rentang ketiga suhu tersebut. Dari parameter laju pertumbuhan mikroba starter, starter Inoka merupakan starter unggul dibandingkan dengan starter cair lainnya.

Tingkat konsumsi gula reduksi

Starter yang ditumbuhkan dalam media pulp biji kakao mampu menggunakan sumber gula yang ada di dalam substrat. Mikroba starter memanfaatkan gula untuk menghasilkan energi, dan untuk pertumbuhan. Ragam gula pada pulp biji kakao berupa gula sukrosa, glukosa, dan fruktosa¹⁸. Mikroba starter unggul memiliki kemampuan memanfaatkan sumber gula dengan efisien. Mikroba starter yang memiliki kemampuan memanfaatkan sumber gula yang lebih efisien akan memiliki kemampuan dalam fermentasi yang lebih baik. Pada Tabel 1 menunjukkan starter cair Inoka memiliki kemampuan memanfaatkan gula reduksi yang paling tinggi yaitu sebesar 12 %. Tabel 1 menunjukkan bahwa starter cair Inoka memiliki kemampuan memanfaatkan gula reduksi paling efisien pada suhu 30°C.

Konsumsi gula oleh mikroba tinggi akan menyebabkan pertumbuhan mikroba lebih cepat sehingga populasi mikroba akan cepat menjadi lebih besar dan dominan dalam lingkungan fermentasi biji kakao.

Populasi mikroba yang tumbuh cepat akan menyebabkan fermentasi biji kakao akan lebih cepat. Populasi mikroba yang tumbuh cepat dan dominan dalam fermentasi biji kakao akan mengurangi resiko gagal fermentasi.

Tingkat asam total

Starter mikroba untuk fermentasi biji kakao mengandung mikroba yang beragam jenisnya. Ragam mikroba tersebut adalah bakteri asam laktat, bakteri asam asetat dan yeast. Mikroba tersebut memiliki kemampuan menghasilkan asam organik berupa asam laktat, asam asetat. Metabolit asam organik berpengaruh pada konsentrasi asam total pada lingkungan fermentasi pulp biji kakao.

Mikroba yang memiliki kemampuan tinggi atau unggul mampu menghasilkan metabolit lebih tinggi dibandingkan dengan mikroba starter lainnya. Kemampuan mikroba yang efisien dalam mengubah substrat baik dalam bentuk gula reduksi untuk diubah menjadi produk metabolit asam organik menunjukkan kinerja mikroba yang tinggi. Metabolit asam organik yang dihasilkan mikroba starter akan mempengaruhi pada konsentrasi asam total pada lingkungan fermentasi biji kakao 10. Perubahan konsentrasi asam organik berpengaruh pada aktifitas mikroba dalam proses fermentasi biji kakao serta berpengaruh pada kualitas biji

Tabel 1. Diagram menunjukkan hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pengaruh jenis starter cair dan suhu fermentasi terhadap tingkat konsumsi gula reduksi pada fermentasi pulp biji kakao

Table 1. The diagram shows the results of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) further effect of the type of liquid starter and fermentation temperature on the level of reduced sugar consumption in the fermentation of cocoa bean pulp

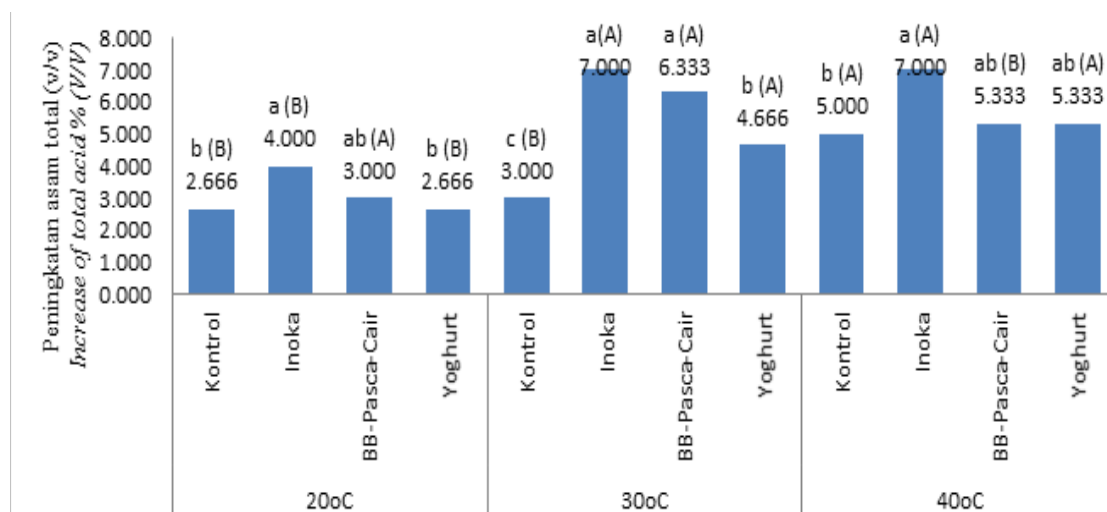
Suhu Temperature	Kontrol Control	Inoka Inoka	BB-Pasca-Cair BB-Pasca-Liquid	Yoghurt Yoghurt	Rata-Rata Mean
20°C	4,006 d (C)	6,840 a (C)	6,020 b (A)	4,910 c (C)	5,444 (B)
30°C	8,836 d (B)	12,000 a (A)	10,053 b (B)	9,193 c (B)	10,043 (B)
40°C	9,503 a (A)	10,980 a (B)	10,663 a (C)	10,506 a (A)	10,413 (A)
Rata-rata Mean	7,448 (D)	9,970 (A)	9,912 (B)	8,203 (C)	

Keterangan/Remarks: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada baris yang sama atau huruf kapital yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji DMRT 5% /Numbers followed by the same lowercase letter in the same row or the same capital letters in the same column are not significantly different based on the 5% DMRT test.

kakao fermentasi yang dihasilkan.

Starter unggul untuk fermentasi biji kakao dapat diperoleh berdasarkan karakteristik kemampuan mikroba dalam menghasilkan asam organik yang dikenali dengan meningkatkan asam total. Jumlah asam total yang dihasilkan mikroba starter dibandingkan parameter untuk memilih starter cair unggul. Asam total berpengaruh dalam proses fermentasi biji kakao baik menyebabkan kondisi lingkungan pertumbuhan yang optimal bagi pertumbuhan mikroba berperan penting dalam fermentasi kakao, maupun menghasilkan biji kakao berkualitas dari aspek cita rasa maupun memantapkan fermentasi kakao.

Gambar 2 menunjukkan jumlah asam total yang dihasilkan mikroba starter pada fermentasi pulp biji kakao. Fermentasi berlangsung selama 24 jam. Jumlah asam total menunjukkan kinerja dari mikroba starter dalam fermentasi pulp kakao. Starter cair Inoka menghasilkan asam total paling tinggi pada suhu fermentasi 30°C. Pada suhu lebih rendah yaitu suhu 20°C aktifitas starter Inoka mengalami penurunan, demikian juga aktifitas starter cair lainnya. Namun pada suhu 40°C aktifitas starter Inoka dan starter lainnya mengalami peningkatan ditunjukkan dengan peningkatan asam total dalam pulp kakao. Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 2, starter cair yang paling unggul adalah starter cair Inoka.



Keterangan/Remark: Angka diikuti huruf kecil yang sama pada perlakuan jenis starter pada suhu sama, atau huruf kapital sama pada perlakuan starter sama pada suhu berbeda tidak berbeda nyata berdasar uji DMRT 5% /Numbers followed by the same lowercase letters on the treatment of starter types at the same temperature, or the same capital letters at the same starter treatment at different temperatures were not significantly different based on the 5% DMRT test.

Gambar 2. Diagram menunjukkan hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pengaruh jenis starter cair dan suhu fermentasi terhadap jumlah asam total pada fermentasi pulp biji kakao

Figure 2. Diagram shows the results of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) test of the effect of liquid starter type and fermentation temperature on the total amount of acid in the fermentation of cocoa bean pulp

Pemilihan Starter Cair Unggul untuk Fermentasi Biji Kakao

Tabel 2. Diagram menunjukkan hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pengaruh jenis starter cair dan suhu fermentasi terhadap penurunan pH pada fermentasi pulp biji kakao

Table 2. The diagram shows the results of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) further effect of the type of liquid starter and fermentation temperature on the decrease of pH in the fermentation of cocoa bean pulp

Suhu Temperature	Kontrol Control	Inoka Inoka	BB-Pasca Cair BB-Pasca-Liquid	Yoghurt Yoghurt	Rata-Rata Mean
20°C	0,633 b (C)	1,833 a (C)	0,733 b (A)	0,333 c (C)	0,883 (C)
30°C	1,200 d (B)	5,200 a (B)	3,166 b (B)	2,333 c (B)	2,975 (B)
40°C	3,200 c (A)	5,566 a (A)	4,333 b (C)	4,133 b (A)	4,308 (A)
Rata-rata/Mean	1,677 (D)	4,200 (A)	2,744 (B)	2,266 (C)	

Keterangan/Remarks: Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada baris yang sama atau huruf kapital yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasar uji DMRT 5%/Numbers followed by the same lowercase letter in the same row or the same capital letters in the same column are not significantly different based on the 5% DMRT test

Tingkat penurunan pH

Aktivitas mikroba starter dalam media pulp biji kakao menghasilkan berbagai produk metabolit diantaranya adalah asam organik. Adanya metabolit asam organik menyebabkan perubahan kondisi keasaman lingkungan fermentasi pulp biji kakao atau tingkat pH media pulp biji kakao fermentasi^{4, 10}. Semakin banyak asam organik yang dihasilkan oleh mikroba starter akan menyebabkan semakin turun tingkat keasaman lingkungan fermentasi atau semakin rendah pH-nya 1.

Tingkat penurunan pH dapat digunakan sebagai indikator kinerja dari mikroba starter dalam fermentasi biji kakao. Tingkat penurunan pH disebabkan oleh asam organik yang dihasilkan mikroba pada lingkungan fermentasi pulp biji kakao hingga pada jam ke 12 (Tabel 2). Penurunan pH tertinggi dihasilkan oleh starter cair Inoka pada suhu 40°C, yaitu sebesar 5,56. Sedangkan penurunan pH oleh starter cair Inoka pada suhu 30°C adalah 5,2. Dari parameter penurunan pH starter cair Inoka adalah yang paling unggul.

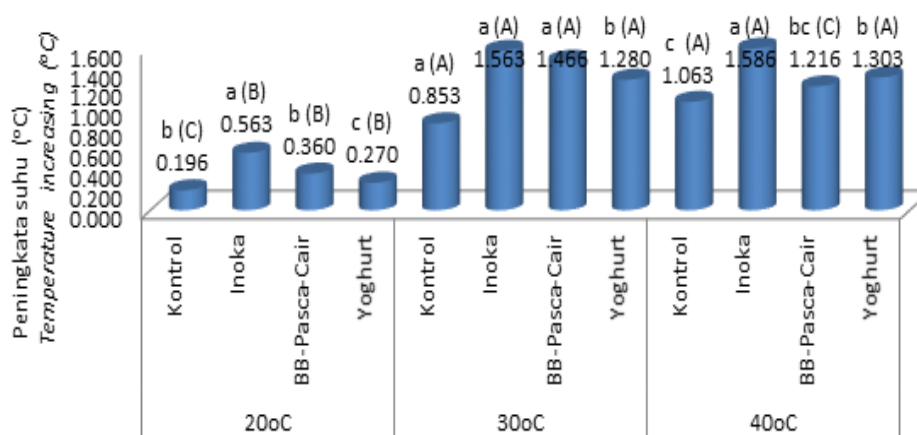
Tingkat kenaikan suhu fermentasi pulp biji kakao

Reaksi pengubahan alkohol menjadi asam asetat pada lingkungan fermentasi biji kakao oleh mikroba starter bersifat eksoterm^{10, 22}. Reaksi ini menghasilkan panas yang dilepas ke lingkungan fermentasi biji kakao. Peningkatan panas dapat dijadikan indikator kinerja mikroba dalam starter pada proses fermentasi biji kakao. Dengan peningkatan suhu fermentasi menunjukkan fermentasi biji kakao berjalan dengan baik. Peningkatan suhu lingkungan fermentasi mendorong terjadinya difusi asam organik, alkohol dan senyawa lain ke dalam biji kakao selama proses fermentasi. Peningkatan suhu dan masuknya senyawa tersebut mengakibatkan perubahan warna biji kakao, matinya kotiledon sehingga tidak tumbuh^{1, 2, 3, 4, 6, 10}.

Tingkat kenaikan suhu pada media fermentasi menunjukkan kinerja starter fermentasi bekerja secara efektif. Ragam starter yang digunakan dalam penelitian menunjukkan peningkatan suhu fermentasi yang beragam. Dari Gambar 3, menunjukkan bahwa parameter peningkatan suhu lingkungan dan fermentasi pulp biji kakao paling tinggi adalah fermentasi pulp biji kakao menggunakan starter cair Inoka. Dengan demikian starter cair yang paling unggul adalah starter cair Inoka.

Korelasi antar parameter fermentasi pulp biji kakao dengan starter cair

Parameter yang diamati pada penelitian untuk memperoleh starter cair unggul yaitu laju pertumbuhan mikroba starter, tingkat kemampuan mikroba starter mengonsumsi gula reduksi, jumlah asam organik yang dihasilkan, tingkat penurunan pH serta peningkatan suhu fermentasi. Antar parameter yang diamati memiliki korelasi. Kuatnya interaksi antar parameter pengamatan dilihat dari nilai korelasi antar parameter. Semakin besar nilai korelasi (r) menunjukkan semakin kuat hubungan antar parameter yang diamati. Sedangkan nilai probabilitas kesalahan (P) adalah nilai yang menunjukkan peluang kesalahan data korelasi yang diamati. Tabel 3 menunjukkan nilai korelasi antar parameter yang diamati dan nilai probabilitas atau peluang kesalahan data korelasi (P). Tabel 3 diatas menunjukkan korelasi antar parameter, menunjukkan korelasi yang erat hingga sangat erat. Nilai korelasi menunjukkan diatas 0,61. Semua parameter yang diamati pada parameter pemilihan starter cair unggul memiliki korelasi yang kuat dengan nilai korelasi $> 0.5 - 0.75$, hingga sangat kuat dengan nilai korelasi $> 0.75 - 0.99$ 28.



Keterangan/Remarks: Angka diikuti huruf kecil yang sama pada perlakuan jenis starter pada suhu sama, atau huruf kapital sama pada perlakuan starter sama pada suhu berbeda tidak berbeda nyata berdasar uji DMRT 5%/ Numbers followed by the same lowercase letters on the treatment of starter types at the same temperature, or the same capital letters at the same starter treatment at different temperatures were not significantly different based on the 5% DMRT test.

Gambar 3. Diagram menunjukkan hasil uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pengaruh jenis starter cair dan suhu fermentasi terhadap kenaikan suhu pada fermentasi pulp biji kakao

Figure 3. Diagram of the results of Duncan's Multiple Range Test (DMRT) test of the effect of liquid starter type and fermentation temperature on temperature increasing in fermentation of cocoa bean pulp

Tabel 3. Nilai korelasi (r) antar parameter penelitian yang diamati dan nilai probabilitas (P)

Table 3. Correlation values (r) between observed research parameters and probability values (P)

	Laju Pertumbuhan/ Growth rate	Konsumsi gula reduksi/ Consumption of reducing sugars	Peningkatan Asam Total/ Increase of total acid	Penurunan pH/ Decrease of pH	Peningkatan suhu/ Increase of temperature
Laju pertumbuhan/ Growth rate	1,0000	0,6912 (0,0002)	r=0,6190 P=0,0013	r=0,6526 P=0,0005	r=0,7553 P=0,0001
Konsumsi gula reduksi/ Consumption of reducing sugars	r= 0,6193 P=0,0002	1,0000	r=0,7838 P=0,0001	r=0,9591 P=0,0001	r=0,9083 P=0,0001
Peningkatan Asam Total/ Increase of total acid	r= 0,6190 P= 0,0013	r = 0,7838 P= 0,0001	1,0000	r=0,7966 P=0,0001	r=0,8434 P=0,0001
Penurunan pH/ Decrease of pH	r = 0,6526 P= 0,0005	r=0,9591 P=0,0001	r=0,7966 P=0,0001	1,0000	r=0,8956 P=0,0001
Peningkatan suhu/ Increase of temperature	r = 0,7553 P = 0,0001	r=0,9083 P=0,0001	r=0,8434 P=0,0001	r=0,8956 P=0,0001	1,0000

Nilai probabilitas (P) adalah peluang kesalahan data korelasi. Pada tabel 3 menunjukkan nilai probabilitas atau peluang kesalahan data rendah yaitu lebih kecil dari 5%, berarti nilai peluang kesalahan data korelasi dapat ditolerir atau diterima.

KESIMPULAN

Dari uraian pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Starter cair unggul untuk fermentasi biji kakao adalah starter cair Inoka.
2. Karakteristik starter cair Inoka pada suhu 30oC yaitu nilai laju pertumbuhan yang paling besar diantara starter lainnya yaitu sebesar 0,470 jam⁻¹, mampu menggunakan substrat gula reduksi sebesar 12 % (b/v), menghasilkan peningkatan konsentrasi asam total sebesar 7% (v/v) , serta mampu menurunkan pH sebesar 5,2 , dan mampu meningkatkan suhu fermentasi sebesar 1,563oC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian atas dukungan pembiayaan penelitian hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ho VTT, Zhao J, Fleet G. 2014. Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*. 174: 72-87..
2. Pereira GVM, Magalhães KT, Almeida EG, Coelho IS, Schwan RF. 2013. Spontaneous cocoa bean fermentation carried out in a novel-design stainless steel tank: Influence on the dynamics of microbial populations and physical-chemical properties. *International Journal of Food Microbiology*. 161: 121-133.
3. Papalexandratou Z, Camu N, Falony G, De Vuyst L. 2011. Comparison of the bacterial species diversity of spontaneous cocoa bean fermentations carried out at selected farms in Ivory Coast and Brazil. *Food Microbiology*. 28: 964-973.
4. Gálvez SL, Loiseau G, Paredes JL, Barel M, Guiraud JP. 2007. Study on the microflora and biochemistry of cocoa fermentation in the Dominican Republic. Short communication. *International Journal of Food Microbiology*. 114:124-130.
5. Nursalam. 2005. Mutu biji kakao Lindak pada berbagai lama waktu fermentasi. *J. Agrisain*. 6(2): 73-80.
6. Ardhana MM, Fleet GH. 2003. The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*. 174: 72-87.
7. Santos TF, Santana LKA, Santos ACF, Silva GS, Romano CC, Dias JTC, Rezende RP. 2011. Lactic acid bacteria dynamics during spontaneous fermentation of cocoa beans verified by culture-independent denaturing gradient gel electrophoresis. *Genetics and Molecular Research* 10 (4): 2702-2709.
8. Guehi ST, Dabonne S, Ban-Koffi L, Kedjebo DK, Zahoui GIB. 2010. Effect of Turning Beans and Fermentation Method on the Acidity and Physical Quality of Raw Cocoa Beans. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2(3): 163-171.
9. Holzapfel WH. 2002. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. *International Journal of Food Microbiology*. 75: 197-212.
10. Nielsen DS, Teniola OD, Ban-Koffi L, Owusu M, Andersson TS, Holzapfel WH. 2007. The microbiology of Ghanaian cocoa fermentations analysed using culture-dependent and culture-independent methods. *International Journal of Food Microbiology*. 114: 168-186.
11. Copetti MV, Iamanaka BT, Frisvad JC, Pereira JL, Taniwaki MH. 2011. Mycobiota of cocoa: From farm to chocolate. *Food Microbiology*. 28:1499-1504.
12. Copetti MV, Iamanaka BT, Mororó RC, Pereira JL, Frisvad JC, Taniwaki MH. 2012. The effect of cocoa fermentation and weak organic acids on growth and ochratoxin A production by *Aspergillus* species. *International Journal of Food Microbiology*. 155:158-164.
13. Copetti MV, Iamanaka BT, Pitt JI, Taniwaki MH. 2014. Fungi and mycotoxins in cocoa: From farm to chocolate. Review. *International Journal of Food Microbiology*. 178: 13-20.
14. Sánchez-Hervás M, Gil JV, Bisbal F, Ramón D, Martínez-Culebras PV. 2008. Mycobiota and mycotoxin producing fungi from cocoa beans. *International Journal of Food Microbiology* 125:336-340.
15. Sandhya MVS, Yallappa BS, Varadaraj MC, Puranaik J, Rao LJ, Janardhan P, Murthy PS. 2016. Inoculum of the starter consortia and interactive metabolic process enhancing quality of cocoa bean (*Theobroma cacao*) fermentation. *Food Science and Technology* 65: 731-738.
16. Visintin S, Alessandria V, Valente A, Dolci P, Coccolin L. 2016. Molecular identification and physiological characterization of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria isolated from heap and box cocoa bean fermentations in West Africa. *International Journal of Food Microbiology*. 216: 69-78.
17. Pereira GFM, Soccol FT, Soccol CR. 2016. Current state of research on cocoa and coffee fermentations. *Current Opinion in Food Science*. 5: 50-57.

18. Kadow D, Niemenak N, Rohn S, Lieberei R. 2015. Fermentation-like incubation of cocoa seeds-(*Theobroma cacao* L.) Reconstruction and guidance of the fermentation process. Research note. LWT - Food Science and Technology. 62: 357-361.
19. Ramos CL, Dias DR, Miguel MGCP, Schwana RF. 2014. Impact of different cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) and *S. cerevisiae* UFLA CA11 inoculation on microbial communities and volatile compounds of cocoa fermentation. Food Research International. 64: 908-918.
20. Menezes AGT, Batista NN, Ramos CL, Silva ARA, Efraim P, Pinheiro ACM, Schwan RF. 2016. Investigation of chocolate produced from four different Brazilian varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) inoculated with *Saccharomyces cerevisiae*. Food Research International. 81: 83-90.
21. Illeghems K, Pelicaen R, Vuyst LD, Weckx S. 2016. Assessment of the contribution of cocoa-derived strains of *Acetobacter ghanensis* and *Acetobacter senegalensis* to the cocoa bean fermentation process through a genomic approach. Food Microbiology. 58: 68-78.
22. Sengun IY, Karabiyikli S. 2011. Importance of acetic acid bacteria in food industry. Review. Food Control. 22: 647-656.
23. Craack M, Keul H, Eskildsen CE, Petersen MA, Saerens S, Blennow A, Skovmand-Larsen M, Swiegers JH, Petersen GB, Heimdal H, Nielsen DS. 2014. Impact of starter cultures and fermentation techniques on the volatile aroma and sensory profile of chocolate. Food Research International. 63: 306-316.
24. Rodriguez-Campos J, Escalona-Buendía HB, Contreras-Ramos SM, Orozco-Avila I, Jaramillo-Flores E, Lugo-Cervantes E. 2012. Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. Food Chemistry. 132: 277-288.
25. Senayake M, Jansz ER, Buckle KA. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. J. Sci. Food agric.. 74: 42-48.
26. Fardiaz, S. 1989. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Pangan. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
27. Miller GL. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination Reducting Sugar. Anal. Chem. 31:426-426.
28. Sarwono, J. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan