

PENGARUH JENIS FERMENTOR TERHADAP MUTU BIJI KAKAO KERING NON FERMENTASI

Ira Mulyawanti, Tatang Hidayat, dan Risfaheri

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jl Tentara Pelajar No 12 Bogor
Email: iramulyawanti@yahoo.com*

(Diterima 03-05-2018, Disetujui 24-09-2018)

ABSTRAK

Peningkatan mutu biji kakao non fermentasi dilakukan melalui proses fermentasi menggunakan starter kering dan dua jenis fermentor, yaitu tipe kotak dan rotary drum. Biji kakao non fermentasi dibasahkan terlebih dahulu dengan direndam dalam air selama 2-3 jam, kemudian ditiriskan dan ditambah substrat yang terdiri atas fruktosa:glukosa:sukrosa:asam sitrat dengan perbandingan 62 : 41 : 32 : 22,5, ditambahkan starter kering sebanyak 3% kemudian difermentasi menggunakan kotak fermentasi, fermentor rotary drum dengan pengaturan suhu dan tanpa pengaturan suhu. Penggunaan kotak fermentasi dan *fermentor rotary drum* menunjukkan adanya proses fermentasi yang diindikasikan dengan terjadinya peningkatan suhu dan pH. Namun, pembentukan flavor hasil fermentasi menggunakan kotak fermentasi menunjukkan hasil yang terbaik. Kandungan asam asetat diperoleh paling tinggi melalui proses fermentasi menggunakan kotak fermentasi, begitu pula komponen volatil flavor penting lainnya seperti senyawa alkohol lebih banyak ditemui dari proses fermentasi menggunakan kotak fermentasi dibandingkan dengan *rotary drum*.

Kata kunci : kakao, fermentasi, fermentor

ABSTRACT

Ira Mulyawanti, Tatang Hidayat, and Risfaheri. 2018. The Influences of Fermentor Type on Quality of Dried Unfermented Cocoa Bean

Increasing the quality of unfermented cocoa beans was done through fermentation process using dry starter and fermenter type rotary drum. Non fermented cocoa beans are soaked in water for 2-3 hours, then drained and added substrate consisting of fructose: glucose: sucrose: citric acid with ratio of 62: 41: 32: 22,5, added 3% dried starter then fermented using fermentation box, rotary drum fermenter 41°C and without temperature setting. The use of fermentation box and fermenter rotary drum indicate the existence of fermentation process indicated by the increase of temperature and pH. However, the formation of fermented flavor using fermentation box showed the best results. Acetic acid content was obtained by fermentation process using fermentation box, as well as other important volatile flavor components such as alcohol compounds found mostly from fermentation process using fermentation box compared with rotary drum.

Keywords : cocoa, fermentation, fermenter

PENDAHULUAN

Flavor merupakan konstituen paling penting dalam produk berbasis kakao. Fermentasi merupakan faktor utama yang berpengaruh dalam pembentukan *flavor* tersebut¹. Selama proses fermentasi terjadi perombakan komponen gula menjadi asam-asam organik dan komponen volatil yang melibatkan peran mikrobia. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa fermentasi kakao melibatkan khamir, bakteri asam laktat, dan bakteri asam asetat^{2,3}. Biji kakao yang tidak difermentasi atau difermentasi tidak sempurna memiliki rasa pahit dan sepat yang berlebihan serta tidak dapat menghasilkan *flavor* khas cokelat pada saat proses *roasting*^{4,5}.

Persyaratan mutu biji kakao kering menjelaskan bahwa biji kakao merupakan biji tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) yang berasal dari biji kakao mulia atau kakao lindak yang telah melalui proses fermentasi, dicuci atau tanpa dicuci, dikeringkan dan dibersihkan⁶. Permasalahan komoditas kakao di Indonesia yaitu sebagian besar biji kakao kering diproses tanpa melalui fermentasi. Biji kakao kering (non-fermentasi) yang dihasilkan bermutu rendah sehingga tidak dapat bersaing di pasar internasional. Berbagai kendala yang menyebabkan petani enggan melakukan fermentasi biji kakao, yaitu proses fermentasi memerlukan fasilitas/sarana tambahan, waktu proses lebih lama, dan harga kakao fermentasi tidak berbeda signifikan dengan kakao non-fermentasi serta sebagian besar petani ingin segera menjual biji kakao hasil panen.

Perbaikan mutu biji kakao kering non-fermentasi dapat dilakukan melalui penanganan ulang biji kakao kering melalui proses fermentasi. Namun hilangnya sebagian besar kandungan air dan substrat (*pulp*) pada biji kakao kering non-fermentasi menyebabkan sulitnya proses fermentasi pada penanganan ulang biji kakao tersebut. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa biji kakao kering non-fermentasi dapat diperbaiki mutunya dengan proses fermentasi menggunakan starter dan tambahan nutrisi eksternal sebagai substrat^{7,8}. Komponen senyawa *flavor* pada biji kakao kering meningkat secara nyata khususnya pada komponen 2,3,5,6 tetrametilpirazin, asam butanoat, 2-metoksi fenol, dan δ -oktallakton⁷.

Penggunaan jenis fermentor pada proses fermentasi biji kakao belum banyak diteliti. Selama ini, proses fermentasi biji kakao dilakukan secara spontan dalam kotak fermentasi yang dibuat dari kayu. Penelitian proses fermentasi biji kakao dengan menggunakan fermentor berbentuk *conical tank* yang terbuat dari *stainless steel*⁹. Pada penelitian ini, dilakukan kajian proses fermentasi biji kakao kering non-fermentasi menggunakan jenis

fermentor rotary drum dibandingkan dengan kotak fermentasi yang dibuat dari kayu untuk memperbaiki mutunya. Penggunaan fermentor jenis *rotary drum* selain mempermudah proses pembalikan biji kakao, juga diharapkan diperoleh suhu fermentasi yang lebih seragam sehingga proses fermentasi menjadi lebih sempurna.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah biji kakao kering non-fermentasi dan starter kering mikroba yang merupakan campuran *S. cerevisiae*, *L. plantarum*, *A. aceti* dengan bahan pengisi tepung beras. Peralatan yang digunakan adalah fermentor berbentuk kotak dan *rotary drum* yang dibuat dari kayu. Kotak fermentasi berukuran 25x25x24 cm yang dilengkapi lubang-lubang pada bagian dindingnya. *Rotary drum* berbentuk silinder berlubang dengan ukuran silinder 80 x 65 cm. *Rotary drum* dilengkapi unit pemanas untuk kontrol suhu dan penggerak untuk memutar silinder dengan kecepatan putaran ± 25 rpm secara otomatis dalam proses pembalikan bahan.

Metode Penelitian

Proses fermentasi menggunakan starter kering dan fermentor jenis kotak dan *rotary drum*. Biji kakao kering non-fermentasi direndam dalam air selama 2 - 3 jam, kemudian ditiriskan. Nutrien eksternal sebagai substrat pengganti *pulp* yang terdiri atas fruktosa, glukosa, sukrosa, asam sitrat dengan perbandingan 62 : 41 : 32 : 22,5 ditambahkan secara merata ke dalam biji kakao non-fermentasi yang telah direndam dalam air. Starter kering sebanyak 3% ditambahkan secara merata ke dalam biji kakao yang sudah diberi nutrisi eksternal.

Fermentasi biji kakao kering non-fermentasi dilakukan dalam: a) kotak fermentasi; b) *rotary drum*; dan c) *rotary drum* (suhu 41°C). Percobaan dilakukan dengan dua kali ulangan. Selama proses fermentasi yang dilakukan selama 7 hari, kotak fermentasi dan *rotary drum* disimpan pada tempat yang terlindung dari cahaya matahari langsung dan pembalikan biji kakao dilakukan setelah hari ke-2 fermentasi dan pembalikan selanjutnya dilakukan setiap 24 jam. Setelah proses fermentasi selesai, biji kakao dicuci, ditiriskan dan dikeringkan. Pengeringan dilakukan dengan dijemur sampai kadar air di bawah 8%.

Pengamatan yang dilakukan selama proses fermentasi 7 hari meliputi kondisi fermentasi (suhu dan pH) dan produk metabolit (alkohol dan asam-asam organik) serta indeks fermentasi untuk mengetahui profil dari setiap jenis fermentor yang digunakan. Metode

analisis alkohol menggunakan metode kromatografi gas, asam-asam organik HPLC, dan indeks fermentasi menggunakan spektrofotometer¹⁰. Pengamatan mutu biji kakao hasil penanganan ulang dilakukan mulai hari ke-3 sampai dengan hari ke-7 proses fermentasi dengan mengambil sampel dari 3 titik. Pengamatan mutu biji kakao tersebut meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, FFA, dan flavor. Kadar air dianalisis dengan metode gravimetri dan kadar lemak dengan metode soxhlet¹¹. Analisis senyawa flavor dengan GC-MS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil perubahan suhu dan pH

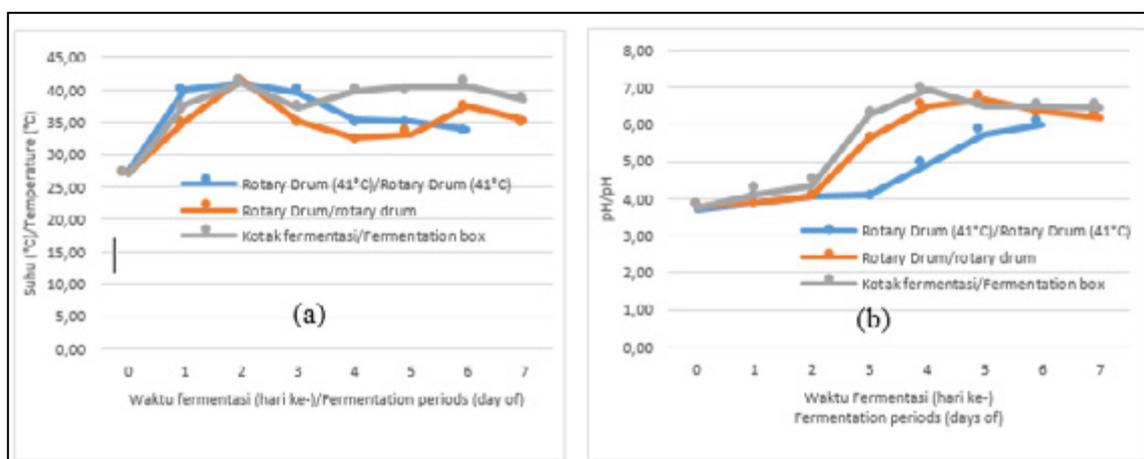
Suhu tertinggi yang dicapai pada fermentasi biji kakao adalah 41°C dan terjadi pada fermentasi hari ke-2 untuk semua perlakuan (Gambar 1-a). Peningkatan suhu fermentasi terjadi akibat aktivitas mikrobia yang berperan dalam fermentasi kakao, yaitu adanya aktivitas perombakan gula menjadi etanol secara anaerob, yang kemudian dilanjutkan dengan pembentukan asam laktat dan asam asetat¹². Pengaturan suhu fermentasi pada fermentor *rotary drum* menyebabkan terjadinya penurunan suhu yang paling tinggi pada fermentasi hari ke-6 dibandingkan dengan fermentasi menggunakan fermentor *rotary drum* tanpa pengaturan suhu dan kotak fermentasi. Hal ini dapat disebabkan adanya pengaturan suhu meningkatkan aktivitas mikrobia di awal fermentasi, namun keberlangsungan proses perombakan komponen-komponen organik pada biji kakao berlangsung lebih singkat pula. Profil perubahan suhu selama proses fermentasi biji kakao kering (non-fermentasi) tersebut memiliki pola pada fermentasi biji kakao segar yang mengkombinasikan penggunaan ragi

dan perbedaan jumlah lubang pada kotak fermentasi¹³. Suhu yang dicapai meningkat pada fermentasi hari ke-2 dan menurun pada hari ke-3 fermentasi¹³.

Nilai pH biji kakao relatif rendah sampai dengan hari ke-2 fermentasi, kecuali pada fermentor *rotary drum* 41°C yang nilai pH cukup rendah sampai dengan hari ke-3. Perubahan nilai pH biji kakao pada kotak fermentasi dan *rotary drum* memiliki pola sama yang mengalami peningkatan pH yang cukup tinggi mulai hari ke-3, kemudian menurun landai mulai hari ke-5. Pola perubahan nilai pH pada fermentor *rotary drum* 41°C sedikit berbeda, peningkatan nilai pH yang cukup tajam terjadi mulai hari ke-4 dan terus meningkat hingga hari ke-6 (Gambar 1-b). Perubahan nilai pH biji kakao tersebut, disebabkan oleh aktivitas perombakan gula menjadi alkohol dan asam-asam organik selama proses fermentasi. Rendahnya nilai pH biasanya berhubungan dengan tingkat keasaman yang tinggi pada biji kakao¹⁴. Tingkat keasaman akan berpengaruh terhadap karakteristik flavor biji kakao yang dihasilkan.

Profil perubahan produk metabolit

Produk metabolik yang diamati dalam fermentasi biji kakao adalah alkohol, asam sitrat, asam asetat, dan asam laktat. Metabolit-metabolit tersebut merupakan produk metabolik penting yang umum dihasilkan oleh aktivitas mikrobia selama proses fermentasi biji kakao, seperti *yeast*, bakteri asam asetat, dan bakteri asam laktat. Selama proses fermentasi aktivitas mikrobia memproduksi alkohol, asam-asam organik dengan membebaskan panas (reaksi eksotermal). Adanya reaksi eksotermal ini menyebabkan difusi produk-produk metabolit ke dalam biji kakao, yang selanjutnya terjadi reaksi enzimatik pembentukan *flavor* dan warna sehingga fermentasi menentukan mutu produk akhir. Terdapat



Gambar 1. Perubahan suhu (a) dan pH (b) selama proses fermentasi
Figure 1. Temperature and pH change during fermentation process

dua fase penting selama fermentasi biji kakao, yaitu : 1) aktivitas *yeast* yang mengubah gula menjadi alkohol selama fermentasi anaerobik pada awal fermentasi, dan 2) aktivitas bakteri asam asetat yang mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat dan selanjutnya menjadi CO₂ dan H₂O¹⁵.

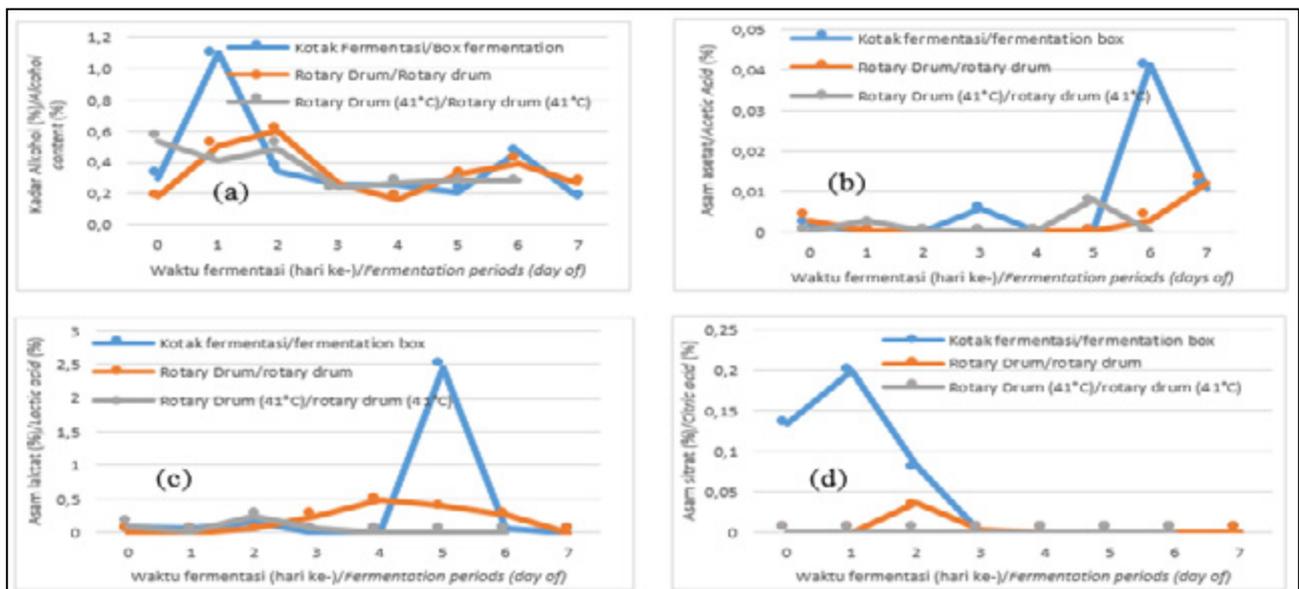
Berdasarkan Gambar 2-a, pembentukan alkohol tertinggi terjadi pada proses fermentasi kakao dalam kotak fermentasi, yaitu pada hari ke-1, sedangkan pada proses fermentasi dalam fermentor *rotary drum* kandungan alkohol tertinggi terjadi pada hari ke-2. Hal ini karena pada awal fermentasi terjadi perombakan gula menjadi alkohol oleh khamir^{16,17}. Tingginya kandungan alkohol pada fermentasi dalam kotak fermentasi menunjukkan lebih cepatnya proses fermentasi alkoholik pada kondisi tersebut dibandingkan dengan kondisi lainnya. Disamping itu, hasil juga menunjukkan bahwa oksidasi lanjut alkohol oleh bakteri asam laktat menjadi asam laktat terjadi lebih cepat pada proses fermentasi dalam kotak fermentasi, yaitu ditunjukkan dengan tajamnya penurunan alkohol pada hari berikutnya (hari ke-2).

Perubahan asam-asam organik terjadi selama proses fermentasi. Fermentasi dalam kotak menunjukkan peningkatan asam asetat yang sangat tajam pada hari ke-6, sementara untuk fermentasi dalam *rotary drum* dengan pengaturan suhu peningkatan asam asetat terjadi pada hari ke-5 dan hari ke-7 pada *rotary drum* tanpa pengaturan suhu. Berbeda dengan asam asetat, asam sitrat ditemui pada waktu awal fermentasi, namun pada perlakuan fermentasi dalam *rotary drum* dengan

pengaturan suhu asam sitrat tidak ditemui dari awal hingga akhir. Peningkatan asam asetat serta laktat dan penurunan asam sitrat selama proses fermentasi ditemui juga pada fermentasi biji kakao kultivar Forastero dan Trinitario di Jawa Timur, Indonesia¹⁸. Tidak ditemuinya asam sitrat pada fermentasi menggunakan *rotary drum* dengan pengaturan suhu menunjukkan kondisi fermentasi tidak sempurna. Hal ini dapat berhubungan dengan tidak sesuainya kondisi dalam *rotary drum* dan suhu dengan kebutuhan optimal mikroba yang berperan dalam proses fermentasi, yaitu khamir, bakteri asam laktat, dan bakteri asam asetat. Rendahnya kualitas proses fermentasi dengan menggunakan fermentor *rotary drum* juga ditunjukkan dengan rendahnya produksi asam asetat setelah proses fermentasi dibandingkan dengan penggunaan kotak fermentasi. Kandungan asam organik pada biji kakao seperti tampak pada Gambar 3.

Index fermentasi

Indeks fermentasi merupakan parameter untuk mengukur derajat fermentasi biji kakao dengan cara mengukur perubahan warna dari ungu menjadi coklat. Pengamatan terhadap derajat fermentasi dalam bentuk index infermentasi menunjukkan terjadi proses fermentasi pada kotak fermentasi ataupun pada *rotary drum*. Index fermentasi biji kakao hasil fermentasi dalam kotak fermentasi menunjukkan nilai tertinggi, yaitu 1,15 sedangkan pada biji kakao dalam *rotary drum* 41°C index fermentasi menunjukkan nilai terendah, yaitu 1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa derajat fermentasi biji



Gambar 2. Pembentukan alkohol dan asam organik selama proses fermentasi kakao
 Figure 2. Alcohol and organic acids production during cocoa fermentation process

Pengaruh Jenis Fermentor Terhadap Mutu Biji Kakao Kering Non Fermentasi
(Ira Mulyawanti *et al*)

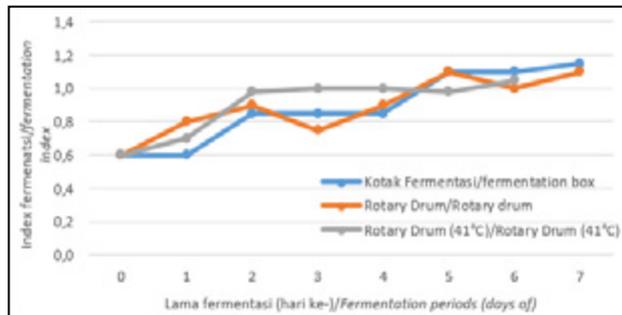
kakao di dalam kotak fermentasi lebih baik dibandingkan dengan penggunaan *rotary drum*.

Derajat fermentasi juga dapat terlihat melalui perubahan warna yang terjadi pada biji kakao secara visual melalui uji *cut test* (Gambar 4). Uji *cut test* cukup sederhana dan mudah diaplikasikan. Hasil uji *cut test* menunjukkan terjadinya perubahan warna biji kakao dari ungu menjadi coklat. Perubahan warna yang terjadi dipengaruhi oleh adanya peningkatan asam amino bebas sehingga menyebabkan penurunan pH biji kakao¹⁹. Dikaitkan dengan pH, hal tersebut menjelaskan bahwa terjadinya penurunan pH setelah proses fermentasi penuh pada biji kakao (Gambar 2b).

Komponen flavor

Hasil identifikasi senyawa flavor pada biji kakao

non-fermentasi hasil penanganan ulang dengan dua jenis fermentor menunjukkan bahwa fermentasi dengan menggunakan kotak dan *rotary drum* (tanpa suhu) menghasilkan komponen *flavor* yang lebih lengkap dibandingkan dengan *rotary drum* dengan suhu. Komponen *flavor* hasil fermentasi dengan kotak lebih banyak mengandung senyawa alkohol/fenol dan pirazin, sedangkan hasil fermentasi dengan *rotary drum* (tanpa suhu) lebih banyak mengandung asam dan ester. Salah satu komponen pembentuk *flavor* yang penting adalah asam asetat. Berdasarkan hasil identifikasi, fermentasi biji kakao dalam kotak fermentasi menghasilkan kandungan asam asetat yang tertinggi, yaitu 6,73%, sedangkan fermentasi menggunakan *rotary drum* dengan dan tanpa pengaturan suhu menunjukkan kandungan asam asetat masing-masing 0,97% dan 0,95% setelah



Gambar 3. *Index fermentasi biji kakao*
Figure 3. *Fermentation index of cocoa bean*



Gambar 4. Profil *index fermentasi kakao* menggunakan kotak fermentasi dan *rotary drum*
Figure 4. *Fermentation index profile of cocoa using fermentation box and rotary drum*

proses fermentasi. Hal ini sejalan dengan hasil analisis asam organik yang dilakukan, dimana penggunaan kotak fermentasi menunjukkan kandungan asam asetat tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Cara dan waktu proses fermentasi merupakan faktor yang krusial dalam pembentukan komponen prekursor *flavor* dan *flavor* kakao²⁰. Setelah proses fermentasi 72 jam terjadi peningkatan level asam organik seperti asam propionat, asam asetat, 2- asam 2-metilpropanoik, dan asam 3-metilbutanoik. Tidak sempurnanya pembentukan komponen *flavor* pada biji kakao yang difermentasi dalam *rotary drum* 41°C menunjukkan bahwa kondisi *rotary drum* dengan pengaturan suhu fermentasi 41°C tidak sesuai dalam mengoptimalkan aktivitas fermentasi oleh mikroba yang terlibat.

Mutu biji kakao

Hasil analisis proksimat yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan kadar FFA tersaji pada Tabel 13. Hasil kadar air masih memenuhi persyaratan SNI (< 7,5%) dibandingkan dengan kontrol (biji non fermentasi). Kadar abu biji kakao baik yang difermentasi menggunakan kotak maupun *rotary drum* lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Kadar abu yang tinggi menunjukkan indikasi adanya kandungan mineral yang tinggi. Kadar lemak biji kakao yang difermentasi dengan kotak dan *rotary drum* cenderung lebih tinggi dari kontrol, khususnya biji kakao yang difermentasi hari pada ke-5 sampai dengan ke-7, kecuali biji kakao yang difermentasi *rotary drum* menggunakan suhu yang memiliki kadar lemak lebih rendah dari kontrol. Hal ini kemungkinan terjadi akibat kehilangan lemak karena mencair oleh adanya panas. Semakin lama biji kakao difermentasi, maka kadar lemak

Tabel 1. Komponen flavor hasil fermentasi kakao

Table 1. Flavor compound as cocoa fermentation results

No.	Senyawa/	Konsentrasi (%)/Concentration (%)		
		Kotak Fermentasi/ <i>Fermentation box</i>	<i>Rotary Drum</i> / <i>Rotary drum</i>	<i>Rotary Drum</i> (41°C)/ <i>Rotary drum</i> (41°C)
1	Alkohol dan fenol			
	2 Metil propanol-1	-	0,05	-
	2,3 Butanediol	2,92	0,12	0,05
	3-metil butanol 1	0,20	-	-
	Pentanol 2	0,59	-	0,11
	Heksanol 2	0,40	-	-
	Heptanol 2	0,40	-	-
2	Asam			
	Asam asetat	6,73	0,95	0,97
	Asam palmitat	45,76	39,09	51,82
	Asam oleat	0,40	11,88	10,61
	Asam stearate	2,87	16,43	9,48
	Asam miristat	-	0,57	-
	Asam cis Vasenat	0,31	3,04	-
	Asam-9-(E) oktadekanoat	-	-	1,70
	Asam-9-(E) oktadesenoat	-	1,18	-
	Asam (Z, Z)-9,12 oktadekadienoat	-	1,55	3,54
	Asam isobutirat	-	-	0,04
3	Ester			
	Etil palmitat	0,36	0,96	-
	Metil palmitat	-	0,20	0,20
	Etil linoleat	-	0,76	-
	Etil heksadekanoat	-	-	0,66

Pengaruh Jenis Fermentor Terhadap Mutu Biji Kakao Kering Non Fermentasi
(Ira Mulyawanti *et al*)

Tabel 2. Analisis proksimat biji kakao non fermentasi
Table 2. Proximate analysis of non fermentation cocoa bean

Jenis fermentor/ <i>fermentor type</i>	Kadar air (%)/ <i>moisture content</i> (%)	Kadar abu (%)/ <i>ash content</i> (%)	Kadar protein (%)/protein <i>content</i> (%)	Kadar lemak (%)/ <i>fat content</i> (%)	FFA (%)/ FFA (%)
Biji non fermentasi (kontrol)/ <i>non fermentation bean (control)</i>	8,07	5,14	15,43	34,86	0,62a
Kotak fermentasi/ <i>fermentation box</i>					
Hari ke-3	5,35b	3,97c	15,96c	30,48cd	0,65a
Hari ke-4	6,44c	3,90a	14,40b	35,64e	0,88b
Hari ke-5	7,19d	4,08d	17,45d	36,69ef	1,55c
Hari ke-6	6,52c	4,32e	14,56b	30,67d	3,12e
Hari ke-7	4,71a	3,91b	15,44bc	37,25f	3,87ef
Rotary drum/ <i>rotary drum</i>					
Hari ke-3	4,95c	3,83a	16,57d	30,21cd	0,65b
Hari ke-4	6,13d	4,08c	16,47d	28,69C	0,71b
Hari ke-5	7,64e	3,95b	15,80bc	35,41e	1,31c
Hari ke-6	4,23b	4,16d	15,60b	38,58g	2,42d
Hari ke-7	4,13a	4,71e	13,53a	46,26h	5,81f
Rotary drum / <i>rotary drum</i> (41°C)					
Hari ke-3	6,40c	5,52f	13,88ab	25,43b	0,43a
Hari ke-4	5,56b	3,96b	13,46a	29,70c	0,35a
Hari ke-5	5,54b	3,61a	13,44a	22,48a	1,36c
Hari ke-6	6,82de	5,93f	14,33b	24,82b	0,47a

bebas (FFA) cenderung meningkat. Biji kakao yang difermentasi dengan kotak dan *rotary drum* tanpa suhu memiliki kadar FFA yang lebih dari kontrol. Kadar FFA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan biji kakao berbau tengik.

KESIMPULAN

Penanganan ulang biji kakao non fermentasi menggunakan fermentor tipe *rotary drum* belum dapat menghasilkan kondisi fermentasi dan karakteristik biji kakao terfermentasi yang optimal. Pembentukan

asam-asam organik dan flavor tidak sebaik pada proses fermentasi dalam kotak fermentasi. Perlu perbaikan konstruksi fermentor tipe *rotary drum* untuk penanganan ulang biji kakao non fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. John W, Noha K, Nina LB, Kouame JK. Aseptic artificial fermentation of cocoa beans can be fashioned to replicate the peptide profile of commercial cocoa bean fermentation. *Food Rest Int* 2016;1-9.
2. Ho VTT, Zhao J, Fleet G. Yeasts are essential for cocoa

- bean fermentation. *Int. J. of Food Microbiol.* 2014; 174 : 72 - 87.
3. Lefeber T, Papalexandratou Z, Gobert W, Camu N, De Vuyst L. On-farm implementation of a starter culture for improved cocoa bean fermentation and its influence on the flavour of chocolates produced. *Food Microbiology.* 2012; 30 : 379 - 392.
 4. Biehl B, Voigt J. Biochemistry of chocolate flavor precursors. *International Cocoa Conference, 1996. Salvador De Bahia, Brazil.*
 5. Puziah H, Jinap S, Sharifah KSM, Asbi A. Changes in free amino acids, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *J. of the Science of Food and Agriculture.* 1998; 78 : 535 - 542.
 6. Permetan. Persyaratan Mutu dan Pemasaran Biji Kakao. Permentan Nomor 67/Permentan/OT.140/5/2014. Kementerian Pertanian.
 7. Hernani, Haliza W. Optimasi komposisi nutrient untuk pembentukan komponen citarasa pada fermentasi biji kakao asalan. *J. Pascapanen.* 2013; 10 (2) : 74 - 82.
 8. Widiyanto D, Pramita AD, Wedhastri S. Perbaikan proses fermentasi biji kakao kering dengan penambahan tetes tebu, khamir, dan bakteri asam asetat. *J. Teknosain.* 2013; 3 (1) : 38 - 44.
 9. Pereira VM, Magalhães KT, Almeida EG, Coelho IS, Schwan RF. 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.* 2013; 161: 121 – 133.
 10. Sunoj S, Igathinathane C, Visvanathan, R. Nondestructive determination of cocoa bean quality using FT-NIR spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture.* 2016; 124 : 234 - 242.
 11. AOAC Analytical Method.
 12. Camu N, De Winter T, Addo SK, Takrama JS, Bernaert H, De Vuyst L. Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *J. Sci Food Agric.* 2008; 88 : 2288-2297.
 13. Kristanto WH, Thamrin, Erna M. Pengaruh penambahan ragi (*Saccaromyces cerevesiae*) dan jumlah lubang kotak pada fermentasi buah kakao (*Theobroma cacao l*) terhadap mutu biji kakao kering. *J. Pertanian Lampung.* 2017; 6 (1) : 1 - 10.
 14. Hii CL, Law C L, Cloke M, Suzannah S. Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. *Biosystem Engineering.* 2009; 102 : 153 - 161.
 15. Passos MFL, Lopez AS, Silva DO. Aeration and its influence on the microbial sequence in cocoa fermentation in Bahia, with emphasis on lactic acid bacteria. *J. of Food Sci.* 1984; 49 : 1470-1476.
 16. Ganeswari I, Khairul Bariah S, Amizi, MA, Sim KY. Effects of different fermentation approaches on the microbiological and physicochemical changes during cocoa bean fermentation. *Intl Food Res J.* 2015; 22 (1): 70 - 76.
 17. Gálvez SL, Loiseau G, Paredes JL, Barel M, Guiraud JP. Study on the microflora and biochemistry of cocoa fermentation in the Dominican Republic. *Int J of Food Microbiol.* 2007. 114 : 124 - 130.
 18. Ardhana M M and Graham H F. The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *Int J of Food Microbiol* 2003.86; 87– 9
 19. León-Roque N, Mohamed Abderrahim, Luis Nuñez-Alejos, Silvia M. Arribas, Luis Condezo-Hoyos. Prediction of fermentation index of cocoa beans (*Theobromacacao L.*) based on color measurement and artificial neural networks. *Talanta.* 2016. 16:31–39.
 20. Kongor J E, Michael Hinnah, Davy Van de Walle, Emmanuel Ohene Afoakwa, Pascal Boeckx, Koen Dewettinck. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile — A review. *Food Res Int.* 2016. 82: 44–52.
 21. Aculey, P. C., Snitkjaer, P., Owusu, M., Bassompierre, M., Takrama, J. S., Nørgaard, L., Nielsen, D. S. Ghanaian cocoa bean fermentation characterized by spectroscopic and chromatographic methods and chemometrics. *J of Food Sci.* 2010. 75(6):300–307.