

## Fermentasi Isothermal Biji Kakao (*Theobroma cacao. L*) dengan Sistem Aerasi Terkendali

Isothermal Fermentation of Cocoa Beans (*Theobroma cacao L*) with Controlled Aeration System

Sri Hartuti<sup>1\*</sup>, Nursigit Bintoro<sup>2</sup>, Joko Nugroho Wahyu Karyadi<sup>2</sup>, Yudi Pranoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Engineering, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee, No. 3 Kopelma Darussalam-Banda Aceh 23111, Indonesia

<sup>2</sup>Department of Agricultural and Biosystem Engineering, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Food and Agricultural Product Technology, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*Email: sri.hartuti@unsyiah.ac.id

Tanggal submisi: 11 Mei 2018; Tanggal penerimaan: 26 Oktober 2018

### ABSTRAK

Fermentasi biji kakao merupakan salah satu faktor penting yang harus dilakukan untuk menghasilkan coklat yang berkualitas tinggi. Keberhasilan proses tersebut, biasanya ditentukan dari perubahan suhu udara yang terjadi selama fermentasi serta adanya perubahan warna keping biji kakao dari ungu menjadi coklat setelah melalui proses fermentasi dan pengeringan. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan suhu fermentasi secara isothermal, serta kualitas biji kakao yang dihasilkan. Laju aerasi dan suhu udara selama fermentasi dikendalikan untuk memastikan terjadinya perubahan panas yang optimal selama proses fermentasi berlangsung. Parameter-parameter yang divariasikan selama pengujian adalah: lama pemeraman buah kakao sebelum fermentasi, serta laju aerasi dan suhu udara fermentor selama fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama proses fermentasi, terjadi peningkatan suhu biji kakao dari 25 °C sampai 63 °C. Hasil uji belah menunjukkan bahwa persentase biji kakao terfermentasi diperoleh 67 – 87%, persentase biji kakao terfermentasi sebagian yaitu 10 – 24 % dan biji kakao yang tidak terfermentasi sebesar 1 – 8 %, dan rata-rata rendemen biji kakao kering yang diperoleh sebesar 38,5%. Biji kakao hasil fermentasi yang dilakukan telah memenuhi standar mutu biji kakao Indonesia (SNI 2323:2008/ Amd 1:2010).

**Kata kunci:** Laju aerasi; fermentasi isothermal; kualitas biji kakao kering

### ABSTRACT

Cocoa bean fermentation is one of the important factors that must be done to produce high-quality chocolate. The success of the process is usually determined by changes in air temperature that occur during fermentation and the change in color of cocoa beans from purple to brown after going through a process of fermentation and drying. This study aims to determine the changes in the temperature of isothermal fermentation, as well as the quality of cocoa beans produced. Aeration rate and air temperature during fermentation are controlled to ensure optimal heat changes during the fermentation process. The parameters varied during the test were: the length of ripening of the cocoa fruit before fermentation, as well as the rate of aeration and the air temperature of the fermenter during fermentation. The results showed that during the fermentation process, there was an increase in

the temperature of the cocoa beans from 25 °C to 63 °C. The results of the split test showed that the percentage of fermented cocoa beans was 67 – 87%, the percentage of partially fermented cocoa beans was 10 – 24% and unfermented cocoa beans 1 – 8%, and the average yield of dried cocoa beans was 38,5%. The fermented cocoa beans that have been carried out have met the quality standards of Indonesian cocoa beans (SNI 2323: 2008 / Amd 1: 2010).

**Keywords:** Aeration rate; isothermal fermentation; quality of dried cocoa beans

## PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditi perkebunan yang terus dikembangkan di Indonesia hingga saat ini. Indonesia memproduksi sekitar 15% biji kakao dunia dan menempati urutan ketiga di dunia (Gu., et al., 2013). Namun besarnya jumlah produksi kakao Indonesia belum selaras dengan kualitas yang dihasilkan. Biji kakao Indonesia dianggap memiliki kualitas lebih rendah dari kualitas standar Afrika Barat (International Trade Centre, 2001). Demikian halnya disebutkan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, bahwa sekitar 70% produksi biji kakao Indonesia belum memenuhi Standar Nasional Indonesia, bahkan masih banyak tercampur kotoran, seperti sisa kulit, sampah, dan kerikil (Widyastutik dan Arianti, 2013). Padahal permintaan dunia terhadap biji kakao terus meningkat hingga 4,4% dengan minat terbesar untuk biji kakao terfermentasi yang berkualitas tinggi setiap tahunnya (ICCO, 2014; Evina et al., 2016).

Kualitas biji kakao di Indonesia memiliki citarasa yang setara dengan kakao Ghana, apabila difermentasi dengan baik. Selain itu, kakao Indonesia tidak mudah meleleh sehingga cocok apabila dipakai untuk blending (Sekretariat Jenderal Departemen Perindustrian, 2007; Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016). Selanjutnya Dirjen Perkebunan dan Kementan (2016) menunjukkan adanya data volume impor kakao pada tahun 2014 dan 2015 yaitu sebesar 139.990 Ton dan 84.438 Ton. Impor kakao tersebut sebagian besar dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negeri terhadap kakao berkualitas tinggi yang tidak dapat dipenuhi oleh produk dalam negeri. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas biji kakao Indonesia masih harus terus ditingkatkan. Peningkatan kualitas biji kakao harus dimulai dari proses budidaya sampai dengan penanganan pascapanen, terutama pada proses fermentasi kakao, karena tanpa fermentasi biji kakao akan memiliki citarasa cokelat yang rendah serta lebih dominan pahit dan sepat, sehingga tidak disukai konsumen (Misnawi, 2008).

Fermentasi biji kakao bertujuan untuk membentuk citarasa khas cokelat, mengubah warna keping biji kakao dari ungu menjadi coklat dan berongga, serta

mengurangi rasa pahit dan sepat sehingga menghasilkan biji kakao dengan mutu dan aroma yang baik (Permentan No. 51, Tahun 2012). Keberhasilan proses fermentasi umumnya dipengaruhi oleh alat atau cara fermentasi, serta berbagai faktor lainnya, yaitu: perubahan suhu udara, pengadukan atau pembalikan biji kakao untuk menciptakan aerasi selama fermentasi, pemeraman buah kakao, serta jumlah biji kakao yang difermentasi. Peningkatan suhu udara fermentasi akan terjadi secara optimal apabila kebutuhan udara fermentasi terpenuhi dengan baik. Diketahui bahwa selama proses fermentasi umumnya terjadi perubahan suhu antara 25–52 °C (Kadow, Niemenak, Rohn, & Lieberei, 2015). Pada awal fermentasi terjadi perubahan suhu antara 25–45 °C, dan terus meningkat hingga 45 °C – 55 °C pada hari ketiga fermentasi (Mulato, dkk., 2005; Davit JM., dkk., 2013). Meningkatnya suhu udara fermentasi mengakibatkan kebutuhan aerasi juga akan meningkat, terutama pada 4 hari terakhir fermentasi. Selanjutnya, beberapa hasil penelitian juga menyebutkan bahwa pemeraman atau penyimpanan buah kakao setelah panen akan mengurangi jumlah pulp kakao, mengurangi kandungan kadar air, dan dapat meningkatkan aerasi mikro di dalam pulp, serta memberikan banyak keuntungan untuk proses fermentasi (Sanagi et al., 1997; Nazaruddin et al., 2006; Sulaiman & Yang, 2015). Selain itu, kematangan buah kakao menjadi lebih seragam sehingga dapat menghasilkan mutu biji kakao yang baik (Pato et al., 2003; Afoakwa, et al, 2012). Selanjutnya (Afoakwa et al, 2012); Afoakwa et al., 2013) proteins and free fatty acids juga menyebutkan bahwa peningkatan waktu pemeraman buah dan lama fermentasi menyebabkan penurunan keasaman, gula yang dapat difermentasi dan beberapa mineral dalam *pulp* coklat selama fermentasi serta memberikan pengaruh yang signifikan pada fermentasi dan kenampakan biji.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemeraman buah kakao, serta aerasi udara dan suhu udara fermentor selama fermentasi terhadap suhu udara fermentasi, kadar air, susut bobot, rendemen, serta kualitas biji kakao hasil fermentasi yang mengacu pada standar nasional biji kakao, yaitu SNI 2323-2008/ Amd 1: 2010. (BSN, 2008; BSN, 2010)

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah buah kakao segar yang diperoleh dari kebun petani di Dusun Tanen, Kelurahan Hargobinangun, Kecamatan Pakem, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Sampel kakao dengan tingkat kematangan yang seragam yaitu ketika buah berwarna kuning pada alur buah atau punggung alur buah dan berwarna kuning pada seluruh permukaan buah.

### Peralatan Penelitian

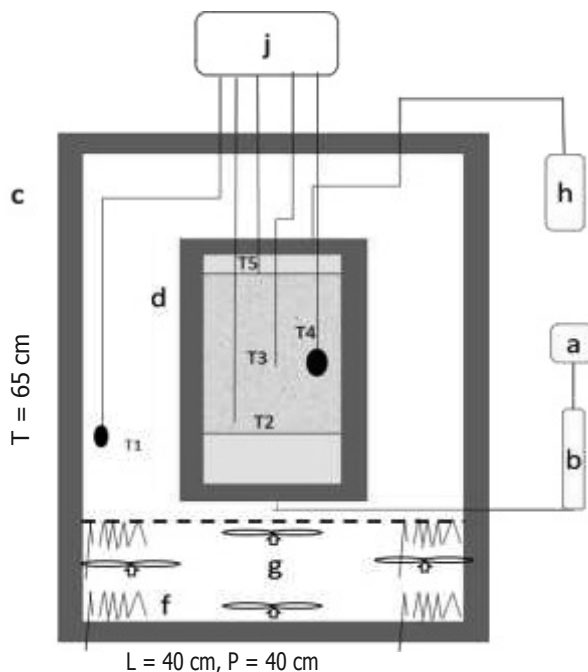
Peralatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain: fermentor yang dilengkapi dengan sistem pengendalian dan pengontrolan suhu udara secara isothermal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, pompa udara, serta *airflow meter* KOJIMA model RK1150, timbangan analitik, oven, pengering kabinet, dan berbagai peralatan penelitian lainnya yang terdapat pada Laboratorium Teknik Pangan dan Pascapanen, Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

### Prinsip Kerja Fermentor dengan Sistem Isothermal

Fermentasi kakao dilakukan menggunakan tabung reaktor yang terbuat dari bahan *acrylic* yang diletakkan di dalam sebuah box sebagai ruang fermentor yang

dikontrol suhu udara dan laju aerasinya selama proses fermentasi. Pengendalian dan perekaman suhu udara fermentasi biji kakao dilakukan dengan menggunakan mikro kontroller dan data logger yang telah dirancang khusus untuk mencatat dan merekam data suhu udara selama fermentasi biji kakao.

Fermentor isothermal adalah sebuah sistem yang dirancang untuk memberikan panas tambahan selama proses fermentasi. Panas yang diberikan bertujuan untuk menciptakan suhu udara ruang fermentor yang optimum untuk fermentasi biji kakao. Panas tersebut diperoleh karena adanya aliran udara panas dari lampu pijar di luar tabung reaktor. Kemudian kipas digunakan untuk membantu menjaga dan menyalurkan panas ke setiap sisi fermentor, sesuai dengan  $T_{\text{setting}}$  yang telah ditentukan. Fermentasi secara isothermal yang dimaksud dalam penelitian ini bertujuan untuk memberikan suhu udara secara konstan sepanjang proses fermentasi berlangsung (Saludes, et al., 2007)37, and 55 \u00b0C. Preliminary self-heating was carried out to naturally activated indigenous compost microorganisms to attain thermophilic condition. Microbial activity during composting was monitored by measuring oxygen uptake rate (OUR, dengan harapan proses fermentasi akan berlangsung lebih baik dan terjadi perubahan suhu udara biji kakao sesuai kebutuhan proses fermentasi. Sedangkan untuk laju aerasi udara diatur dengan menggunakan airflow meter. Rangkaian alat fermentasi biji kakao yang digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan gambar:

- a. Pompa udara
- b. Airflow meter
- c. *Adiabatic chamber*
- d. Tabung reaktor biji kakao (P= 25 cm, dan d = 11 cm)
- e. Biji kakao
- f. Lampu pijar (pemanas)
- g. Kipas
- h. Aliran udara keluar
- j. Data *logger* suhu udara di dalam dan di luar tabung reaktor
- T1 Suhu udara luar tabung reaktor ( $T_{out}$ )
- T2 Suhu udara dalam tabung pada dasar tumpukkan biji kakao ( $T_{in}$ , bawah)
- T3 Suhu udara pada tengah tumpukkan biji kakao ( $T_{in}$  tengah)
- T4 Suhu udara dalam biji kakao
- T5 Suhu udara pada bagian atas tumpukkan biji kakao ( $T_{in}$ , atas)

Gambar 1. Skema peralatan fermentor biji kakao

## Proses Fermentasi Dan Pengeringan Biji Kakao

Buah kakao matang yang telah dipanen, selanjutnya diperam dengan cara meletakkan buah kakao ditempat terbuka yang bersih dan bebas hama. Kemudian dilanjutkan dengan pembelahan buah kakao menggunakan pisau tajam dengan hati-hati agar biji kakao tidak terluka, penyortiran, dan pemisahan biji kakao dari komponen buah lainnya, yaitu kulit, plasenta dan biji yang kurang baik. Fermentasi biji kakao dilakukan selama 5 hari fermentasi, dengan perlakuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Pada penelitian ini, laju aerasi dan pengendalian suhu udara diberikan sepanjang fermentasi biji kakao setelah 24 jam fermentasi secara konstan. Setelah proses fermentasi selesai dilakukan, biji kakao dikeringkan dengan menggunakan pengering kabinet pada suhu 50 °C selama 24 jam.

## Pengukuran Data Penelitian

### Kadar air (%) (SNI biji kakao 2323:2008)

Persentase kadar air dihitung pada biji kakao setelah pemeraman, setelah fermentasi dan setelah pengeringan, menggunakan metode oven, dimana sampel yang telah dipecahkan dimasukkan ke dalam cawan yang telah ditetapkan bobotnya. Kemudian cawan beserta isinya ditempatkan di dalam oven pada suhu  $103 \pm 2$  °C dalam keadaan terbuka selama 16 jam, dan tidak sesekali membuka oven. Setelah 16 jam, cawan yang ditutup menggunakan penutupnya dikeluarkan segera, kemudian dimasukkan ke dalam desikator, ditimbang, kemudian dilakukan penetapan. Kadar air dinyatakan dalam persentase bobot pada Persamaan 1.

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$M_0$  = bobot cawan dan penutupnya (g)

$M_1$  = bobot cawan dan sampel tertutup sebelum pengeringan (g)

$M_2$  = bobot cawan dan sampel tertutup sesudah pengeringan (g)

### Susut bobot (%)

Susut bobot ditentukan untuk mengetahui penyusutan bobot setelah fermentasi dan setelah pengeringan. Susut bobot diperoleh dengan mengurangkan bobot biji kakao awal (1 kg) dengan bobot biji kakao setelah fermentasi dan bobot biji setelah pengeringan (Persamaan 2)

$$\text{Susut bobot (\%)} = \frac{(\text{berat biji kakao awal} - \text{berat biji kakao akhir})}{\text{berat biji kakao awal}} \times 100\% \quad (2)$$

## Rendemen biji kakao (%)

Rendemen biji kakao adalah perbandingan antara berat biji kakao kering hasil fermentasi dengan biji kakao basah sebelum fermentasi. Perhitungan rendemen dilakukan menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat biji kakao kering setelah perlakuan}}{\text{berat biji kakao basah sebelum perlakuan}} \times 100\% \quad (3)$$

## Derajat fermentasi biji kakao melalui uji belah (cut test)

Pengujian derajat fermentasi biji kakao melalui uji belah dilakukan untuk mengetahui persentase biji kakao terfermentasi (*fermented*), terfermentasi sebagian (*under fermented*) atau tidak terfermentasi (*unfermented*). Pengukuran dilakukan dengan menyiapkan 50 biji kakao yang dibelah membujur tepat dibagian tengahnya menjadi dua dengan ukuran yang sama besar, lalu 100 belahan biji tersebut diamati satu per satu warnanya berdasarkan klasifikasinya (Mulato, et al., 2008). Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi menjadi 3 klas dimana warna slaty dimasukkan ke dalam klas biji *unfermented*, warna ungu dominan terhadap cokelat ke dalam klas biji *underfermented*, dan cokelat dominan masuk klas biji *fermented*. Kemudian dihitung persentasenya dengan menggunakan Persamaan 4–6.

$$\% \text{ Biji } \textit{Unfermented} = \sum \frac{\text{belahan biji berwarna slaty}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\% \text{ Biji } \textit{Under fermented} = \sum \frac{\text{belahan biji berwarna ungu}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\% \text{ Biji } \textit{Fermented} = \sum \frac{\text{belahan biji berwarna coklat}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \quad (6)$$

## Analisis Data

### Rancangan penelitian

Pada penelitian ini digunakan *central composite design* (CCD) yang merupakan bagian dari *response surface methodology* (RSM) dengan 3 faktor dan 20 perlakuan untuk mengetahui pengaruh faktor waktu pemeraman buah kakao sebelum fermentasi, serta faktor laju aerasi dan faktor suhu udara fermentor terhadap suhu puncak dan suhu akhir fermentasi, kadar air, susut bobot, rendemen dan persentase biji kakao terfermentasi. Rancangan percobaan, batasan dan level variabel sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Minitab 14.

Tabel 1. Batasan dan level variabel berubah/ variabel bebas

Variabel (X)	Batasan dan level		
	-1	0	+1
Waktu pemeraman, $X_1$ (hari)	1	5	9
Laju aerasi, $X_2$ (L/ menit)	0,2	0,3	0,4
Suhu udara fermentor, $X_3$ ( $^{\circ}$ C)	40	50	60

Hasil analisis data menggunakan RSM akan terbentuk suatu persamaan matematika dengan model polinomial orde kedua yang fungsinya kuadratik (Persamaan 7)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad (7)$$

Dimana: Y adalah nilai respon dari perlakuan yang diberikan terhadap suhu fermentasi puncak,  $^{\circ}$ C ( $Y_1$ ), suhu fermentasi akhir,  $^{\circ}$ C ( $Y_2$ ), kadar air setelah fermentasi, % ( $Y_3$ ), kadar air setelah pengeringan, % ( $Y_4$ ), susut bobot setelah fermentasi, % ( $Y_5$ ), susut bobot setelah pengeringan, % ( $Y_6$ ), rendemen biji kakao kering, % ( $Y_7$ ), persentase biji kakao terfermentasi, % ( $Y_8$ ).  $\beta_0$  adalah intersep/ konstanta,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  merupakan koefisien linier,  $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$  adalah koefisien kuadratik,  $\beta_{12}, \beta_{23}, \beta_{13}$  adalah koefisien interaksi perlakuan.  $X_1$  adalah faktor waktu pemeraman buah kakao (hari)  $X_2$  adalah laju aerasi udara (l.menit<sup>-1</sup>),  $X_3$  adalah lama fermentasi (hari).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 2. Diketahui bahwa waktu pemeraman buah kakao, serta laju aerasi dan suhu udara ruang fermentor mempunyai pengaruh terhadap perubahan

Tabel 2. Data hasil penelitian untuk tiap-tiap perlakuan

Perlakuan	Variabel (X)			Variabel respon (Y)								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_6$	$Y_7$	$Y_8$	$Y_9$
1	1	0,2	40	40,9	38,4	56,71	53,19	7,77	20,8	58,5	41,5	67,3
2	9	0,2	40	45,2	42,8	50,09	48,94	7,47	7,2	59,7	40,3	78,0
3	1	0,4	40	39,4	37,9	55,18	52,41	7,56	16,2	63,5	36,5	76,7
4	9	0,4	40	40,6	33,4	54,36	50,21	7,25	8,3	58,7	41,3	84,7
5	1	0,2	60	59,4	57,7	59,74	49,70	6,60	18,9	61,9	38,1	74,7
6	9	0,2	60	56,9	53,6	51,21	45,04	6,87	12,1	65,3	34,7	79,7
7	1	0,4	60	61,9	56	63,49	48,05	6,74	20,3	67,1	32,9	84,7
8	9	0,4	60	56,2	53,9	49,23	44,26	6,80	16,9	65,3	34,7	81,0
9	1	0,3	50	52,8	50,6	56,71	51,80	8,80	17,4	61,8	38,2	77,3
10	9	0,3	50	45,9	45,6	50,09	47,19	7,52	12,5	61,2	38,8	81,3
11	5	0,2	50	51,1	46,8	53,72	48,35	7,55	12,1	63,5	36,5	73,3
12	5	0,4	50	50,9	44,6	55,08	47,78	7,04	13,7	68,4	31,6	82,7
13	5	0,3	40	39,6	38,4	52,59	47,94	7,14	7,6	59,3	40,7	81,0
14	5	0,3	60	59,2	50,9	51,85	48,49	6,84	14,5	62,8	37,2	79,0
15	5	0,3	50	49,2	42,2	53,85	47,15	7,22	13,4	65,3	34,7	80,7
16	5	0,3	50	49,1	43,6	52,62	47,55	7,43	12,1	62,7	37,3	81,0
17	5	0,3	50	51	37,9	54,34	49,92	7,02	11,9	61,5	38,5	80,7
18	5	0,3	50	51,2	39,4	54,79	48,89	7,32	7,0	62,7	37,3	76,7
19	5	0,3	50	49,8	41,3	51,98	48,82	7,49	11,7	61,5	38,5	87,0
20	5	0,3	50	50,6	44,1	54,54	48,81	7,33	9,8	60,9	39,1	76,3

suhu fermentasi, kadar air, susut bobot, rendemen biji kakao kering, dan persentase biji kakao *fermented* yang dihasilkan. Diketahui juga bahwa setiap variabel bebas (X) memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap variabel respon (Y) sebagaimana ditunjukkan oleh nilai koefisien regresi dan nilai R<sup>2</sup> yang tertera pada Tabel 3.

**Suhu Udara Fermentasi Puncak ( $Y_1$ ) dan Suhu Udara Fermentasi Akhir ( $Y_2$ )**

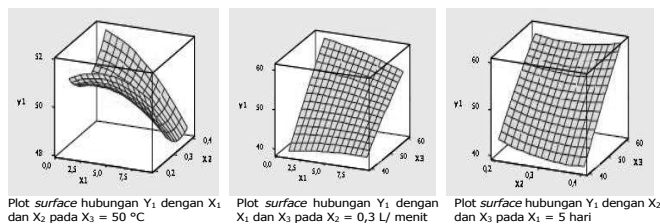
Perubahan suhu udara yang terjadi pada awal proses fermentasi yaitu 1-24 jam pertama fermentasi sangat kecil. Pada umumnya suhu udara di dalam tabung reaktor hampir sama dengan suhu udara lingkungan, bahkan cenderung lebih rendah. Perubahan suhu udara terjadi dengan cepat setelah dilakukan pengaturan suhu udara dan laju aerasi sesuai perlakuan yang telah ditentukan. Perubahan suhu puncak mulai terjadi pada 35–48 jam fermentasi yaitu sebesar 39,4–61,9  $^{\circ}$ C, kemudian terjadi penurunan suhu secara perlahan pada jam berikutnya hingga akhir proses fermentasi. Suhu udara puncak dan suhu udara akhir fermentasi setiap perlakuan ditunjukkan pada Tabel 2. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mulato et al., (2005) dan Davit et al., (2013) yang menyebutkan bahwa pada awal fermentasi umumnya terjadi perubahan suhu antara 25–45  $^{\circ}$ C, terus meningkat hingga mencapai 45  $^{\circ}$ C–55  $^{\circ}$ C di hari ketiga fermentasi, namun pada beberapa perlakuan diperoleh nilai suhu puncak yang lebih tinggi. Peningkatan suhu udara yang tercapai setelah 48 jam fermentasi menyebabkan kematian keping biji kakao dan memainkan peran penting dalam memulai reaksi biokimia dalam biji kakao, yakni; perubahan yang terkait dengan pengembangan prekursor aroma dan pengurangan rasa pahit dan sepat (Misnawi, 2008).

Berdasarkan hasil pengamatan selama proses fermentasi diketahui bahwa perubahan suhu fermentasi terutama suhu udara puncak ( $Y_1$ ) dan suhu udara akhir ( $Y_2$ ) sangat dipengaruhi oleh tingginya nilai suhu udara ruang fermentor. Kondisi menunjukkan bahwa pengendalian suhu fermentor yang dilakukan juga dapat meningkatkan perubahan suhu udara biji kakao selama fermentasi. Sementara untuk variabel waktu pemeraman buah dan variabel laju aerasi memiliki pengaruh yang lebih kecil pada masing-masing perlakuan. Hasil analisis varian untuk suhu fermentasi puncak dan suhu fermentasi akhir (Tabel 3.) menunjukkan nilai R<sup>2</sup> sebesar 97,3% dan 89,6% secara berturut-turut, hal ini mengindikasikan bahwa variabel bebas ( $X_1; X_2$  dan  $X_3$ ) memberikan pengaruh sebesar 97,3% dan 89,6% terhadap model. Hasil analisis regresi pada signifikansi ( $p < 0,05$ ) menunjukkan bahwa faktor linier suhu udara fermentor ( $X_3$ ) dan interaksi antara

Tabel 3. Koefisien regresi dan nilai R<sup>2</sup> model untuk setiap variabel respon

Variabel	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>
Constant	5,3879*	30,1908*	47,4602*	-4,5818*	-44,6390*	29,2712*	70,7288*	22,9859*
X1	2,8521	-0,8359	-1,1123*	-0,5405	-3,4847*	1,4843*	-1,4843*	4,6292*
X2	-108,395	-118,571	33,2957	12,2215	-25,4759	-94,7830	94,7830	188,103*
X3	1,3241*	0,5931*	0,1879*	0,5027*	2,4974*	1,6695	-1,6695	0,3007
X1*X1	-0,0361	0,2153	0,0663	0,0375*	0,2550	-0,0260	0,0260	-0,0257
X2*X2	107,273	104,545	-36,8636	-26,4545	32,9545	138,409	-138,41	-174,091
X3*X3	-0,0052	-4,5E-05	-0,0022	-0,0057*	-0,0217	-0,0154	0,0154	0,0026
X1*X2	-1,9687	-2,1562	0,9125	-0,0687	2,5781	-0,1875	0,1875	-3,5437
X1*X3	-0,0428*	-0,0191	-0,0062	0,0029	-0,0080	-0,0291*	0,0291	-0,0542
X2*X3	0,0987	1,0625	-0,3650	0,0625	0,0063	0,2875	-0,2875	-0,5850
R <sup>2</sup>	97,3%	89,6%	82,7%	74,7%	85,8%	68,6%	68,6%	74,6%
R <sup>2</sup> (adjusted)	94,9%	80,3%	67,1%	51,9%	72,9%	40,3%	40,3%	51,8%

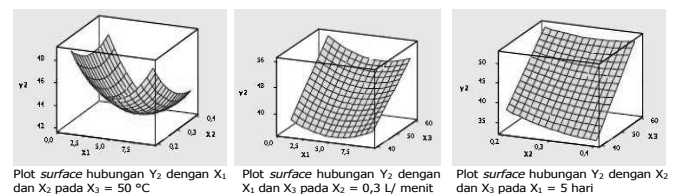
Notes: \*Signifikan pada p < 0.05; X<sub>1</sub>= waktu pemeraman; X<sub>2</sub>= laju aerasi; X<sub>3</sub>= suhu udara fermentor



Gambar 2. Plot *Surface* hubungan suhu fermentasi puncak (Y<sub>1</sub>) terhadap waktu pemeraman (X<sub>1</sub>), laju aerasi (X<sub>2</sub>) dan suhu udara fermentor (X<sub>3</sub>)

faktor waktu pemeraman buah kakao dan faktor suhu udara (X<sub>1</sub>, X<sub>3</sub>) memiliki pengaruh nyata terhadap suhu fermentasi puncak. Sedangkan pada suhu fermentasi akhir dipengaruhi secara nyata oleh faktor linier suhu udara fermentor (X<sub>3</sub>), sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Gambar 2. diketahui bahwa waktu pemeraman buah kakao selama 9 hari dengan laju aerasi 0,2–0,4 L/ menit dan suhu udara fermentor 50 °C memiliki pengaruh suhu udara puncak yang paling rendah yaitu 48°C. Sedangkan Gambar 3. menunjukkan bahwa waktu pemeraman ≥ 5 hari dengan laju aerasi ≥ 0,3 L/ menit pada suhu fermentor 50 °C memiliki pengaruh suhu udara akhir fermentasi lebih rendah. Hal ini diperkirakan bahwa pada buah kakao yang diperam > 5 hari menjadikan pulp dan biji kakao mengalami beberapa perubahan, diantaranya sebagian pulp dan biji kakao berjamur, berwarna kekuningan dan lebih kering sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan mikroba selama fermentasi. Sedangkan laju aerasi > 0,3 L/ menit dianggap mengakibatkan aliran udara mampu mempercepat kehilangan panas selama fermentasi.



Gambar 3. Plot *surface* hubungan suhu fermentasi akhir (Y<sub>2</sub>) terhadap waktu pemeraman (X<sub>1</sub>), laju aerasi (X<sub>2</sub>) dan suhu udara fermentor (X<sub>3</sub>)

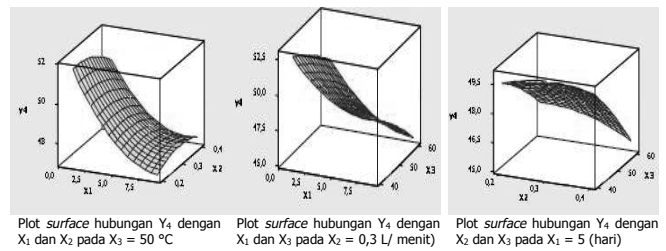
Sementara itu jika dilihat dari plot *surface* hubungan waktu pemeraman buah dan suhu udara dengan laju aerasi 0,3 L/ menit terhadap suhu udara fermentasi puncak dan suhu udara fermentasi akhir menunjukkan pola yang hampir sama (Gambar 2 dan Gambar 3), dimana perbedaan suhu udara fermentor sangat menentukan perubahan suhu udara fermentasi puncak dan suhu udara fermentasi akhir dibandingkan dengan perbedaan waktu pemeraman buah kakao. Selain itu, jika dilihat hubungan antara perbedaan laju aerasi dan suhu udara fermentor terhadap suhu udara fermentasi puncak dan suhu udara fermentasi akhir pada waktu pemeraman 5 hari menunjukkan bahwa semakin besar laju aerasi yang diberikan mengakibatkan suhu udara fermentasi puncak dan suhu udara fermentasi akhir menurun. Sedangkan suhu udara fermentor yang semakin tinggi, mengakibatkan suhu udara fermentasi puncak dan suhu udara fermentasi akhir juga meningkat.

**Kadar Air Biji Kakao setelah Pemeraman ( $Y_3$ ),  
Kadar Air Biji Kakao setelah Fermentasi ( $Y_4$ ),  
Kadar Air Biji Kakao setelah Pengeringan ( $Y_5$ )**

Kadar air biji kakao basah setelah panen umumnya  $\pm 60\%$  dan akan mengalami penurunan setelah diperam beberapa hari, begitu pula setelah proses fermentasi dan pengeringan berlangsung. Diketahui bahwa waktu pemeraman buah kakao yang dilakukan sebelum proses fermentasi memiliki nilai kadar air yang berbeda-beda, mulai dari 49,23% sampai dengan 63,49% sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 tersebut ditunjukkan bahwa semakin lama pemeraman buah kakao, semakin kecil pula nilai kadar air yang terkandung di dalamnya.

Selanjutnya kadar air biji kakao setelah fermentasi dan setelah pengeringan secara berturut-turut berkisar antara 44,26–53,19 % dan 6,60–8,80% sebagaimana tertera pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemeraman buah kakao, laju aerasi dan suhu udara fermentor memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap kadar air setelah fermentasi dan kadar air setelah pengeringan. Semakin kecil kadar air biji kakao setelah fermentasi, maka semakin singkat waktu pengeringan biji kakao yang dibutuhkan. Secara umum pengeringan biji kakao yang dilakukan menggunakan pengering kabinet selama 24 jam pada suhu 50 °C sudah cukup baik untuk mengeringkan biji kakao hasil fermentasi yang dilakukan. Namun pada sampel biji kakao dengan waktu pemeraman 1 hari, aerasi udara 0,2 L/ menit dan suhu udara fermentor 40 °C, dan pada sampel perlakuan waktu pemeraman 1 hari, laju aerasi 0,3 L/ menit dengan suhu udara fermentor 50 °C memiliki kadar air berturut-turut sebesar 7,72% dan 8,8%. Kadar air kedua sampel tersebut lebih tinggi dari nilai standar yang berlaku yaitu tidak boleh melebihi 7,5% (SNI 01-2323-2008). Hal ini dapat dihindari dengan memperpanjang waktu pengeringan biji kakao atau dengan melakukan pembalikan selama proses pengeringan berlangsung. Sehingga kadar air biji kakao yang dihasilkan sesuai standar yang berlaku dan diperoleh kualitas biji kakao yang baik, yang tidak mudah berjamur serta memiliki umur simpan yang panjang. Selain itu pengeringan biji kakao juga bertujuan untuk melanjutkan beberapa perubahan kimia yang terjadi selama proses fermentasi, dan meningkatkan pengembangan flavour coklat (Kongor et al., 2016).

Berdasarkan analisis varian (Tabel 3.) diketahui bahwa waktu pemeraman buah kakao dan suhu udara fermentor memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar air biji kakao setelah fermentasi sedangkan laju aerasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Sementara



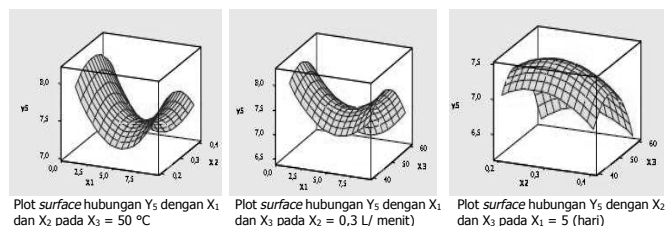
Gambar 4. Plot *surface* hubungan kadar air setelah fermentasi ( $Y_4$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )

itu, kadar air biji kakao setelah pengeringan secara signifikan juga dipengaruhi oleh perlakuan suhu udara fermentor dan faktor kuadrat waktu pemeraman buah kakao dan faktor kuadrat suhu fermentor, dengan nilai  $R^2$  masing-masing sebesar 82,7% dan 74,7%. Ilustrasi pengaruh perlakuan terhadap kadar air biji kakao sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Berdasarkan plot *surface* yang ditunjukkan pada Gambar 4, diketahui bahwa kadar air setelah fermentasi terendah diperoleh ketika laju aerasi 0,4 L/ menit dan suhu udara fermentor 60 °C, dengan waktu pemeraman 5 hari, yaitu sebesar  $\pm 46\%$ . Sedangkan kadar air setelah fermentasi tertinggi yaitu sebesar  $\pm 52\%$  diperoleh pada waktu pemeraman 1–2 hari dan suhu udara fermentor 40 °C, dengan laju aerasi 0,3 L/ menit. Sementara itu, plot *surface* pada Gambar 5 menunjukkan bahwa kadar air setelah pengeringan terendah diperoleh ketika laju aerasi 0,2–0,4 L/ menit dan suhu udara fermentor  $\pm 6,5\%$ . Sedangkan kadar air setelah pengeringan tertinggi yaitu sebesar  $\pm 8,2\%$  diperoleh pada waktu pemeraman 1–2 hari dan suhu udara fermentor < 50 °C, dengan laju aerasi 0,3 L/ menit.

**Susut Bobot Setelah Fermentasi ( $Y_6$ ), Susut Bobot Setelah Pengeringan ( $Y_7$ ), dan Rendemen Biji Kakao ( $Y_8$ )**

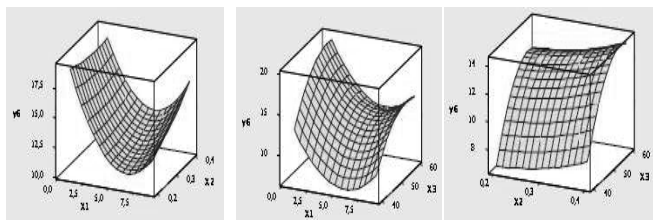
Susut bobot selama proses fermentasi terjadi antara 7,2–20,3%, dan susut bobot pengeringan



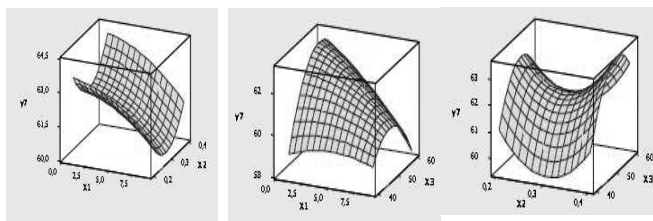
Gambar 5. Plot *surface* hubungan kadar air setelah pengeringan ( $Y_5$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )

sebesar 58,5–67,1% sebagaimana tertera pada Tabel 2. Berdasarkan hasil analisis varian yang ditunjukkan pada Tabel 3 diketahui bahwa waktu pemeraman, suhu udara fermentor dan faktor kuadrat waktu pemeraman memberikan pengaruh signifikan pada susut bobot setelah fermentasi. Sedangkan susut bobot pengeringan secara signifikan dipengaruhi oleh waktu pemeraman dan faktor interaksi waktu pemeraman dan suhu udara fermentor. Diketahui bahwa nilai  $R^2$  untuk susut bobot setelah fermentasi dan susut bobot setelah pengeringan secara berturut-turut sebesar 85,8% dan 68,6%. Hubungan dan pengaruh perlakuan terhadap nilai susut bobot setelah fermentasi dan pengeringan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.

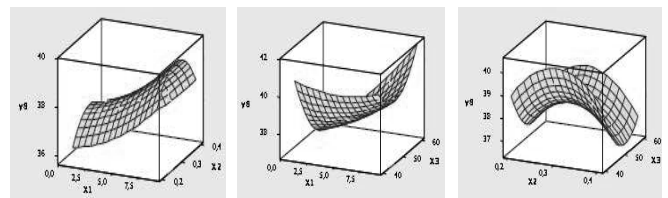
Berdasarkan plot *surface* pada Gambar 6 diketahui bahwa susut bobot setelah fermentasi terendah diperoleh pada laju aerasi  $< 0,35$  L/ menit dan suhu udara fermentor  $\pm 40$  °C, dengan waktu pemeraman 5 hari, yaitu sebesar  $\pm 8\%$ . Sedangkan susut bobot setelah fermentasi tertinggi yaitu sebesar  $\pm 18\%$  diperoleh pada waktu pemeraman 1–2 hari dan suhu udara fermentor  $\geq 50$  °C, dengan laju aerasi 0,3 L/ menit. Selanjutnya pada plot *surface* pada Gambar 7, diketahui bahwa susut bobot setelah pengeringan terendah diperoleh pada laju aerasi 0,3 L/ menit dengan suhu udara fermentor  $\pm 60$  °C, dan waktu pemeraman 8–9 hari, yaitu sebesar  $\pm 59\%$ . Sedangkan susut bobot setelah pengeringan tertinggi diperoleh pada waktu pemeraman  $< 6$  hari dan laju aerasi 0,2-0,4 L/ menit



Gambar 6. Plot *Surface* hubungan susut bobot setelah fermentasi ( $Y_6$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )



Gambar 7. Plot *Surface* hubungan susut bobot setelah pengeringan ( $Y_7$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )



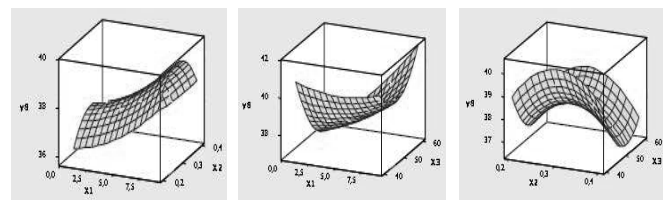
Gambar 8. Plot *Surface* hubungan rendemen biji kakao kering ( $Y_8$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )

dengan suhu udara fermentor 50 °C, yaitu sebesar 63%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen biji kakao yang dihasilkan rata-rata sebesar 37,63% (Tabel 2). Berdasarkan analisis varian yang telah dilakukan dengan nilai  $R^2$  sebesar 68,6%, diketahui bahwa faktor linier waktu pemeraman, serta faktor interaksi waktu pemeraman buah dan suhu udara fermentor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rendemen biji kakao kering yang dihasilkan. Jika dilihat berdasarkan nilai  $R^2$  tersebut dapat diketahui bahwa masih ada faktor lainnya yang mempengaruhi perolehan rendemen biji kakao yang dihasilkan, seperti faktor jenis kakao, kematangan buah dan lain sebagainya. Hubungan dan pengaruh perlakuan terhadap rendemen biji kakao kering sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8.

### Persentase Biji Kakao Terfermentasi Berdasarkan Uji Belah ( $Y_9$ )

Berdasarkan analisis varian yang telah dilakukan, diperoleh nilai  $R^2$  sebesar 74,6%, dimana faktor linier waktu pemeraman dan laju aerasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase biji kakao terfermentasi (*fermented*) yang dihasilkan. Sebagaimana disebutkan dalam Sulaiman & Yang (2015) bahwa pemeraman buah kakao sebelum proses fermentasi mampu meningkatkan persentase biji kakao terfermentasi. Sementara itu, faktor suhu udara fermentor antara 40 – 60 °C memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap perolehan biji kakao *fermented*. Hal ini dikarenakan pada rentang suhu



Gambar 9. Plot *Surface* hubungan persentase biji kakao *fermented* ( $Y_9$ ) terhadap waktu pemeraman ( $X_1$ ), laju aerasi ( $X_2$ ) dan suhu udara fermentor ( $X_3$ )

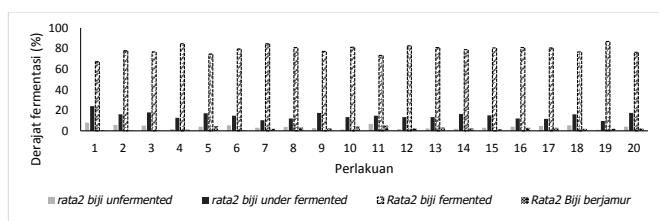


fermentor tersebut pada umumnya sudah memberikan pengaruh perubahan suhu yang baik untuk fermentasi biji kakao, sehingga perlakuan suhu udara fermentor pada semua perlakuan menghasilkan pengaruh yang hampir sama terhadap persentase biji kakao *fermented*. Ilustrasi hubungan persentase biji kakao terfermentasi melalui uji belah terhadap waktu pemeraman, laju aerasi dan suhu udara fermentor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.

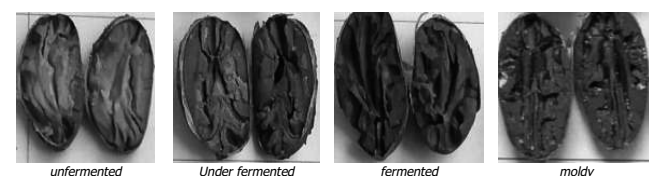
### Derajat Fermentasi Berdasarkan Uji Belah

Uji belah bertujuan untuk menentukan derajat fermentasi berdasarkan warna keping biji secara kasat mata. Secara sederhana ciri fisik belahan keping biji kakao diamati untuk mengetahui keberhasilan proses fermentasi dan kualitas biji kakao yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase biji kakao *fermented* yang ditandai dengan keping biji berwarna coklat dominan, bertekstur agak remah atau mudah dipecah, diperoleh sebesar 67–87%. Persentase biji kakao *under fermented* yaitu sebesar 10–24%, yang ditandai dengan keping biji berwarna ungu atau coklat dan bertekstur pejal. Sedangkan biji kakao *unfermented* yang ditandai dengan keping biji berwarna keabuan, bertekstur pejal, padat dan keras, dan biji tidak berongga yang memiliki rasa sangat pahit atau disebut juga dengan biji *slaty* berkisar 1-8%, selain itu terdapat pula biji kakao berjamur sebesar 1–4% sebagaimana tertera pada Gambar 10. Sedangkan hasil uji *cut test* biji kakao kering yang telah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 11.

Berdasarkan hasil pengamatan selama fermentasi, diketahui bahwa ada ketidak seragaman pengaruh perlakuan terhadap kondisi fisik biji kakao terutama untuk biji kakao yang ada pada bagian atas tumpukkan dan bagian bawah tumpukkan. Bahkan pada akhir



Gambar 10. Persentase biji kakao hasil fermentasi secara isothermal



Gambar 11. Tampilan hasil uji *cut test* biji kakao

fermentasi, tumpukkan biji kakao bagian atas ditumbuhi jamur/ kapang. Hal ini dapat dihindari dengan memberikan perlakuan pengadukkan selama fermentasi atau menambahkan aerator maupun pengaduk di bagian dalam tabung reaktor. Sehingga kondisi tersebut mampu menciptakan aerasi yang lebih baik selama fermentasi, dan menghasilkan derajat fermentasi yang lebih baik. Berdasarkan kriteria persentase biji kakao, diketahui bahwa fermentasi biji kakao dengan sistem isothermal dengan prinsip suhu udara dan aerasi terkendali dapat bekerja dengan baik, sehingga dapat digunakan menjadi salah satu alternatif alat fermentasi biji kakao.

### Ukuran dan Keseragaman Biji Kakao

Biji kakao dapat diklasifikasikan menjadi beberapa ukuran seperti maksimal 85 biji per 100 g, kurang dari 100 biji per 100 g, 100-110 biji per 100 g, 110-120 biji per 100 g dan lebih dari 120 biji per 100 g (SNI, 2323-2008). Berdasarkan hasil pengklasifikasian biji kakao hasil fermentasi yang dilakukan dapat diketahui bahwa biji kakao hasil fermentasi tergolong ke dalam kriteria mutu AA, A dan B, dengan jumlah biji antara 85–103 biji. Klasifikasi mutu biji kakao bertujuan untuk memudahkan dalam proses pengolahan. Selain itu ukuran biji memberikan pengaruh terhadap perolehan persentase rendemen kakao yang dihasilkan (SCCP-Swisscontact, 2013).

### Mutu Biji Kakao Sesuai SNI 01-2323-2008/ Amd 1: 2010

Klasifikasi atau penggolongan mutu biji kakao kering hasil fermentasi mengacu pada standar SNI 01-2323-2008/ Amd 1: 2010 terbagi menjadi tiga, yaitu menurut jenis tanaman, jenis mutu dan ukuran berat biji per 100 g. Menurut jenis mutunya, biji kakao digolongkan dalam tiga jenis mutu, yaitu: mutu I, mutu II, dan mutu III. Tabel 3. menunjukkan mutu biji kakao hasil fermentasi yang diperoleh pada fermentasi isothermal dengan prinsip aerasi terkendali secara keseluruhan telah memenuhi standar yang berlaku yaitu SNI 01-2323-2008/ Amd 1: 2010 dan tergolong ke dalam mutu II. Namun untuk persentase kadar kulit yang tertera pada Tabel 4, sedikit lebih tinggi dari jumlah kadar kulit yang umumnya terdapat pada biji kakao Afrika Barat, yaitu 11–12% (Costa et al., 2016). Oleh sebab itu untuk menurunkan persentase kadar kulit disarankan melakukan pencucian biji kakao setelah fermentasi, agar kulit kakao bebas pulp sisa fermentasi, sehingga diperoleh persentase kadar kulit biji kakao yang lebih rendah.

Tabel 4. Mutu biji kakao

No.	Jenis Uji	Standar SNI 2323-2008/ Amd 1: 2010	Hasil penelitian	Keterangan
1	Serangga hidup	Maks. 2	Tidak ada	Memenuhi
2	Kadar air (%)	Maks. 7,5	6,5-7,8	Memenuhi
3	Berbau asap dan atau <i>hammy</i> dan atau berbau asing	-	Tidak ada	Memenuhi
4	Kadar benda asing (%)	-	Tidak ada	Memenuhi
5	Kadar biji pecah (%)	Maks 2	1,1	Memenuhi
6	Syarat khusus mutu II-F	Maks 4		
	a. Kadar biji berjamur (%)	Maks 8	1 - 4	
	b. Kadar biji slaty (%)	Maks 2	1 - 6	Memenuhi syarat mutu II
	c. Kadar biji berserangga (%)	Maks 2	-	
	d. Kadar kotoran (%)	Maks 3	1 - 2	
	e. Kadar biji berkecambah (%)		1 - 2	
7	Kadar kulit biji kakao (%) Umumnya kadar Kulit biji kakao di Afrika Barat 11-12% (Costa et al., 2016).	-	12-16	Memenuhi
8	Ukuran, keseragaman dan klasifikasi mutu biji kakao	-		
	kering per 100 g;	-		
	a. Biji utuh (%)	-		
	b. Biji pipih (%)	-	76,7 s.d. 97,8	
	c. Biji dempet (%)	AA, A, B, C, S	1 s.d. 12	Memenuhi
	d. Biji berplasenta (%)		0 s.d. 11	
	e. Kriteria mutu		-	
			AA, A, dan B	

Keterangan; (-) tidak ditemukan dalam Standar SNI 2323-2008/ Amd 1: 2010

## KESIMPULAN DAN SARAN

Fermentasi biji kakao yang dilakukan secara isothermal dengan prinsip aerasi dan suhu udara terkendali telah mampu menghasilkan perubahan suhu udara yang sesuai untuk fermentasi biji kakao. Menghasilkan persentase biji kakao terfermentasi yang tinggi yaitu 67–87%, dan berdasarkan standar mutu biji kakao Indonesia (SNI 2323:2008/ Amd 1:2010), ukuran biji kakao hasil fermentasi dikelompokkan ke dalam kriteria mutu AA, mutu A, dan mutu B, serta memenuhi syarat khusus yang berlaku yang tergolong ke dalam kategori mutu II. Berdasarkan perubahan suhu udara puncak fermentasi, suhu udara akhir fermentasi, persentase biji kakao terfermentasi dan derajat fermentasi biji kakao yang dihasilkan, maka sebaiknya pemeraman buah kakao sebelum fermentasi dilakukan  $\pm$  5 hari, suhu udara fermentor berkisar 40–55 °C dan laju aerasi 0,3–,4 L/ menit. Selain itu, agar persentase biji kakao yang dihasilkan nantinya lebih tinggi, maka sebaiknya diberikan tambahan aerator atau alat pengaduk di dalam ruang fermentor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E. O., Jennifer, Q., Agnes, S. B., Jemmy, S. T., & Firibu, K. S. (2012). Influence of pulp-preconditioning and fermentation on fermentative quality and appearance of ghanaiian cocoa (theobroma cacao) beans. *International Food Research Journal*, 19(1), 127–133.
- Afoakwa, E. O., Kongor, J. E., Takrama, J., & Budu, A. S. (2013). Changes in nib acidification and biochemical composition during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (theobroma cacao) beans. *International Food Research Journal*, 20(4), 1843–1853.
- BSN. (2008). Biji kakao, SNI 2323:2, 1–37.
- BSN. (2010). SNI Biji Kakao Amandemen 1, SNI 2323:2(1), 1–37.
- Costa, A., Entzminger, C., Fredericq, A., Gilmour, M., Matissek, R., & Quintana, S. (2016). *Cocoa Beans : Chocolate & Cocoa Industry Quality Requirements*. ECA-Caobisco-FCC Cocoa Research Fund www.cocoaquality.eu.
- Dirjen Perkebunan dan Kementan. (2016). *Kakao 2015 - 2017*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian

- Pertanian. Retrieved from <http://ditjenbun.pertanian.go.id>
- Evina, E. V. J., De Taeye, C., Niemenak, N., Youmbi, E., & Collin, S. (2016). Influence of acetic and lactic acids on cocoa flavan-3-ol degradation through fermentation-like incubations. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 514–522. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.047>
- Gu F., Lehe T., Wu H., Yiming F., Fei X., Zhong C., dan Q. W. (2013). Comparison of Cocoa Beans from China, Indonesia and Papua New Guinea. *Foods, Foods 2013*.
- ICCO. (2014). Annual Report 2013/2014. Retrieved from [https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc\\_download/2648-annual-report-2013-2014-english-french-spanish-russian-full.html](https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc_download/2648-annual-report-2013-2014-english-french-spanish-russian-full.html)
- International Trade Centre. (2001). *Cocoa - A guide to trade practices*. Geneva.
- JOHN DAVIT M., RIA PUSPA Yusuf, D. A. S. Y. (2013). Pengaruh Cara Pengolahan Kakao Fermentasi dan Non Fermentasi Terhadap Kualitas , Harga Jual Produk pada Unit Usaha Produktif ( UUP ) Tunjung Sari , Kabupaten Tabanan. *E-Jurnal Agribisnis Dan Agrowisata ISSN: 2301-6523 Vol. 2, No. 4, Oktober 2013, 2(4), 191–203*.
- Kadow, D., Niemenak, N., Rohn, S., & Lieberei, R. (2015). LWT - Food Science and Technology Fermentation-like incubation of cocoa seeds ( Theobroma cacao L .) e Reconstruction and guidance of the fermentation process. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 357–361. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.015>
- Kongor, J. E., Hinneh, M., de Walle, D. Van, Afoakwa, E. O., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors influencing quality variation in cocoa (Theobroma cacao) bean flavour profile - A review. *Food Research International*, 82, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Misnawi. (2008). Physico-Chemical Changes During Cocoa Fermentation and Key Enzymes Involved. *Review Penelitian Kopi Dan Kakao*, 24(1), 47–64.
- Mulato, S, Widyotomo, Misnawi, S. (2005). Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute (ICCRI). Indonesia.
- Pato, U., Yusmarini, & Jumar. (2003). Studi mutu biji kakao Forastero yang diolah dengan metode Sime-Cadbury. *SAGU*.
- Permentan\_No.51. Pedoman Penanganan Pascapanen Kakao (2012).
- Pusat Data dan Sistem Informasi\_Pertanian. (2016). *Outlook Kakao Komoditas Pertanian Subsektor Perkebunan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian 2016.
- Saludes, R. B., Iwabuchi, K., Kayanuma, A., & Shiga, T. (2007). Composting of dairy cattle manure using a thermophilic-mesophilic sequence. *Biosystems Engineering*, 98(2), 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.003>
- Sanagi, M. M., Hung, W. P., & Yasir, S. M. (1997). Supercritical fluid extraction of pyrazines in roasted cocoa beans. Effect of pod storage period. *Journal of Chromatography A*, 785(1–2), 361–367. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(97\)00569-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(97)00569-4)
- SCCP-Swisscontact. (2013). *Pasca panen, kualitas biji kakao & fermentasi*. Medan, Indonesia.
- Sekretariat Jenderal Departemen Perindustrian. (2007). *Gambaran Sekilas Industri Kakao*. Sekretariat Jenderal Departemen Perindustrian.
- Sulaiman, K. B., & Yang, T. A. (2015). Color Characteristics of Dried Cocoa Using Shallow Box Fermentation Technique, 9(12), 1277–1281.
- Widyastutik dan Reni Kristina Arianti. (2013). Strategi Kebijakan Mutu dan Standar Produk Ekspor dalam Meningkatkan Daya Saing ( Studi Kasus Produk Ekspor Biji Kakao ), 10(2), 98–108.