

## **RANCANGAN KOTAK FERMENTASI BIJI KAKAO (*Theobroma cacao L*) BERBAHAN *STYROFOAM* BERLAPISKAN BEBERAPA KETEBALAN SEKAM PADI**

*DESIGN OF COCOA BEAN FERMENTATION BOX (*Theobroma cacao L*) MADE OF *STYROFOAM* LAYERS WITH  
SEVERAL THICKNESS OF RICE HUSK*

**Thomas J Manalu<sup>#1</sup>, Mursalin<sup>1</sup>, Lisani<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Kampus Pondok Meja  
Jl. Tribrata Km. 11, Jambi, 36364

<sup>#</sup>Penulis korespondensi : E-mail: [thomasmanalu08@gmail.com](mailto:thomasmanalu08@gmail.com)

**ABSTRAK**—Penelitian ini bertujuan untuk merancang kotak fermentasi biji kakao berkapasitas 3 kg berbahan dasar *styrofoam* dengan beberapa ketebalan sekam padi dan mendapatkan kotak fermentasi biji kakao yang mampu mempertahankan suhu sesuai dengan standar suhu fermentasi yang ideal sehingga menghasilkan mutu biji kakao kering sesuai standar. Penelitian ini dilakukan secara diskriptif dengan merata-ratakan hasil pengamatan dengan 3 taraf perlakuan (sekam padi 1 cm, 3 cm dan 5 cm) dan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 9 kali percobaan. Parameter yang diamati meliputi suhu fermentasi, tingkat keasaman (pH cairan selama fermentasi, pH biji kakao), kadar air dan uji belah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : <sup>1</sup>. Diperoleh ukuran kotak fermentasi biji kakao berkapasitas 3 kg dengan kotak dalam berdimensi 29x19x24 cm dengan ukuran kotak luar yang berbeda sesuai perlakuan ketebalan sekam padi. Ukuran kotak luar pada ketebalan sekam padi 1 cm (K1) berdimensi 35x25x30 cm, ketebalan sekam padi 3 cm (K2) berdimensi 39x29x34 cm dan ketebalan sekam padi 5 cm (K3) berdimensi 43x33x37 cm. <sup>2</sup>. Kotak fermentasi biji kakao dengan ketebalan sekam padi 5 cm (K3) merupakan kotak yang mampu mempertahankan suhu fermentasi dengan suhu tertinggi pada 43,03°C yang menghasilkan mutu biji kakao yaitu kadar air 6,18%, pH biji kering 6,32, dan persentasi biji kakao terfermentasi tertinggi sebesar 97%.

**Kata Kunci** : Biji Kakao, Fermentasi, Kotak Fermentasi Styrofoam

**ABSTRACT** — *This study aims to design a 3 kg capacity cocoa bean fermentation box made of styrofoam with several thicknesses of rice husks and obtain a cocoa bean fermentation box that is able to maintain the temperature according to the ideal fermentation temperature standard so as to produce dry cocoa bean quality according to the standard. This study was conducted descriptively by averaging the results of observations with 3 levels of treatment (rice husk 1 cm, 3 cm and 5 cm) and 3 repetitions so that 9 experiments were obtained. The parameters observed included fermentation temperature, acidity level (pH of liquid during fermentation, pH of cocoa beans), water content and split test. The results showed that: 1. The size of the cocoa bean fermentation box with a capacity of 3 kg was obtained with an inner box measuring 29x19x24 cm with different outer box sizes according to the treatment of rice husk thickness. The size of the outer box at a thickness of 1 cm rice husk (K1) has dimensions of 35x25x30 cm, a thickness of 3 cm rice husk (K2) has dimensions of 39x29x34 cm and a thickness of 5 cm rice husk (K3) has dimensions of 43x33x37 cm. 2. The cocoa bean fermentation box with a thickness of 5 cm rice husk (K3) is a box that is able to maintain the fermentation temperature with the highest temperature at 43.03°C which produces cocoa bean quality, namely a water content of 6.18%, a dry bean pH of 6.32, and the highest percentage of fermented cocoa beans of 97%.*

**Keywords** : Cocoa Beans, Fermentation, Styrofoam Fermentation Box

### **I. PENDAHULUAN**

Salah satu komoditas perkebunan yang memberikan kontribusi dalam pembangunan ekonomi nasional adalah tanaman kakao (*Theobroma cacao L*). Indonesia merupakan negara produsen ketiga terbesar kakao dunia setelah *Ivory Coast* (Pantai Gading) dan Ghana. Provinsi Jambi merupakan salah satu daerah penghasil tanaman kakao. Luas lahan perkebunan kakao di Provinsi Jambi pada Tahun 2021 adalah 2.682 Ha (BPS Provinsi Jambi, 2021).

Produksi Kakao Indonesia 80% dihasilkan dari perkebunan rakyat dengan lahan sempit, sementara 20% lainnya dihasilkan oleh perkebunan besar swasta dan pemerintah dengan lahan yang luas (BPS Indonesia, 2022). Besarnya produksi kakao di Indonesia tidak didukung oleh kualitas biji yang baik. Mutu biji kakao yang di ekspor oleh Indonesia dikenal sangat rendah (Mulyono, 2016). Salah satu penyebab rendahnya kualitas biji kakao adalah proses pengolahan biji kakao. Biji kakao Indonesia jarang difermentasi terlebih dahulu, padahal biji kakao hasil fermentasi mempunyai mutu yang lebih baik jika dibandingkan dengan biji kakao yang belum difermentasi (Ariyanti, 2017).

Banyak petani yang tidak melakukan proses fermentasi dikarenakan petani memiliki lahan kecil sehingga produksi hasil panen biji kakao yang dihasilkan tidak memenuhi kapasitas alat kotak fermentasi umumnya. Produksi yang rendah membuat petani untuk menjemur langsung hasil panen biji kakaonya. Bila biji tidak

terfermentasi, biji akan terasa pahit, sepat dan tidak ada aroma khas kakao ketika diolah (Schwan & Wheals, 2004).

Fermentasi merupakan tahapan penting dalam pengolahan biji kakao. Pada proses fermentasi akan terjadi pembentukan cita rasa khas kakao, pengurangan rasa sepat dan asam, serta perbaikan kenampakan fisik biji kakao (Susanto, 1994). Biji kakao segar biasanya difermentasi dengan menggunakan metode tumpukan atau menggunakan kotak fermentasi, tergantung pada kondisi biji (Hii *et al.*, 2009). Selama proses fermentasi berlangsung hal yang sangat penting yaitu suhu fermentasi. Minimal suhu pada proses fermentasi biji kakao berada pada angka 48°C (Apriyanto *et al.*, 2018). Salah satu penyebab tidak tercapainya suhu fermentasi biji kakao adalah kapasitas kotak yang kecil dan bahan kotak fermentasi yang tidak dapat menahan panas (Artika, 2018). Oleh karena itu, untuk fermentasi coklat kapasitas kecil memerlukan material yang dapat menahan panas agar suhu tumpukan kakao dalam kotak fermentasi dapat dipertahankan secara konsisten sesuai dengan standar suhu fermentasi biji kakao yang ideal.

Menurut Ariyanti (2017), penggunaan Styrofoam sebagai penahan panas tidak maksimal oleh karena itu perlu penambahan bahan untuk penahan panas. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai penahan panas yaitu sekam padi. Sekam padi memiliki nilai konduktivitas rendah (0,47 W/m K) sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan isolator (penahan panas) (Wibowo, *et al.*, 2008).

Berdasarkan uraian diatas, penulis ingin merancang kotak fermentasi kakao kapasitas 3 Kg berbahan dasar styrofoam dengan perlakuan perbedaan ketebalan lapisan sekam padi untuk mempertahankan suhu fermentasi sesuai dengan standar fermentasi biji kakao.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### a. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2024 di Laboratorium Analisis dan Pengolahan Hasil Pertanian dan *Workshop* Prodi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi.

### b. Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu buah kakao varietas Lindak (*Forastero*) berwarna kuning, sekam padi kering 1 karung beras 10 kg, *styrofoam*, serta bahan tambahan lainnya seperti isolasi bening, selang elastis, pipa PVC ½ inch dan pipa paralon. Buah kakao berasal dari perkebunan Jl. Berbah Dalam RT. 16 Kel. Bakung Jaya Kec. Paal Merah, Kota Madya Jambi.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu thermometer digital 3 buah, thermometer ruangan buah 1 buah, timbangan digital, baskom plastik, solder listrik, gergaji, palu, pH meter, dan alat tulis.

### c. Rancangan Penelitian

#### 1. Perancangan Kotak Fermentasi kapasitas biji kakao 3 kg menggunakan *Styrofoam* yang berlapisan sekam padi

Tujuan penelitian Tahap pertama adalah untuk mendapatkan gambar teknis ukuran yang tepat untuk kotak dalam dan kotak luar fermentasi berkapasitas 3 kg. Kotak *styrofoam* berlapisan sekam padi dirancang berdasarkan rancangan Ismail dan Salsha (belum dipublikasi). Kotak fermentasi terdiri dari 2 lapis yaitu kotak dalam dan kotak luar, antara kotak dalam dan luar diberi lapisan sekam dengan ketebalan sekam yang berbeda yaitu 1,3 dan cm. Ukuran kotak bagian dalam fermentasi kapasitas 3 kg mengikuti Salsha dengan ukuran 29x19x24 cm<sup>3</sup>. Kotak ini dilengkapi dengan pengaduk, pengukur suhu, lubang aerasi dan saluran pembuangan cairan fermentasi. Perancangan kotak fermentasi berbahan dasar styrofoam dibuat menggunakan aplikasi *sketchup* untuk menghasilkan gambar teknis sebagai dasar pembuatan kotak.

#### 2. Pembuatan Kotak Fermentasi Berbahan Dasar *Styrofoam*

Tujuan penelitian tahap kedua yaitu untuk mendapatkan ukuran kotak fermentasi. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan kotak fermentasi yaitu *styrofoam* dengan ketebalan 2 cm, batang pengaduk terbuat dari pipa paralon dengan ukuran ½ inchi, pengaduk terbuat dari pipa PVC dengan ukuran lebar 11 cm dan tinggi 15 cm, selang *aerasi* menggunakan selang *aerator* bening diameter 9,5 mm dengan panjang 10 cm (K1), 15 cm (K2) dan 20 cm (K3), selang cairan menggunakan selang *aerator* bening diameter 9,5 mm dengan panjang K1= 35 cm, K2= 45 cm, dan K3= 55 cm. Wadah penampung cairan menggunakan baskom. Proses perekatan setiap sisi dilakukan menggunakan isolasi bening.

#### 3. Pengaruh ketebalan sekam padi pada kotak fermentasi berbahan dasar *styrofoam* hasil rancangan terhadap kualitas biji kakao kering

Tujuan penelitian tahap ketiga yaitu untuk mendapatkan ketebalan sekam padi menggunakan kotak *styrofoam* kapasitas 3 kg. Penelitian ini dilakukan secara diskriptif dengan merata-ratakan hasil pengamatan dan sebagai perlakuan dalam penelitian ini adalah ketebalan sekam padi yaitu :

K1= Ketebalan sekam padi 1 cm

K2= Ketebalan sekam padi 3 cm

K3= Ketebalan sekam padi 5 cm

#### **d. Pelaksanaan Penelitian**

##### **1. Persiapan Rancangan**

Rancangan kotak fermentasi dibuat menggunakan aplikasi *sketchup* untuk mendapatkan gambar teknis sebagai dasar dalam pembuatan kotak fermentasi kakao.

##### **2. Persiapan Pembuatan Kotak**

*Styrofoam* akan dipotong menjadi beberapa bagian, untuk kotak dalam kepingan *styrofoam* dengan ukuran 29x19cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian atas dan bawah, ukuran 29x20cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian sisi kanan dan kiri dan ukuran 15x20cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian depan dan belakang. Kemudian lembaran *styrofoam* akan direkatkan menggunakan isolasi bening. Kotak dalam akan memiliki dimensi ukuran 29x19x24cm.

Untuk kotak luar akan dipotong sesuai dengan ketebalan sekam pada masing-masing perlakuan. Pada ketebalan sekam padi 1 cm, kepingan *styrofoam* dengan ukuran 35x25cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian atas dan bawah, ukuran 29x20cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian sisi kanan dan kiri, ukuran 15x20 dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian depan dan belakang. Kotak luar ketebalan sekam 1 cm akan memiliki dimensi 35x25x30 cm.

Pada ketebalan sekam padi 3 cm, kepingan *styrofoam* dengan ukuran 39x29cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian atas dan bawah, ukuran 39x30cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian sisi kanan dan kiri, ukuran 25x30 dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian depan dan belakang. Kotak luar ketebalan sekam 3cm akan memiliki dimensi 39x29x34cm.

Pada ketebalan sekam padi 5 cm, kepingan *styrofoam* dengan ukuran 43x33cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian atas dan bawah, ukuran 43x34cm dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian sisi kanan dan kiri, ukuran 29x34 dipotong sebanyak 2 lembar untuk bagian depan dan belakang. Kotak luar ketebalan sekam 5 cm akan memiliki dimensi 43x33x37 cm.

Pada bagian bawah kotak luar dan dalam diberikan lubang diameter 1cm kemudian dimasukkan selang terhubung sampai pada kotak dalam. Pada ujung selang yang menjulur keluar dimasukkan kedalam baskom plastik sebagai wadah penampung cairan *pulp* fermentasi. Pada bagian atas kotak diberikan lubang diameter 1 cm dan 2 cm. Lubang diameter 1 cm dimasukkan alat thermometer suhu yang berfungsi untuk mengukur suhu selama proses fermentasi, sedangkan lubang diameter 2 cm dimasukkan alat pengaduk biji kakao yang terbuat dari pipa PVC yang dibelah dan dibentuk seperti persegi yang disambungkan dengan tongkat pipa.

Pada dasar kotak luar diisi sekam padi kering dengan ketebalan 1,3 dan 5 cm, kemudian kotak dalam dimasukkan kedalam kotak luar dan pada dinding antar kotak diberikan kembali sekam padi dengan ketebalan 1,3 dan 5 cm. Alat pengaduk biji kakao dimasukkan kedalam kotak lalu di tutup dengan *Styrofoam* kemudian pada lubang penutup berdiameter 1 cm dimasukkan alat thermometer suhu hingga mencapai kotak dalam.

##### **3. Persiapan Biji Kakao untuk uji coba kotak fermentasi**

Pada setiap perulangan buah kakao yang digunakan sekitar  $\pm 90-95$  buah menghasilkan 9 kg biji kakao basah, sehingga buah yang digunakan untuk 3 kali perulangan sekitar  $\pm 280$  buah. Buah kakao matang (kulit buah berwarna kuning) akan dipukul menggunakan alat bantu seperti palu, kemudian biji kakao dimasukkan kedalam satu wadah baskom plastik dan dilakukan pengadukan agar mendapatkan keadaan biji kakao yang homogen. Setelah itu biji kakao basah ditimbang sebanyak 3 kg untuk setiap kotak fermentasi.

##### **4. Perancangan dan pembuatan kotak fermentasi berbahan dasar *styrofoam* berlapis sekam padi**

Kotak fermentasi berbentuk segi empat yang terdiri dari dua lapis kotak dengan ukuran yang berbeda dengan bahan yang sama yaitu *styrofoam*. Diantara lapisan kotak dalam dengan lapisan kotak luar diberikan ruang berjarak 1, 3 dan 5 cm. Ruang antara kotak dalam dengan kotak luar digunakan untuk menempatkan sekam padi.

##### **5. Aplikasi kotak fermentasi biji kakao hasil rancangan terhadap kualitas biji kakao kering**

Biji kakao basah yang telah dihomogen dimasukkan kedalam rancangan kotak fermentasi berbahan *Styrofoam* berlapis sekam padi sebanyak 3 kg untuk setiap kotak rancangan. Proses fermentasi biji kakao basah dilakukan dalam ruangan yang berlangsung selama 5 hari. Biji kakao yang ada dalam kotak fermentasi dilakukan pengadukan biji setiap 6 jam sekali. Selama proses fermentasi kakao berlangsung dilakukan pengamatan suhu dan pH pada setiap 12 jam sekali. Pemberian lubang bertujuan untuk mengalirkan udara kedalam kotak fermentasi. Setelah dilakukan proses fermentasi selama 5 hari, biji kakao yang telah terfermentasi dikeluarkan, kemudian dilakukan pencucian setelah itu dilakukan penjemuran dibawah sinar matahari  $\pm 3$  hari kemudian dilakukan pengamatan karakteristik biji kakao kering.

##### **e. Analisis Parameter**

*Suhu selama Fermentasi Biji Kakao (Mahardika, 2015)*

Pengukuran suhu selama proses fermentasi dilakukan secara berkala selama 12 jam sekali menggunakan thermometer melalui lubang yang terdapat pada tutup kotak fermentasi. Setiap hasil dari pengukuran suhu fermentasi dicatat. Proses fermentasi berjalan dengan baik apabila suhu mencapai suhu 40-50°C.

Pada penelitian ini, analisis tingkat keasaman (pH) ada 2 meliputi :

*Tingkat keasaman (pH) Cairan selama Fermentasi (Gonibala&Ludong, 2018)*

pH meter dicelupkan pada sampel cairan atau *pulp* sampai diperoleh pembacaan skala yang stabil. Hasil pengukuran dengan pH meter ini dituliskan pada tabel kemudian digambarkan dalam bentuk grafik lalu dianalisis.

*Tingkat keasaman (pH) Biji Kakao (SNI 2323:2008)*

Metode dalam pengukuran pH dengan cara sampel biji kakao diambil dari tiga titik yaitu bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah. Sampel biji kakao ditumbuk kemudian ditimbang sebanyak 2 gram. Kemudian biji kakao tumbuk dan dilarutkan kedalam 25 ml aquades, kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 menit. Setelah itu pH diukur menggunakan pH meter.

*Rendemen (Hartuti et al., 2018)*

Rendemen kakao yaitu proses perbandingan antara berat biji kakao kering hasil fermentasi dengan biji kakao basah sebelum fermentasi. Rendemen diperoleh dengan cara biji kakao basah sebelum fermentasi ditimbang lalu ditimbang kembali biji kakao kering kemudian dihitung dengan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat biji kakao kering}}{\text{berat biji kakao basah}} \times 100\%$$

*Kadar Air (AOAC, 2005)*

Penetapan kadar air menggunakan metode pengovenan, sampel biji kakao yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 2 gram kemudian dimasukkan kedalam cawan petri. Sebelumnya cawan petri telah ditimbang beratnya. Kakao bubuk yang telah dimasukkan dalam cawan petri kemudian dikeringkan dalam oven selama 4 jam pada suhu 105°C dengan tanpa menutup cawan. Selesai pemanasan cawan petri dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang dan dihitung sampai beratnya konstan. Kadar air maksimal pada biji kakao adalah 7,5% . Kemudian kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal} - \text{berat cawan}} \times 100\%$$

*Uji Belah (Cut Test) (SNI2323:2008)*

Sebanyak 50 biji kakao dibelah membujur tepat dibagian tengahnya menjadi dua dengan ukuran yang sama besar, dari 100 belahan biji tersebut diamati satu per satu warna keping biji kakao berdasarkan klasifikasinya (Mulato *et al.*, 2005). Pada penelitian ini dilakukan klasifikasi menjadi 3 kelas dimana warna *slaty* dimasukkan ke dalam kelas biji *unfermented*, warna ungu dominan terhadap coklat ke dalam kelas biji *underfermented*, coklat dominan masuk kelas biji *fermented* dan biji berjamur. Kemudian dihitung persentasenya dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ biji } \textit{unfermented} &= \frac{\text{belahan biji } \textit{slaty}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \\ \% \text{ biji } \textit{underfermented} &= \frac{\text{belahan biji berwarna ungu}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \\ \% \text{ biji } \textit{fermented} &= \frac{\text{belahan biji berwarna coklat}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \\ \% \text{ biji berjamur} &= \frac{\text{belahan biji berjamur}}{\text{belahan total biji kakao}} \times 100\% \end{aligned}$$

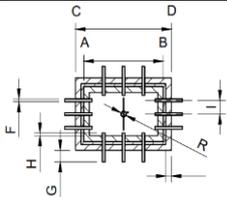
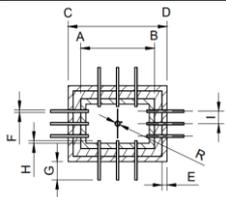
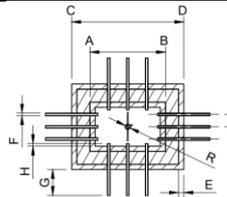
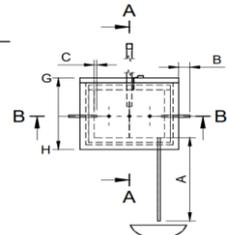
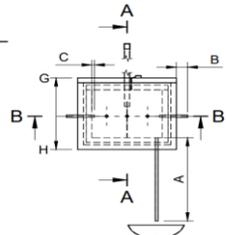
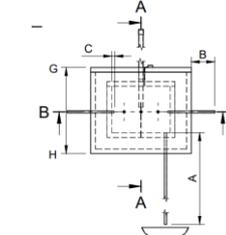
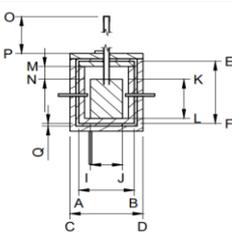
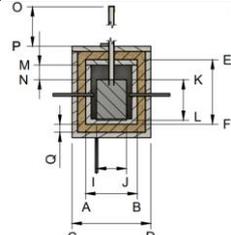
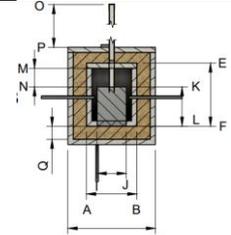
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

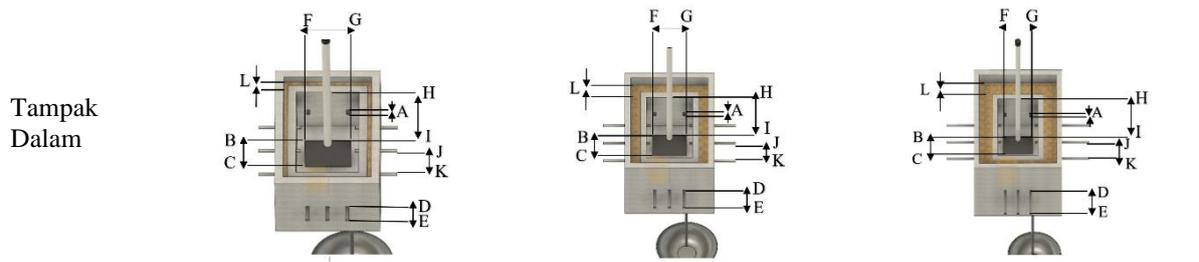
#### a. Deskripsi Produk

##### 1. Rancangan Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan Styrofoam Berlapiskan Sekam Padi Kapasitas 3 kg

Rancangan kotak fermentasi biji kakao berbahan *Styrofoam* berlapiskan sekam padi kapasitas 3 kg hasil rancangan menggunakan aplikasi *sketchup* disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil rancangan kotak fermentasi biji kakao berbahan *styrofoam* berlapis sekam padi kapasitas 3 kg

Bagian	Gambar Kotak Ketebalan Sekam Padi		
	1 cm	3 cm	5 cm
Tampak Keseluruhan			
Keterangan	Dimensi Ukuran : Kotak Dalam = 29x19x24 cm Kotak luar = 35x25x30 cm	Dimensi Ukuran : Kotak Dalam = 29x19x24 cm Kotak luar = 39x29x34 cm	Dimensi Ukuran : Kotak Dalam = 29x19x24 cm Kotak luar = 43x33x37 cm
Tampak Atas			
Keterangan	AB = 29 cm, CD = 35 cm, E = 2 cm, F = 0,95 cm, G = 6 cm, H = 1 cm, I = 4,75 cm	AB = 29 cm, CD = 39 cm, E = 2 cm, F = 0,95 cm, G = 7 cm, H = 1 cm, I = 4,75 cm	AB = 29 cm, CD = 43 cm, E = 2 cm, F = 0,95 cm, G = 8 cm, H = 1 cm, I = 4,75 cm
Tampak Depan			
Keterangan	A = 45 cm, B = 6 cm, C = 1 cm, GH = 30 cm	A = 50 cm, B = 7 cm, C = 1 cm, GH = 34 cm	A = 55 cm, B = 8 cm, C = 1 cm, GH = 37 cm
Tampak Samping			
Keterangan	AB = 19 cm, CD = 25 cm, EF = 24 cm, IJ = 11 cm, KL = 15 cm, MN = 10 cm, OP = 50 cm, Q = 1 cm	AB = 19 cm, CD = 25 cm, EF = 24 cm, IJ = 11 cm, KL = 15 cm, MN = 15 cm, OP = 50 cm, Q = 3 cm	AB = 19 cm, CD = 33 cm, EF = 24 cm, IJ = 11 cm, KL = 15 cm, MN = 20 cm, OP = 50 cm, Q = 5 cm



Keterangan	A = 1 cm, BC = 15 cm, DE = 6 cm, FG = 11 cm, HI = 10 cm, JK = 4,75 cm, L = 1 cm	A = 1 cm, BC = 15 cm, DE = 7 cm, FG = 11 cm, HI = 10 cm, JK = 4,75 cm, L = 3 cm	A = 1 cm, BC = 15 cm, DE = 8 cm, FG = 11 cm, HI = 10 cm, JK = 4,75 cm, L = 5 cm
------------	---	---	---

**2. Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan Styrofoam Berlapiskan Sekam Padi Kapasitas 3 kg**

Kotak fermentasi kotak biji kakao berbahan *Styrofoam* berlapiskan sekam padi kapasitas 3 kg hasil rakitan dari **Tabel 1** dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil rakitan kotak fermentasi biji kakao berbhaan *styrofoam* berlapiskan sekam padi kapasitas 3 kg

Bagian	Gambar	Keterangan
Tampak Depan		Tampak depan hasil rakitan kotak fermentasi ketebalan sekam padi 1 cm (A), ketebalan sekam padi 3 cm (B), dan ketebalan sekam padi 5 cm (C). Kotak fermentasi biji kakao terbuat dari Styrofoam dengan ketebalan 2 cm. Batang pengaduk terbuat dari pipa PVC ½ inchi.
Tampak Atas		Tampak atas hasil rakitan kotak fermentasi biji kakao ketebalan sekam padi 1 cm (D), ketebalan sekam padi 3 cm (E) dan ketebalan sekam padi 5 cm (F).
Kotak Dalam dan Kotak Luar		Kotak fermentasi biji kakao terbagi menjadi 2 bagian yaitu : Kotak dalam (Kiri) dan Kotak luar (Kanan). Kotak fermentasi ketebalan sekam padi 1 cm (G), ketebalan sekam padi 3 cm (H), dan ketebalan padi 5 cm (I).

Kotak dengan sekam padi



Jarak antara kotak luar dan kotak dalam diberikan sekam padi Sesuai dengan perlakuan. Jarak ketebalan sekam padi 1 cm (J), jarak ketebalan sekam padi 3 cm (K), dan jarak ketebalan sekam padi 5 cm (L).

Kotak dengan alat pengaduk



Kotak fermentasi dilengkapi alat pengaduk dan alat termometer yang terhubung pada penutup kotak luar dengan kotak dalam.

Kotak fermentasi diisi sekam diatas tutup kotak dalam



Kotak fermentasi diisi sekam padi antara penutup kotak luar dengan kotak dalam. Ketebalan sekam padi diisi sesuai dengan perlakuan ketebalan sekam padi.

### 3. Deskripsi Biji Kakao Kering Hasil Fermentasi Menggunakan Kotak Berbahan Styrofoam

**Tabel 3.** Deskripsi Biji kakao kering hasil fermentasi menggunakan kotak berbahan *styrofoam* dengan ketebalan sekam padi yang berbeda.

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Penampakan Fisik Biji Kakao Kering	Deskripsi Biji Kakao
1		Warna biji kakao coklat kemerahan dan coklat kehitaman. Bentuk biji kakao ada yang pipih, lonjong dan bulat
3		Warna biji kakao coklat kemerahan dan coklat kehitaman. Bentuk biji kakao ada yang pipih, lonjong dan bulat

5



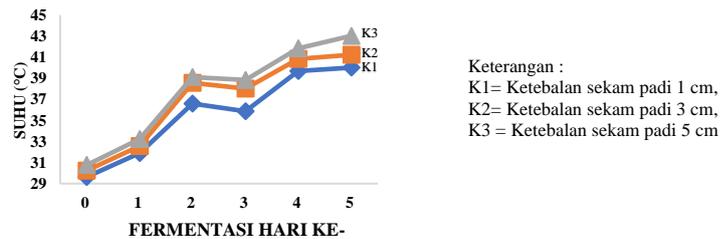
Warna biji kakao coklat kemerahan dan cokelat kehitaman. Bentuk biji kakao ada yang pipih, lonjong dan bulat

**b. Suhu selama Proses Fermentasi**

**Tabel 4.** Rata-rata suhu fermentasi biji kakao pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Suhu (°C) dalam Kotak Fermentasi pada hari ke-					
	0	1	2	3	4	5
1	29.63±0.666	31.90±1.265	36.58±1.539	35.87±0.374	39.70±0.303	40.02±0.397
3	30.23±0.635	32.55±1.372	38.55±1.942	38.03±0.293	40.88±0.422	41.23±0.497
5	30.77±0.153	33.23±1.060	39.10±0.759	38.83±0.508	41.85±0.493	43.03±0.824

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 4** diatas menunjukkan perubahan suhu dengan pola yang hampir sama tiap perlakuan, suhu fermentasi terus meningkat selama fermentasi tetapi pada hari ke 3 suhu fermentasi setiap perlakuan mengalami penurunan. Pada hari ke 2 suhu dalam kotak meningkat jauh dari awal fermentasi pada setiap perlakuan. Suhu optimum untuk proses fermentasi biji kakao yang dinyatakan berhasil yaitu bisa mencapai suhu 44°C. Grafik perubahan suhu selama fermentasi biji kakao dalam kotak dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Grafik rata-rata peningkatan suhu biji kakao selama proses fermentasi menggunakan kotak styrofoam dengan tiga tingkat ketebalan sekam padi

Kenaikan suhu selama fermentasi biji kakao disebabkan oleh reaksi enzimatik yang terjadi didalam biji kakao yang merupakan hasil dari oksidasi gula pada *pulp* biji menjadi etanol kemudian zat etanol dirombak menjadi asam setat dan laktat, sehingga dapat meningkatkan suhu fermentasi dan kerusakan struktur dalam biji (Apriyanto *et al.*.,2017). Reaksi perombakan yang terjadi selama fermentasi merupakan reaksi eksotermik yang mengeluarkan energi panas (Amin, 2005).

Suhu fermentasi mengalami peningkatan sampai pada hari ke 2 kemudian suhu fermentasi mengalami penurunan pada hari ke 3, penurunan suhu fermentasi biji kakao disebabkan oleh bakteri asam tidak beraktivitas lagi sehingga menyebabkan suhu fermentasi mengalami penurunan (Alam *et al.*, 2022). Pada hari ke 4 suhu fermentasi mengalami peningkatan sampai pada hari ke 5. Pada hari ke 5 pada kotak K1 suhu sebesar 40.02°C, pada kotak K2 suhu sebesar 41.23°C dan pada kotak K3 suhu sebesar 43, 03°C. Peningkatan suhu yang terjadi dapat disebabkan oleh mikroorganisme pada beberapa biji kakao masih beraktivitas yang dapat menghasilkan panas kembali, hal ini bisa terjadi karena masih banyaknya lapisan *pulp* yang menempel pada biji kakao.

Tingkat ketebalan sekam padi pada kotak fermentasi biji kakao sangat berpengaruh pada tercapainya suhu selama proses fermentasi. Suhu fermentasi biji kakao tertinggi terdapat di hari ke 5 pada kotak K3 yaitu 43,03°C. Semakin tebal lapisan sekam padi pada kotak maka perpindahan panas yang terjadi selama fermentasi akan semakin lambat dikarenakan bahan penahan panas seperti sekam padi semakin tebal..

Suhu pada penelitian ini belum mencapai suhu optimum fermentasi biji kakao. Suhu optimum yang tidak tercapai selama fermentasi biji kakao dapat disebabkan oleh kapasitas biji kakao basah yang difermentasi, semakin banyak biji yang difermentasikan maka potensi produksi panas yang dihasilkan juga semakin tinggi (Abubakar, *et al.*, 2022).

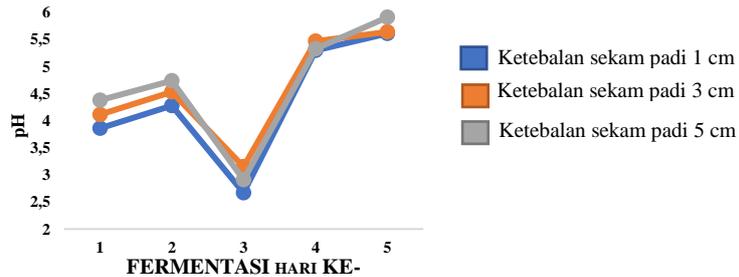
**c. Tingkat Keasaman (pH)**

**1. Tingkat keasaman (pH) Cairan Biji Kakao Selama Proses Fermentasi**

**Tabel 5.** Rata-rata pH cairan selama proses fermentasi pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Tingkat Keasaman (pH) Cairan Fermentasi Biji Kakao hari ke-				
	1	2	3	4	5
<b>1</b>	3.87±0.365	4.29±0.083	2.67±0.369	5.30±0.227	5.62±0.280
<b>3</b>	4.12±0.221	4.54±0.256	3.15±0.508	5.48±0.211	5.64±0.486
<b>5</b>	4.38±0.177	4.74±0.131	2.91±0.492	5.33±0.382	5.91±0.502

Rata-rata tingkat keasaman (pH) cairan fermentasi biji kakao yang didapatkan selama fermentasi biji kakao berada pada rentang 2,67-5,91. Grafik perubahan rata-rata tingkat keasaman (pH) cairan fermentasi biji kakao dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Grafik rata-rata tingkat keasaman (pH) cairan fermentasi biji kakao

Pada awal fermentasi biji kakao hari ke 1 dan 2 tingkat keasaman cairan fermentasi biji kakao mengalami sedikit kenaikan dan pada hari ke 3 pH cairan fermentasi biji kakao mengalami penurunan yang cukup drastis, kemudian pH cairan fermentasi biji kakao meningkat pada hari ke 4 hingga hari ke 5.

Selama proses fermentasi biji kakao, cairan hasil fermentasi biji akan mengalami perubahan derajat keasaman (pH) sampai pada hari ke 5 dimana pH cairan akan meningkat. Peningkatan pH pada akhir fermentasi disebabkan oleh bakteri asam asetat (BAA) akan mengoksidasi etanol yang dihasilkan menjadi asetat dan selanjutnya menjadi karbon dioksida dan air, asam asetat akan masuk kedalam biji kakao (kotiledon) yang menyebabkan biji mati sehingga pada tahap fermentasi selanjutnya terjadi perubahan enzimatik pada kotiledon biji sehingga pH cairan terus mengalami peningkatan hingga fermentasi sempurna (Apriyanto, 2018).

**2. Tingkat keasaman (pH) Biji Kakao**

**Tabel 6.** Rata-rata tingkat keasaman (pH) biji kakao selama proses fermentasi pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Tingkat Keasaman (pH) Biji Kakao Basah		Tingkat Keasaman (pH) Biji Kakao Kering
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi	
<b>1</b>	7.27±0.91	6.3±0.21	6.74±0.405
<b>3</b>	7.05±0.60	6.21±0.19	6.58±0.215
<b>5</b>	7.01±0.63	6.27±0.27	6.55±0.396

Terjadinya penurunan pH disebabkan oleh *pulp* biji kakao yang mengandung asam sitrat yang memungkinkan tumbuhnya bakteri. Perubahan-perubahan pH tumpukan biji kakao basah disebabkan selama fermentasi berlangsung udara masuk kedalam tumpukan biji kakao disertai dengan masuknya bakteri yaitu bakteri asam asetat sehingga terjadi penetrasi asam terhadap biji kakao (Sigalingging *et al.*, 2020).

pH biji kakao mengalami penurunan dikarenakan bakteri asam laktat mulai berkembangbiak dan sel-sel *pulp* pada biji kakao mulai lepas dari bijinya dan disamping itu bakteri asam asetat mulai mengubah alkohol menjadi asam asetat dalam kondisi aerob sehingga biji kakao akan mati akibat panas asam asetat yang dihasilkan (Mardi, 1990).

**d. Kadar Air**

**Tabel 7.** Rata-rata kadar air biji kakao kering pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Kadar Air (%)
1	6.91±0.332
3	6.24±0.145
5	5.99±0.171

Berdasarkan hasil analisis kadar air biji kakao kering pada **Tabel 7** menunjukkan bahwa perbedaan ketebalan sekam padi berpengaruh terhadap kadar air biji kakao kering. Dimana nilai kadar air pada ketebalan sekam padi 1 cm sebesar 6,91%, ketebalan sekam padi 3 cm sebesar 6,24% dan ketebalan sekam padi 5 cm sebesar 5,99%. Penurunan kadar air terjadi karena adanya proses fermentasi dan pengeringan pada biji kakao. Mawarti *et al.*, (2017) menyatakan bahwa selama proses fermentasi terjadi peningkatan suhu yang mengakibatkan aktivitas mikroba semakin meningkat serta aktivitas enzim akan lebih aktif yang menjadikan *pulp* biji kakao menjadi cair dan jaringan kompleks dalam biji kakao terdegradasi dalam bentuk senyawa organik yang lebih sederhana. Hal ini sejalan dengan pendapat Widya (2003) bahwa selama proses fermentasi akan terjadi kematian biji yang mengakibatkan sifat semi-permeabilitas dinding sel menjadi rusak dan terbukannya pori-pori biji kakao sehingga dapat memudahkan keluarnya air selama proses fermentasi dan pengeringan. Sidabariba *et al* (2017) mengatakan bahwa kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaannya akan semakin besar dengan meningkatnya panas udara pengeringan yang dilakukan.

Ketebalan sekam padi sangat berpengaruh pada penurunan kadar air biji kakao kering yang dapat dilihat pada **Tabel 7**. Semakin tebal sekam padi pada kotak fermentasi maka semakin meningkat pula aktivitas mikroba dan enzim yang disebabkan peningkatan suhu yang terjadi sehingga mempermudah proses keluarnya air selama fermentasi.

Nilai kadar air menurut SNI 2323-2008 adalah maksimal 7,5%. Sehingga menunjukkan kadar air biji kakao kering dari setiap perlakuan yang dihasilkan memenuhi syarat mutu SNI 2323-2008.

#### e. Rendemen

**Tabel 8.** Rata-rata rendemen biji kakao pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Rendemen Biji Kering (%)
1	33,82±0.001
3	35,22±0.009
5	38,50±0.006

Berdasarkan hasil pada **Tabel 8** menunjukkan bahwa nilai rendemen biji kakao pada ketebalan sekam padi 1 cm sebesar 33,82%, ketebalan sekam padi 3 cm sebesar 35,22% dan ketebalan sekam padi 5 cm sebesar 38,50%.

Jika nilai rendemen semakin tinggi maka selama proses fermentasi komponen seperti *pulp* atau plasenta semakin banyak terbuang sehingga kualitas biji yang dihasilkan terfermentasi sempurna dan sebaliknya semakin rendah nilai rendemen maka selama proses fermentasi komponen seperti *pulp* masih menempel pada biji kakao yang tidak terurai secara sempurna oleh mikroba selama proses fermentasi (Sucipto, 2023).

Perbedaan ketebalan sekam padi pada kotak fermentasi biji kakao berpengaruh pada rendemen yang dihasilkan. Semakin tebal sekam padi pada kotak semakin tinggi rendemen yang dihasilkan dan sebaliknya, dikarenakan dengan tercapainya suhu selama proses fermentasi maka proses fermentasi terjadi dengan sempurna.

#### f. Uji Belah (Cut Test)

**Tabel 9.** Rata-rata uji belah biji kakao pengaruh ketebalan sekam padi

Ketebalan Sekam Padi (cm)	Terfermentasi Sempurna (%)	Setengah Terfermentasi (%)	Tidak Terfermentasi (%)	Berjamur (%)
1	86±0.020	4±0.020	7±0.031	3±0.023
3	92.67±0.031	6±0.020	1±0.023	1±0.023
5	97.33±0.012	3±0.012	0±0.000	0±0.000

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel diatas, persentase biji kakao terfermentasi sempurna berada pada rentang 86-97%, biji setengah terfermentasi berada pada rentang 3-6%, biji tidak terfermentasi berada pada rentang 0-7% dan biji berjamur berada pada rentang 0-3%. Hasil klasifikasi uji belah dapat dilihat pada **Tabel 10**.

**Tabel 10.** Klasifikasi biji kakao kering

Warna	Tekstur	Gambar	Persentase Fermentasi
Cokelat	Rapuh dan Banyak rongga		Terfermentasi Sempurna
Coklat Keunguan	Sedikit rapuh dan berongga		Setengah Terfermentasi
Ungu Keabu-abuan (Slaty)	Pejal dan tidak berongga		Tidak Terfermentasi
Cokelat Bercak putih	Berkapas dan berkerut		Berjamur

Perubahan warna disebabkan oleh kandungan senyawa polifenol pada biji kakao. Selama fermentasi, polifenol teroksidasi oleh enzim polifenol oksidase membentuk quinon dan diquinon sedangkan katekin dan epikatekin membentuk senyawa tanin yang menimbulkan rasa sepat dan warna coklat. Sehingga dengan teroksidasinya senyawa polifenol seiring lamanya fermentasi, warna keping biji yang semula berwarna ungu berubah menjadi coklat (Diansari, 2015).

Biji kakao berwarna ungu dikarenakan masih adanya senyawa antosianin didalam biji saat proses fermentasi. Antosianin merupakan senyawa penyusun polifenol yang terdapat pada biji kakao. Antosianin merupakan pigmen berwarna merah, biru, dan ungu. Selama fermentasi antosianin terhidrolisis menghasilkan antosianidin, galaktosa dan arabinosa. Antosianidin yang merupakan hasil hidrolisis antosianin kemudian mengalami polimerasi dengan katekin membentuk leukosianidin yang tidak berwarna. Leukosianidin dan epikatekin dalam pengeringan akan menghasilkan warna coklat (Sulistyowati, 1989). Apabila selama fermentasi antosianin tidak terhidrolisis, maka biji akan cenderung berwarna ungu.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Diperoleh kotak fermentasi biji kakao berkapasitas 3 kg berbahan dasar *Styrofoam* dengan perbedaan ketebelan lapisan sekam padi dengan ukuran kotak dalam berdimensi 29x19x24 cm dengan ukuran kotak luar yang berbeda sesuai dengan perlakuannya. Ukuran kotak luar ketebelan sekam padi (K1) berdimensi 35x25x30 cm, ketebalan sekam padi 3 cm (K2) berdimensi 39x29x34 cm dan ketebalan sekam padi 5 cm (K3) berdimensi 43x33x37 cm.
2. Kotak fermentasi biji kakao berkapasitas 3 kg berbahan dasar *styrofoam* dengan ketebalan sekam padi 5 cm (K3) memperoleh hasil terbaik yakni suhu fermentasi 43,06°C, kadar air 6,18%, pH biji kering 6,32, dan

persentase biji terfermentasi tertinggi sebesar 0,98% serta tidak adanya biji berjamur dan berkecambah pada belahan biji kakao.

### TERIMA KASIH

Ucapan Terimakasih kepada Universitas Jambi, Kampus Pondok Meja yang telah memberikan dukungan fasilitas baik sarana maupun prasarana serta kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian berlangsung.

### V. DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Y., Muzaifa, M., Widayat, H. P., & Martunis, M. (2022). Peningkatan Mutu Kakao Melalui Fermentasi Menggunakan Starter Kering Bakteri Asam Laktat Dan Bakteri Asam Asetat Indigenus Kakao Aceh. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*.
- Alam, N., Muhandi, Rahim, A., Hutomo, G. S., Kadir, S., Samuddin, S., Salingkat, C. A., Priyantono, E., Ponirin, & Suwiryono, D. G. (2022). Pengembangan Teknik Fermentasi Dalam Meningkatkan Mutu Biji Kakao (*Theobroma Cacao L*).
- Amin, S. (2005). *Teknologi Pasca Panen Kakao untuk Masyarakat Perkakaoan Indonesia*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Press.
- AOAC (2005). *Official methods of analysis. association of official analytical chemists. Benjamin Franklin Station, Washington*
- Apriyanto, M. (2018). Suksesi Mikrobial Terhadap Penurunan Etanol, Asam Laktat Dan Asam Asetat Selama Fermentasi Biji Kakao. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(2).
- Apriyanto, M., Sutardi, S., Supriyanto, S., & Harmayani, E. (2018). Fermentasi Biji Kakao Kering Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus lactis*, dan *Acetobacter aceti*. *Agritech*
- Ariyanti, M. (2017). Karakteristik Mutu Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) Dengan Perlakuan Waktu Fermentasi Berdasar SNI 2323-2008. (*Quality Characteristics Of CocoaBeans (Theobroma cacao L) With Time Fermentation Treatment Based on ISO 2323-2008*). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), 34–42.
- Artika, N. K. E., Sukmawaty, & Putra, G. M. D. (2018). Evaluasi Pindah Panas Kotak Pendingin Dari Paduan Sekam Padi Dengan Resin. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 6(2), 156-167.
- Badan Pusat Statistika Indonesia. (2022). *Statistik Kakao Indonesia* : Jakarta.
- Badan Pusat Statistika Provinsi Jambi. (2021). *Luas Tanaman Perkebunan Menurut Jenis Tanaman 2021*. Provinsi Jambi : Badan Pusat Statistik.
- Diansari, A. Z. (2015). Karakteristik Fisik, Kimia Dan Mikrobiologis Biji Kakao Kering Produksi PTPN XII Kebun Kalikempit - Banyuwangi. In Skripsi. Universitas Jember. Jember.
- Gonibala, M., Rawung, I. H., & Ludong, I. M. M. (2018). Kajian Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao L*) Menggunakan Fermentor Tipe Kotak Dinding Ganda Dengan Aerasi. In *Cocos* (Vol. 10, No. 3).
- Hartuti, S., Bintoro, N., Karyadi, J. N. W., & Pranoto, Y. (2018). Fermentasi Isothermal Kakao (*Theobroma Cacao L*) Dengan Sistem Aerasi Terkendali. *Agritech*, 38(4), 364–374.
- Hii, C.L., C.L. Law, M. Cloke and S. Suzannah, (2009). *Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. Biosyst. Eng., 102: 153-161. International Office of Cocoa, Chocolate and Sugar Confection (IOCCC), 1996. Determination of free fatty acids (FFA) content of cocoa fat as a measure of cocoa nib acidity.*
- Mahardika, E. L. (2015). Karakteristik Fisiko Kimia Biji Kakao (*Theobroma Cacao L*) Hasil Variasi Jenis Ukuran dan Wadah Fermentasi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.
- Mardi, (1990). *Panduan Penanaman dan Pemrosesan Kakao*, Berita Publishing SDN. BHD., Kuala Lumpur, Malaysia.
- Marwati, T. (2017). Penghambatan Pertumbuhan Mikotoksin Memproduksi Jamur oleh Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi dari Biji Kakao Fermentasi (*Theobroma cacao L*) di Indonesia. Konferensi ASEAN Ke 15 Tentang Ilmu Dan Teknologi Pangan.
- Mulyono, D. (2016). Harmonisasi Kebijakan Hulu-Hilir dalam Pengembangan Budidaya dan Industri Pengolahan Kakao Nasional. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 7(2), 185–200.
- Schwan, R.F. dan Wheals, A.E. (2004). *The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44: 205–221.

- Sidabariba, N.W., Ainun, R., & Saipul, B.D. (2017). Uji Variasi Suhu Pengeringan Biji Kakao dengan Alat Pengering Tipe Kabinet Terhadap Mutu Bubuk Kakao. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. Vol. 5 (1) ; 192-195.
- Sigalingging, H. A., Putri, S. H., & Iflah, T. (2020). Perubahan fisik dan Kimia biji kakao selama fermentasi. *Jurnal Industri Pertanian (JUSTIN)*, 2(2), 158-165.
- Sucipto, C. W. V., & Handoko, Y. A. (2023). Analisis Perbandingan Kualitas Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Dengan Berbagai Wadah Fermentasi Menggunakan Kultur Campur. *Teknotan*, 16(3), 182.
- Sulistiyowati dan Soenaryo. (1989). Optimasi Lama Fermentasi dan Perendaman Biji Kakao Mulia. *Pelita Pekebunan*. Vol. 5 (1): 37-45.
- Susanto, F.X. (1994). *Tanaman kakao (Budidaya dan Pengolahan Hasil)*. Kanisius, Yogyakarta.
- Wibowo, Hary., Toto Rusianto, dan Manarul Ikhsan. (2008). Pengaruh Kepadatan dan Ketebalan Terhadap Sifat Isolator Panas Papan Partikel Sekam Padi. *Jurnal Teknologi*. Vol 1 (2): 107-111.
- Widya, (2003). *Penyimpanan, Pengeringan Dan Sortasi Biji Kakao Dan Kopi*.