

RANCANG BANGUN KOTAK FERMENTASI KAKAO BERBAHAN *STYROFOAM* BERLAPIS SEKAM PADI DENGAN 3 VARIASI BERAT BIJI TERHADAP KUALITAS BIJI YANG DIHASILKAN

Design and Development of a Cocoa Bean Fermentation Box Made of Styrofoam Lined with Rice Husk for Three Different kakao Bean Weights to Assess Quality

Salsha Mida^{#1}, Indriyani¹, Dian Wulansari

¹Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi
Kampus Pondok Meja Jl. Tribata Km 11, Jambi, Indonesia

[#]Penulis korespondensi: E-mail: salshamida1@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk merancang kotak fermentasi biji kakao berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi pada berbagai ukuran untuk berat biji 1, 2, 3 kg dan mendapatkan ukuran kotak kecil terbaik pada kotak fermentasi biji kakao berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi yang dapat menghasilkan mutu biji kakao kering sesuai standar. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan perlakuan variasi berat biji yang terdiri dari 3 taraf yaitu K1 = 1 kg, K2 = 2 kg, K3 = 3 kg. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 9 satuan percobaan. Data hasil penelitian diuji dengan metode deskriptif menggunakan standar deviasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas kotak terbaik terdapat pada 2 kg. Kapasitas kotak 2 kg diperoleh suhu fermentasi sebesar 41 °C, pH keping biji setelah fermentasi sebesar 6,39, kadar air biji kakao kering sebesar 5,77 %, kadar kotoran biji kering sebesar 0,37 % dengan grade mutu A.

Kata kunci: Kakao; Fermentasi; *Styrofoam*; Berat Biji

Abstract – This study aims to design a cocoa bean fermentation box made of styrofoam coated with rice husks in various small capacities and obtain the best small capacity in a cocoa bean fermentation box made of styrofoam coated with rice husks that can produce dry cocoa bean quality according to standards. This study uses an experimental method with a small box capacity treatment consisting of 3 levels, namely K1 = 1 kg, K2 = 2 kg, K3 = 3 kg. Each treatment was repeated 3 times so that 9 experimental units were obtained. The research data were tested using a descriptive method using standard deviation. The results showed that the best box capacity was 2 kg. The 2 kg box capacity obtained a fermentation temperature of 41 °C, a pH of the bean pieces after fermentation of 6.39, a dry cocoa bean water content of 5.77%, a dry bean waste content of 0.37% with a quality grade of A.

Keywords: Cocoa ; Fermentation; *Styrofoam*; Beans

I. PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas unggulan perkebunan di Indonesia dengan luas lahan 1,2 juta hektar dan produksi sekitar 500 ribu ton per tahun pada 2020, menjadikan Indonesia produsen kakao terbesar ketiga dunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Kementerian Perindustrian, 2021). Kualitas biji kakao kering di Indonesia masih perlu diperbaiki karena sekitar 70% produksinya belum memenuhi SNI dan didominasi oleh biji non-fermentasi yang murah namun sering tercampur kotoran (Hartuti, 2018). Petani kakao dengan lahan kecil sering melewati proses fermentasi karena hasil panen mereka kurang dari 5 kg dan tidak mencukupi volume kotak fermentasi, sehingga biji kakao langsung dicuci dan dijemur.

Fermentasi biji kakao adalah proses alami yang melibatkan mikroorganisme dan oksigen untuk menghasilkan cita rasa coklat yang enak. Suhu berperan penting dalam fermentasi, karena suhu optimal pada rentang 44 °C – 48 °C diperlukan agar proses biokimia berjalan dengan sempurna (Gonibala *et al.*, 2019; Mutia Tsani Az Zahra, 2023). Fermentasi biji kakao penting untuk membentuk aroma dan rasa coklat yang khas. Proses ini mengubah senyawa seperti asam asetat, polifenol, gula, dan protein menjadi prekursor aroma, serta mengurangi rasa pahit dan sepat, sehingga menghasilkan biji kakao yang berkualitas tinggi (Dewi, 2020; Apriyanto, 2020). Kualitas dan keamanan fermentasi kakao sangat penting untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus* mengubah karbohidrat menjadi asam laktat dengan bantuan suhu, yang juga berperan dalam mengontrol fermentasi dan menghasilkan rasa serta aroma khas kakao (Nizori, 2021; Mifta Gatya, 2021).

Ukuran dan jenis wadah sangat mempengaruhi proses fermentasi. Untuk fermentasi skala kecil yakni kurang dari 5 kg, penelitian oleh Wiantoro (2022) dan Arinata (2020) menunjukkan bahwa wadah berbahan *styrofoam* efektif digunakan karena mampu menahan panas dengan baik, mudah ditemukan, dan mudah dibentuk sesuai kebutuhan petani. Suhu fermentasi ideal biji kakao yakni 44 °C – 48 °C umumnya dapat tercapai jika jumlah biji minimal 40 kg, sedangkan jumlah di bawahnya sulit mencapai suhu tersebut dan beresiko menimbulkan jamur (Rohimin, 2021; Ariyanti, 2017).

Penelitian Arinata (2020) menunjukkan bahwa fermentasi pada skala kecil seperti kotak berkapasitas 7,5 kg menghasilkan suhu tertinggi pada hari ke-3 dari proses fermentasi selama 5 hari. Kegagalan dalam mencapai suhu fermentasi yang ideal berdampak pada mutu biji kakao kering, salah satunya karena bahan kotak fermentasi tidak mampu menahan panas (Artika, 2018). Oleh karena itu, diperlukan bahan isolator panas yang baik seperti sekam padi yang memiliki konduktivitas panas lebih rendah dari kayu dan mampu menjaga suhu serta telah dimanfaatkan untuk melindungi es dan meningkatkan kualitas genteng (Joelianingsih, 2004). Penelitian ini bertujuan untuk merancang kotak fermentasi biji kakao berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi pada berbagai kapasitas kecil dan mendapatkan kapasitas kecil terbaik pada kotak fermentasi biji kakao berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi yang dapat menghasilkan mutu biji kakao kering sesuai standar.

II. METODE PENELITIAN

a. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu biji buah kakao basah varietas Lindak (*Forastero*) yang diperoleh dari perkebunan rakyat di Desa Tangkit Baru Kabupaten Muaro Jambi, *styrofoam* dengan ketebalan 2 cm, $\pm$ 5 kg sekam padi. Bahan pembuatan kotak fermentasi yaitu pipa paralon, selang diameter 1 cm, pipa PVC ukuran $\frac{1}{2}$ inch, penutup pipa PVC, selang karet elastis, lem *expanded polystyrene* UHU, plaster, plastik *ziplock*, plastik klip, kertas label, mata bor, mur, dan baut.

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu aplikasi *sketchup 2017* bor listrik, grinda tangan, termometer digital, pH meter digital, timbangan digital, neraca analitik digital merk *fujitsu* FSR-B1200 akurasi 0,01, oven laboratorium merk *faithful* WHLL125 BE, cawan porselin, cawan petri, sendok takar kimia, tang krusibel, tatakan loyang, desikator, tanur merk *Narbertherm*, ayakan 8 mesh, ember plastik, loyang alumunium, gunting, alat tulis, penggaris, talenan, dan pisau *cutter*.

b. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan perlakuan kapasitas kotak kecil bersimbolkan “K” yang terdiri dari 3 taraf yaitu:

K1 = 1 kg

K2 = 2 kg

K3 = 3 kg

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 9 satuan percobaan.

Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 tahap yaitu:

1. Perancangan Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan Dasar *Styrofoam* Berlapiskan Sekam Padi variasi berat biji 1, 2 dan 3 kg yang Dilengkapi Dengan Pengaduk dan Pengukur Suhu

Rancangan kotak fermentasi dibuat menggunakan aplikasi *SketchUp 2017* dengan bentuk persegi empat yang terdiri dari kotak luar dan dalam berukuran berbeda, mengikuti perhitungan berat biji 1, 2, dan 3 kg berdasarkan Arinata *et al.*, (2019). Terdapat celah 2 cm antar kotak untuk sekam padi sebagai isolator, serta tambahan lubang aerasi di setiap sisi, dua lubang di penutup atas untuk pengaduk dan pengukur suhu, dan lubang di bagian bawah untuk saluran pembuangan air fermentasi.

2. Perakitan Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan Dasar *Styrofoam* Berlapiskan Sekam variasi berat biji Padi Hasil Rancangan Tahap 1

Kotak fermentasi pada tahap 1 dibuat dari *styrofoam* tebal 2 cm untuk kotak dalam dan luar. Pengaduk menggunakan pipa PVC diameter $\frac{1}{2}$ inch, dengan baling-baling 3,5 mm. Lubang aerasi antar kotak dihubungkan dengan selang elastis 1 cm, dan pembuangan cairan fermentasi menggunakan selang elastis yang mengalir ke botol plastik tertutup. Penyatuan kepingan *styrofoam* dilakukan dengan lem khusus dan lidi bambu. Lubang aerasi, pembuangan cairan, dan pengukur suhu dibuat menggunakan bor 3 mm. Pengaduk dipasang dari bawah, dan tutup atas kotak disambungkan dengan pipa PVC yang ditutup dengan penutup pipa.

3. Uji Coba Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan Dasar *Styrofoam* Berlapiskan Sekam Padi Hasil Rakitan Tahap 2

Uji coba kotak fermentasi biji kakao dari *styrofoam* dilakukan dengan tiga perlakuan berat biji (1, 2, dan 3 kg), diulang tiga kali untuk menghasilkan 9 percobaan. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menghitung rata-rata dan standar deviasi. Parameter yang diamati meliputi pH tumpukan awal, suhu, pH cairan *pulp* selama fermentasi, serta pH tumpukan akhir. Setelah fermentasi, parameter biji kakao kering yang diamati meliputi pH, kadar air, kadar kotoran, mutu, uji belah, dan rendemen.

c. Pelaksanaan Penelitian

1. Persiapan Alat dan Bahan

- 1) Persiapan Perancangan Kotak Fermentasi (Arinata *et al.*, 2019)

Perancangan kotak fermentasi menggunakan tiga ukuran kotak untuk kapasitas 5,5 kg, 7,5 kg, dan 9,5 kg. Untuk kapasitas 1, 2, dan 3 kg, ukuran kotak dalam diperkecil menjadi 24x14x18 cm, 24x14x22 cm, dan 26x14x24 cm. Sketsa kotak fermentasi berbahan *styrofoam* berlapiskan sekam padi, dilengkapi dengan pengukur suhu dan pengaduk,

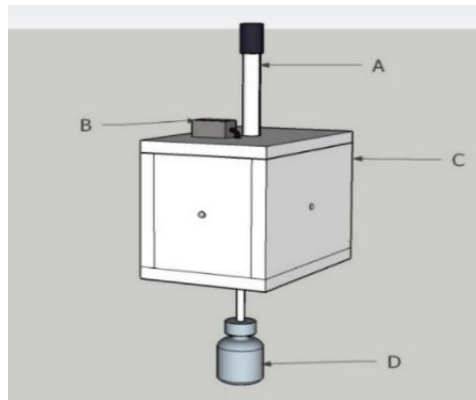
serta dirancang menggunakan *SketchUp 2021*. Kotak memiliki 4 lubang aerasi, 2 lubang untuk pengaduk dan pengukur suhu, serta lubang pembuangan cairan di bagian bawah dengan selang elastis berdiameter 1 cm.

2) Persiapan Bahan Kotak Fermentasi variasi berat biji 1, 2, 3 kg Hasil Rancangan

Buah kakao yang telah dipanen baik berjumlah ± 350 buah dibelah dengan cara dipukul menggunakan benda tumpul lalu biji kakao dikeluarkan dan dipisahkan dari empulur (plasenta) kemudian biji kakao dimasukkan ke dalam satu wadah ember plastik dan diaduk agar mendapatkan keadaan biji yang homogen, Selanjutnya biji kakao basah diukur pH tumpukan awal dan ditimbang sebanyak 3 bagian yaitu untuk perlakuan 1 kg, 2 kg, dan 3 kg.

2. Perancangan Kotak Fermentasi

Sketsa kotak fermentasi biji kakao berlapisan sekam padi dirancang menggunakan aplikasi *SketchUp 2021* dalam dua tahap yaitu perancangan kotak luar dan dalam, serta tongkat pengaduk. Proses pembuatan menggunakan berbagai *tools* seperti *rectangle*, *circle*, *push/pull*, dan lainnya. Hasil gambar teknik disimpan dengan mengubah *view* dan diekspor dalam tampilan 3D *graphic*. Sketsa kotak fermentasi hasil rancangan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



A = Tongkat pengaduk fermentasi, B = Termometer pengukur suhu,
C = kotak fermentasi, D = Wadah Penampung Cairan Fermentasi.

Gambar 1. Sketsa kotak fermentasi hasil rancangan

3. Perakitan Kotak Fermentasi

Seluruh lembaran *styrofoam* kotak dalam dan luar disatukan menggunakan lem khusus hingga membentuk kotak balok kotak dalam dimasukkan ke dalam kotak luar dan diberi 1 sambungan lubang aerasi di setiap sisi menggunakan selang elastis, kecuali lembar bagian tutup atas dan alas bawah yang diberi 2 lubang yaitu lubang untuk tongkat pengaduk dan pengukur suhu (termometer digital) pada bagian atas dan 1 lubang pembuangan cairan fermentasi pada bagian bawah, sekam di tempatkan pada ruang antara kotak dalam dan kotak luar dengan ketebalan 2 cm.

4. Uji Kinerja Kotak Fermentasi Variasi Berat Biji 1, 2, dan 3 kg

1) Fermentasi Biji Kakao

Proses fermentasi dilakukan pada ruangan tertutup dan kotak fermentasi yang telah dirakit diletakkan diatas meja kayu agar memudahkan pada proses pengaliran cairan fermentasi ke dalam wadah penampung, biji kakao di fermentasi selama 5 hari atau 120 jam dengan dilakukan pengadukan sekali dalam 24 jam menggunakan tongkat pengaduk secara merata dan perlahan. Sepanjang proses fermentasi dilakukan pengukuran suhu dilakukan sebanyak 4 kali dalam sehari (setiap 6 jam) dan pH cairan yang tertampung pada wadah plastik tertutup diukur sebanyak 2 kali dalam sehari (setiap 12 jam).

2) Pencucian, Perendaman dan Pengeringan Biji Kakao

Pencucian biji kakao yang telah di fermentasi dilakukan agar proses fermentasi berhenti seutuhnya, membuang sisa *pulp*, dan memberikan kesan biji yang bersih dan berwarna bagus saat di jemur. Proses pencucian biji dilakukan dengan cara menggosok biji dalam keranjang berjaring dan direndam selama 30 menit dalam baskom berisi air, setelah di rendam biji di tiriskan dan di keringkan. Pengeringan biji kakao yang telah di cuci dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari hingga kadar air berkurang sebanyak 6% atau dilihat dengan kasat mata tampilan biji berwarna coklat kehitaman kurang lebih selama 5 hari dengan rentang waktu 8 jam per hari pada kondisi matahari terik dari pagi hingga sore.

d. Analisis Parameter Penelitian

1. Suhu Fermentasi Biji Kakao (Mahardika, 2015)

Pengukuran suhu fermentasi kakao dilakukan selama 5 hari berturut-turut dalam 120 jam dan di cek secara berkala setiap 6 jam sekali menggunakan termometer digital melalui lubang yang terdapat pada bagian atas kotak fermentasi. Proses pengukuran suhu fermentasi ini dilakukan selama 1 menit pada titik tengah tumpukan biji kakao yang berada di dalam kotak fermentasi, angka yang terlihat pada layar kecil termometer digital di foto dan di catat hasil dari tiap pengukuran suhunya dengan memperhatikan suhu ruangan.

2. Uji pH Cairan Fermentasi Pulp Biji Kakao (Aryani *et al.*, 2018)

Pengukuran pH cairan *pulp* biji kakao dilakukan setiap 12 jam sekali menggunakan alat pH meter digital. Adapun metode pengukuran pH sebagai berikut: Cairan yang tertampung pada wadah plastik tertutup dimasukan ke dalam mangkok plastik dan di ukur pH nya menggunakan pH meter digital, di tunggu selama 30 detik dan di catat hasilnya.

3. Uji pH Tumpukan Awal Biji Kakao (Hilaria, 2020)

Pengukuran pH tumpukan awal dilakukan dengan alat pH meter digital pada saat biji kakao dalam keadaan homogen sebelum dimasukan ke dalam kotak fermentasi untuk melihat perbandingan dari perubahan pH sebelum dan setelah fermentasi.

4. Uji pH Tumpukan Akhir Biji Kakao (Hilaria, 2020)

Biji kakao yang telah terfermentasi selama 120 jam dikeluarkan dari kotak fermentasi dan diletakan di atas nampan, lalu permukaan atas di uji menggunakan pH meter digital, di stabilkan selama 30 detik atau selama angka pH meter tidak berubah lagi, dengan terdapat hasil penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pH setelah fermentasi cenderung berubah lebih tinggi atau lebih rendah dari pH tumpukan awal.

5. Uji pH Keping Biji Kakao Kering (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Uji derajat keasaman atau pH keping biji kakao kering dilakukan dengan mengambil 15 g sampel per satuan percobaan yang sudah dihaluskan dengan ayakan 8 *mesh*, sebelum memulai pengukuran pH keping biji kakao kering, pH meter dikalibrasi terlebih dahulu, kemudian sampel dilarutkan dalam 100 ml aquades yang telah dipanaskan paada suhu 100 °C sebelumnya, lalu di biarkan homogen dan dinginkan selama 15 menit, kemudian, elektroda dicelupkan pada larutan sampel dan dibiarkan beberapa menit sehingga di peroleh pembacaan yang stabil dan nilai pH dicatat. Hasil uji derajat keasaman akan dibuktikan dalam bentuk surat keterangan dari Laboratorium Kimia, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi.

6. Uji Kadar Air Biji Kakao Kering (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Uji kadar air dilakukan dengan metode oven mengacu pada SNI 2323:2008. Cawan porselin disterilisasi terlebih dahulu menggunakan oven selama 30 menit pada suhu 105 °C, kemudian didinginkan di dalam desikator selama 30 menit dan di timbang berat cawan. Sampel biji kakao sebanyak 10 g yang telah haluskan di ayak pada ukuran 8 *mesh* lalu dimasukan ke dalam cawan porselin, lalu di masukkan kedalam oven selama 1 jam dengan suhu ± 105 °C, setelah cawan porselin keluar dari oven selanjutnya cawan porselin diambil dan dipindahkan ke dalam desikator untuk didinginkan selama ± 15 menit, kemudian dilakukan penimbangan untuk memperoleh data kadar air, cawan dan sampel di timbang hingga mendapatkan angka konstan. Nilai kadar air biji kakao kering dapat dihitung dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots \text{Pers (1)}$$

7. Uji Kadar Kotoran (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Uji kadar Kotoran ini dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 100 g setiap satuan percobaan, lalu dipisahkan sampah dengan kriteria plasenta, biji dempet, pecahan kulit, biji pipih, ranting, dan benda asing seperti pecahan batu, pasir dan lainnya. Benda dengan kriteria sampah tersebut di timbang menggunakan neraca analitik digital dengan ketelitian 2 angka di belakang koma (0,00) dan dicatat hasilnya.

8. Uji Mutu (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Pengujian mutu dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 100 g lalu sampel biji kakao kering dari setiap satuan percobaan di susun sebanyak 10 biji di setiap baris dan di hitung berapa banyak biji dari susunan biji tersebut dengan ketentuan *grade* pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2. Standar Mutu Biji Kakao (SNI 2323:2008)

Grade	Jumlah Biji
AA	0 – 85
AA	86 – 100
B	101 – 110
C	111 – 120
D	> 120

Sumber: Standar Nasional Indonesia 2323:2008

9. Uji Belah (Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Pengujian ini dilakukan dengan penglihatan mata dan bersifat subjektif, standar dari biji yang terfermentasi dilihat dengan cara mengambil 50 sampel biji per satuan percobaan, kemudian masing masing biji dibelah vertikal pada bagian tengah keping biji dan menghasilkan 100 keping biji, dengan parameter pengamatan kualitas biji berupa biji coklat (berwarna coklat tua dan muda), biji ungu (*slaty*) atau biji yang masih berwarna ungu, dan berjamur, kemudian persentase dari setiap karakteristik uji belah keping biji disusun berdasarkan jenis dan dihitung, kemudian dicatat setiap hasil kepingan biji berdasarkan pengelompokan kualitas.

10. Uji Rendemen (SNI 2323:2008)

Persentase rendemen diukur dengan cara membandingkan berat awal dan berat akhir sampel, berat awal sampel biji kakao basah yang akan di fermentasi di timbang, kemudian bobot sampel biji kakao yang telah difermentasi setelah melalui proses penjemuran di timbang kembali. Persentase rendemen biji kakao kering setelah difermentasi dapat dihitung dengan persamaan (2) sebagai berikut:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \dots \text{Pers (2)}$$

e. Analisis Data

Data hasil penelitian diuji dengan metode deskriptif menggunakan standar deviasi melalui aplikasi pengolah data *Microsoft Excel* 2016.

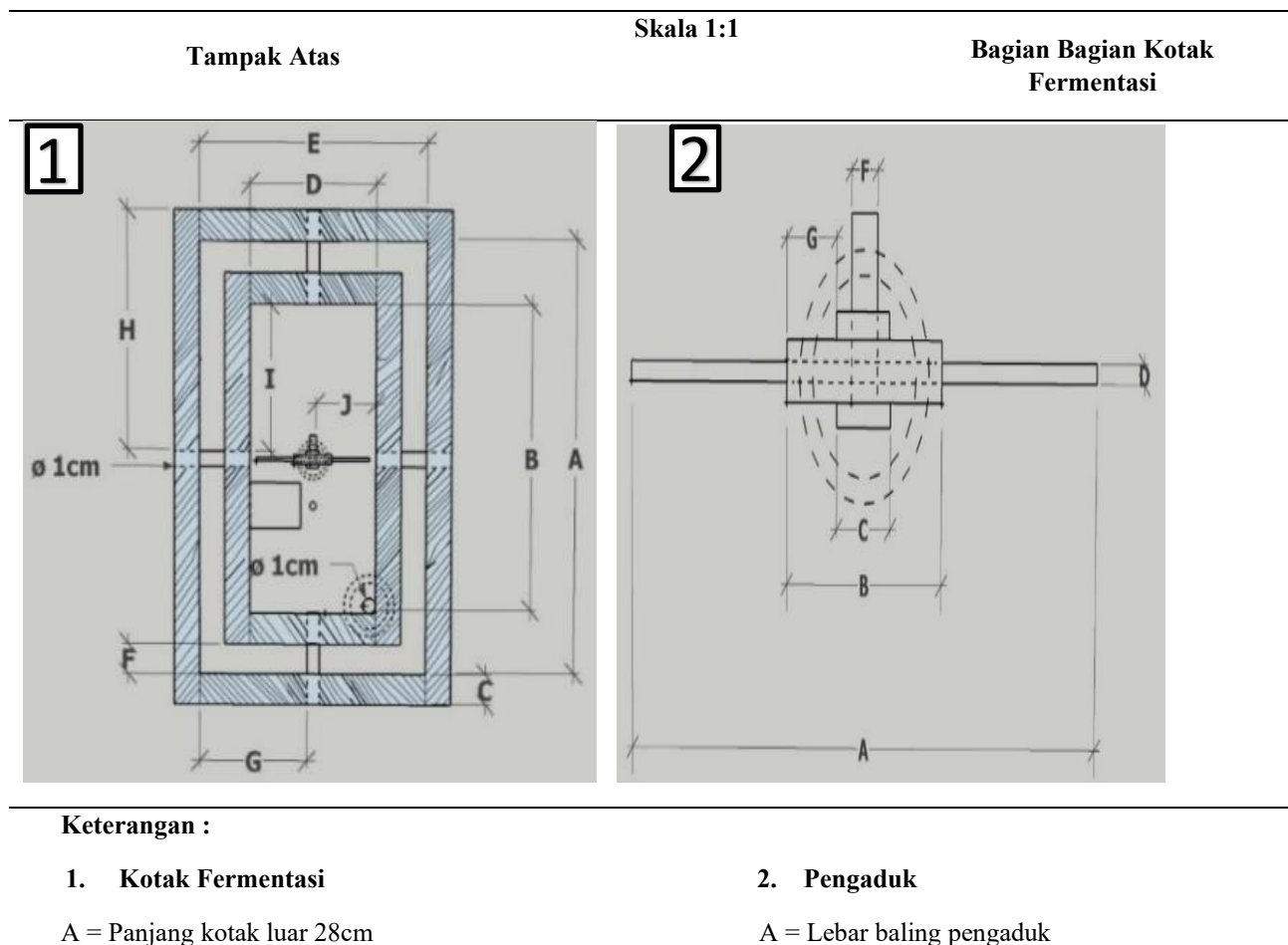
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Deskripsi Produk

1. Gambar Teknik Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbahan *styrofoam* Berlapiskan Sekam Padi Variasi Berat Biji 1, 2, 3 kg

Hasil Rancangan kotak fermentasi biji kakao berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi variasi berat biji 1, 2, 3 kg menggunakan aplikasi *sketchup 2017* disajikan dalam **Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.**

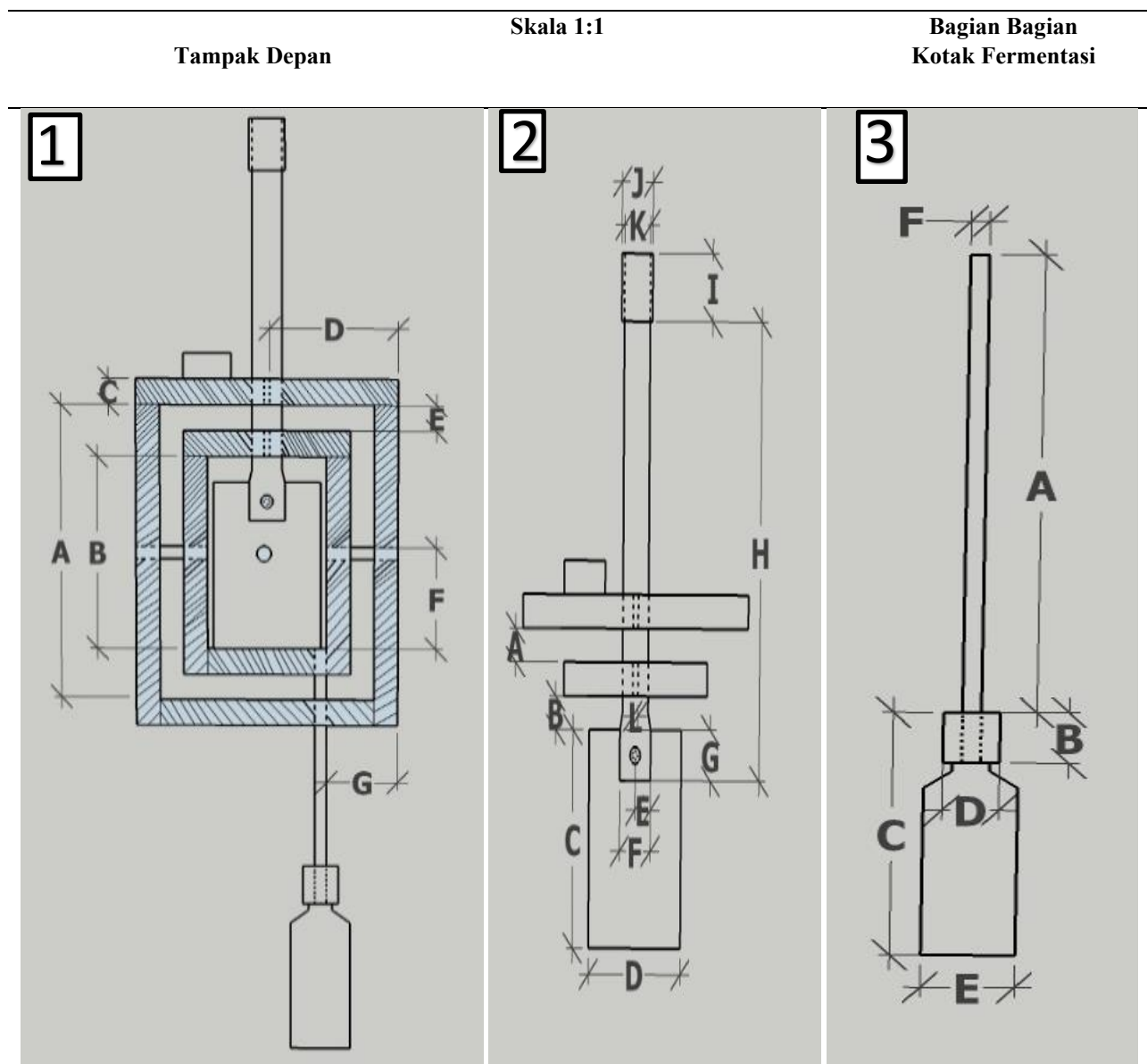
Tabel 3. Gambar hasil rancangan dan rakitan kotak fermentasi biji kakao berbahan *styrofoam* berlapiskan sekam padi variasi berat biji 1,2,3 kg.



B = Panjang kotak dalam 20cm
 C = Tebal dinding kotak 2cm
 D = Lebar kotak dalam
 (1kg : 14cm, 2kg : 18cm, 3kg: 22cm)
 E = Lebar kotak luar
 (1kg : 22cm, 2kg : 26cm, 3kg: 30cm)
 F = Ruang kosong antar kotak 2 cm
 G = Jarak lubang aerasi
 (1kg : 13cm, 2kg : 15cm, 3kg: 17cm)
 H = Jarak lubang aerasi 16cm
 I = Jarak pengaduk dari kotak dalam 9cm
 J = Jarak pengaduk dari kotak dalam
 (1kg : 7cm, 2kg : 9cm, 3 kg : 11cm)

1kg : 12cm, 2kg : 16cm, 3kg : 22cm
 B = Lebar penjepit baling 3cm
 C = Diameter kepala baut 1cm
 D = Tebal baling 0,2cm
 E = Diameter batang baut 0,5cm

Tabel 4. Gambar teknik hasil rancangan kotak fermentasi biji kakao berbahan *Styrofoam* berlapiskan sekam padi variasi berat biji 1,2,3 kg tampak depan



Keterangan:

1. Kotak fermentasi

A = tinggi kotak luar
 1kg : 22cm, 2kg : 26cm, 3kg : 28cm

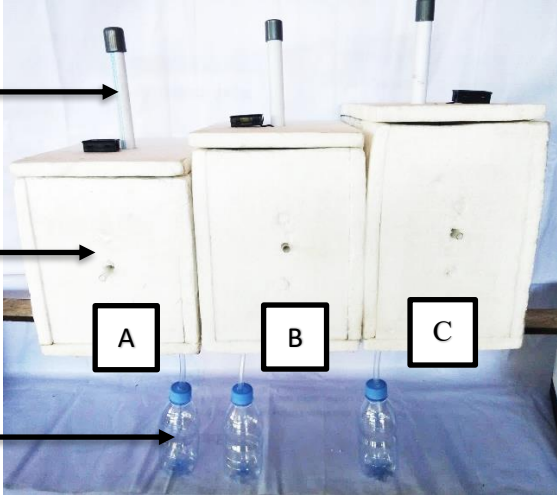
2. Pengaduk

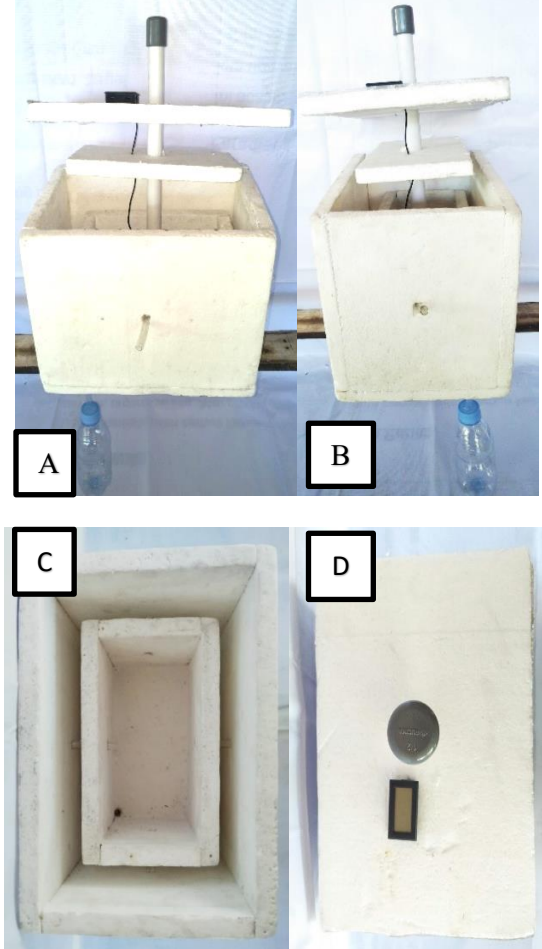
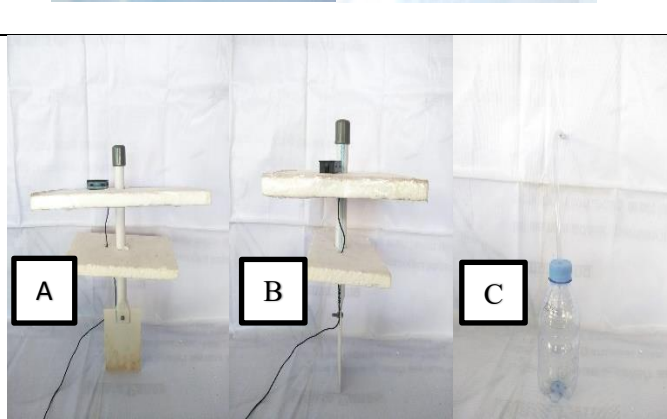
A = Panjang jarak thermometer
 dari kotak luar 10cm

B = tinggi kotak dalam 1kg : 14cm, 2kg : 18cm, 3kg : 20cm	B = jarak thermometer dengan lubang pengaduk 5cm
C = Panjang kotak luar 1kg : 28cm, 2kg : 28cm, 3kg : 30cm	C = Jarak antara lubang thermometer dengan lubang pengaduk 3cm
D = Panjang kotak dalam 1kg : 20cm, 2kg : 20cm, 3kg : 22cm	D = jarak antar tutup kotak 2cm
E = Jarak baling dari kotak dalam 10cm	E = Tinggi tuas pengaduk ke tutup kotak luar 20cm
F = jarak tinggi lubang aerasi dari kotak Luar 11,5cm	F = tebal tutup kotak luar 2cm
G = tinggi lubang aerasi dari kotak Dalam 7,5cm	G = tebal tutup kotak dalam 2cm
H = tebal dinding kotak 2cm	H = jarak Panjang lubang pengaduk ke tutup kotak dalam 12cm
I = tinggi tuas pengaduk ke tutup kotak luar 20cm	I = jarak tutup kotak dalam ke baling pengaduk 2cm
J = jarak panjang lubang dari tutup kotak luar 16cm	J = Tinggi penjepit baling pengaduk 3cm
K = ruang kosong antar kotak 2cm	K = Tinggi baling pengaduk 13cm
L = jarak antar lubang pengaduk dengan lubang thermometer 3cm	
C = Tinggi wadah penampung 15cm	
D = Diameter tutup wadah 3cm	
E = Diameter wadah 5cm	
F = Diameter selang 1cm	

Hasil rancangan dari bagian bagian kotak fermentasi yang disajikan dalam bentuk design gambar teknik pada **Tabel 3, 4, dan 5**, kotak fermentasi berbahan *styrofoam* digambarkan dengan beberapa komponen kotak yaitu kotak luar, kotak dalam, tongkat pengaduk biji kakao, dan wadah penampung cairan hasil fermentasi. Jarak antara kotak luar dan kotak dalam atau ruang yang menjadi tempat sekam padi berukuran 2 cm, terdapat lubang aerasi pada setiap sisi kotak dalam dan luar yang dihubungkan menggunakan selang elastis berbahan plastik silikon yang berdiameter 1 cm. Tongkat pengaduk biji kakao diposisikan pada bagian tengah kotak dalam melalui lubang yang ada pada penutup kotak fermentasi. Wadah cairan fermentasi dihubungkan menggunakan selang elastis melalui bagian bawah pada kotak fermentasi.

Tabel 6. Kotak fermentasi biji kakao berbahan *styrofoam* berlapisan sekam padi variasi berat biji 1kg, 2kg, 3kg.

Gambar	Keterangan
	A: Kotak ermentasi 1 kg dengan 4 lubang
	B: Kotak fermentasi 2 kg dengan 4 lubang
	C: Kotak fermentasi 3 kg dengan 4 lubang
1	Tongkat pengaduk biji kakao selama proses fermentasi
2	Kotak fermentasi
3	Wadah penampung cairan hasil fermentasi

Gambar	Keterangan
	A: Tampak samping kotak setelah penutup kotak luar dan dalam dibuka. B: Tampak depan kotak setelah petutup kotak luar dan dalam dibuka C: Isi bagian dalam kotak fermentasi, terdapat kotak dalam sebagai tempat biji kakao, ruang kosong antar kotak akan diletakan sekam padi dan setiap lubang aerasi terdapat selang bening elastis yang terhubung ke kotak luar. D: Tampak katas kotak fermentasi yang di lengkapi tongkat pengaduk dan thermometer.
	A: Tampak samping tongkat pengaduk biji kakao di lengkapi thermometer beserta tutup kotak luar dan dalam yang terpasang B: Tampak depan alat pengaduk C: wadah penampung cairan fermentasi dengan botol berbahan plastik berkapasitas 300ml yang diberi selang berbahan karet dan akan terhubung pada kotak

Hasil rakitan kotak fermentasi biji kakao berbahan *styrofoam* berlapis sekam padi hasil rakitan dari gambar teknik disajikan pada **Tabel 9**. Kotak fermentasi yang memiliki ketebalan 2cm. Tongkat pengaduk pada kotak fermentasi yang terdiri atas 2 bagian yaitu tutup tuas dan tuas berbahan pipa plastik PVC, baling pengaduk berbahan plastik PVC. Rangkaian alat pengaduk pada baling disatukan dengan mur dan baut berbahan logam. Pada bagian kedua tutup digabungkan bersama tongkat pengaduk dan diberi jarak 2cm, Alat termometer ditempatkan pada tutup atas kotak luar dengan kabel yang disalurkan ke tutup kotak dalam. Wadah penampung cairan fermentasi dibuat dengan menggunakan botol plastik berukuran 300ml dialirkan menggunakan selang elastis berbahan plastik silikon.

Tabel 7. Deskripsi Biji kakao kering hasil fermentasi menggunakan kotak berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi variasi berat biji 1, 2, 3 kg.

Variasi Berat Biji (kg)	Penampakan Biji Kakao Kering	Deskripsi Biji Kakao
1		Bentuk: Bulat padat & terdapat sedikit biji pipih. Warna: Cokelat kemerahan dan kehitaman. Fisik: Tidak ada biji yang memiliki bercak putih.
2		Bentuk: Bulat padat dan beberapa biji pipih. Warna: Cokelat kemerahan dan coklat kehitaman. Fisik: Beberapa biji memiliki bercak putih.
3		Bentuk: Bulat padat dan banyak biji pipih. Warna: Coklat hitam, coklat kemerahan dan sedikit coklat muda. Fisik: Kulit biji memiliki bercak putih

b. Suhu Fermentasi Biji Kakao

Data rata-rata suhu fermentasi dari 3 kali ulangan untuk variasi berat biji 1, 2, 3 kg disajikan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Data Suhu Fermentasi Biji Kakao (°C) Pada Variasi Berat Biji 1, 2, 3 kg

Variasi Berat Biji (kg)	Suhu (°C) Dalam Kotak Fermentasi Pada Hari ke-				
	1	2	3	4	5
1	33,3 ± 0.907	41,1 ± 0.289	38,2 ± 0.802	41,6 ± 0.924	38,5 ± 0.961
2	33,0 ± 0.907	41,1 ± 0.289	37,5 ± 0.802	41,0 ± 0.924	37,8 ± 0.961
3	31,6 ± 0.907	40,6 ± 0.289	36,6 ± 0.802	40,0 ± 0.924	36,6 ± 0.961

Pada Tabel 8 disajikan perubahan suhu selama fermentasi biji kakao menggunakan kotak berbahan dasar *styrofoam* berlapiskan sekam padi selama 120 jam atau 5 hari. Terdapat rata rata suhu berada pada rentang 31,6 °C – 41,6 °C. Perubahan suhu (naik dan turun) selama fermentasi biji kakao disebabkan oleh beberapa faktor yaitu aktivitas mikroorganisme, reaksi eksotermik, jenis wadah fermentasi, proses aerasi dan berat biji kakao. Pada faktor aktivitas mikroorganisme terjadi proses metabolisme pada substrat dan memanfaatkan energi untuk tumbuh dan berkembang dan proses ini meningkatkan suhu selama fermentasi (Sukma, et al., 2024). Sementara itu reaksi eksotermik yang menyebabkan aktivitas pada mikroorganism menyebabkan oksidasi ethanol berubah menjadi asam asetat dan melepaskan karbon dioksida beserta panas selama fermentasi (Kamal, et al 2022). Jenis wadah fermentasi yang digunakan juga menjadi pengaruh pada suhu fermentasi dikarenakan aerasi dapat terjadi terhadap jenis bahan yang bersifat isolator,

namun jika bahan dasar fermentasi bersifat non isolator yang bersifat bukan penghantar panas yang baik maka proses aerasi tidak terjadi, Proses aerasi atau penambahan oksigen pada fermentasi yang berlebihan dapat mempercepat kehilangan panas selama proses fermentasi dan mengakibatkan proses penumbuhan jamur aerasi juga berfungsi untuk menghilangkan zat yang mempengaruhi rasa dan bau, mengurangi kandungan karbon dioksida, serta mengoksidasi mineral seperti besi dan mangan melalui sedimentasi dan filtrasi (Sri Hartuti, 2018). Selama proses fermentasi biji kakao tentu saja kapasitas juga menjadi pengaruh besar dalam kenaikan suhu semakin banyak biji kakao yang digunakan dalam suatu proses fermentasi maka semakin banyak panas yang di produksi (Kamal, et al 2022).

Suhu yang di dapat pada penelitian fermentasi kakao menggunakan kotak fermentasi berbahan *Styrofoam* berlapisan sekam padi ini cukup baik, namun setelah suhu fermentasi mencapai puncak pada hari ke 2 terjadi penurunan suhu fermentasi di hari ke 3, Penurunan suhu ini terjadi karena populasi mikroba yang aktif dalam proses fermentasi menurun seiring waktu (Wayan I, *et. al.*, 2022). Pada hari ke 4 terjadi kenaikan suhu pada ketiga perlakuan kotak, Suhu tertinggi terjadi pada hari ke 4 ini yaitu pada perlakuan 1kg dimana rata rata suhu mencapai 41,6 °C, suhu ini mencapai rentang suhu terbaik dalam fermentasi biji kakao dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rahmi *et al.*, (2017) dimana suhu optimalnya adalah 46 °C, dan penurunan suhu terjadi lagi pada hari ke 5 pada ketiga perlakuan fermentasi.

c. Tingkat Keasaman (pH) Cairan Fermentasi Biji Kakao

Tabel 9. Rata-rata pH Cairan Fermentasi Biji Kakao Perlakuan Variasi Berat Biji Kakao

Variasi Berat Biji (kg)	Tingkat Keasaman (pH) Cairan Fermentasi Hari ke -				
	1	2	3	4	5
1	6.15 ± 0.924	5.45 ± 1.584	4.77 ± 1.394	4.50 ± 0.735	3.56 ± 0.530
2	7.38 ± 0.924	7.53 ± 1.584	6.54 ± 1.394	5.85 ± 0.735	4.62 ± 0.530
3	5.53 ± 0.924	4.42 ± 1.584	3.79 ± 1.394	4.67 ± 0.735	4.06 ± 0.530

Berdasarkan Tabel 9. disajikan pH cairan fermentasi biji kakao dalam kotak 1,2,3 kg menunjukkan bahwa, Pada kotak 1kg nilai pH mengalami penurunan yang konsisten selama proses fermentasi. Dimulai dengan pH 6,15 pada hari pertama, turun pada hari kedua dan mencapai nilai terendah yaitu 3,56 pada hari kelima. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, semakin tinggi tingkat keasaman (pH semakin rendah) pada kotak 1kg. Sedikit berbeda, pada kapasitas 2kg, terjadi kenaikan pH dari 7,38 pada hari pertama ke 7,53 di hari kedua. Namun setelah itu, nilai pH mulai menurun secara bertahap di hari ketiga hingga hari kelima. hal ini menunjukkan bahwa walaupun pada awal pH meningkat, proses fermentasi selanjutnya tetap terdapat penurunan pH atau peningkatan keasaman. Pada berat biji terbesar yaitu 3kg, pH mengalami penurunan drastis dari hari pertama ke hari kedua, kemudian mencapai titik terendah yaitu 3,79 pada hari ketiga. Namun, berbeda dengan perlakuan lainnya, hari keempat terjadi kenaikan pH sebelum akhirnya kembali turun pada hari kelima. Pola ini menunjukkan adanya fluktuasi pH di tengah proses fermentasi, yang bisa disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang tidak stabil atau perubahan kondisi fermentasi. Terdapat penelitian terdahulu yang sejalan yaitu penelitian Hendrawan, *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa pada hari pertama dan kedua fermentasi, terdapat variasi pH yang signifikan dengan standar deviasi tinggi dan penurunan pH teramati seiring berjalannya waktu dengan stabilitas yang lebih baik pada hari selanjutnya, serta mengutip hasil penelitian dari Apriyanto (2018), pada akhir fermentasi pH akan meningkat disebabkan oleh bakteri asam asetat (BAA) akan mengoksidasi etanol yang dihasilkan menjadi asetat dan selanjutnya menjadi air dan karbon dioksida, asam asetat akan masuk ke dalam kotiledon, asam asetat dan seiring panas fermentasi yang dihasilkan menyebabkan biji mati sehingga memungkinkan pada tahap fermentasi berikutnya terjadi perubahan enzimatis pada kotiledon biji.

d. Tingkat Keasaman (pH) Keping Biji Kakao

Rata rata dari angka Tingkat keasaman (pH) keping biji kakao kering hasil fermentasi dengan 3 kali pengulangan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata-rata Tingkat Keasaman (pH) Keping Biji Kakao Kering Hasil Fermentasi

Variasi Berat Biji (kg)	pH Biji kakao (%)		
	Kakao Segar	Kakao setelah fermentasi	Biji Kakao Kering
1	4.54 ± 0.197	4.82 ± 0.197	6.27 ± 0.137
2	4.54 ± 0.148	4.82 ± 0.197	6.39 ± 0.058
3	4.54 ± 0.091	4.67 ± 0.091	6.29 ± 0.036

Pada Tabel 10. disajikan rata rata pH tumpukan awal, akhir dan biji kakao kering hasil fermentasi. Berdasarkan hasil pengukuran pH pada tiga tahap pengukuran pH yaitu tumpukan awal, tumpukan akhir dan pH biji kakao kering setelah penjemuran, diperoleh kesimpulan sebagai berikut, proses fermentasi dan pengeringan memengaruhi nilai pH akhir secara berbeda tergantung pada kapasitas kotak fermentasi. Pada kapasitas 1kg dan 2kg, terjadi kenaikan pH dari kakao segar ke pH setelah fermentasi. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa fermentasi berlangsung secara moderat, dan

akumulasi senyawa asam seperti asam asetat atau laktat relatif rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh jumlah bahan yang sedikit, yang menghasilkan suhu tumpukan dan aktivitas mikroba lebih rendah sehingga tidak optimal dalam pembentukan asam (Schwan & Wheals, 2004). Sebaliknya, pada kapasitas 3 kg, pH menurun selama fermentasi. Ini menunjukkan bahwa pada kapasitas bahan yang lebih besar, fermentasi berjalan lebih aktif karena suhu tumpukan meningkat dan kondisi anaerob lebih cepat tercapai, mendorong dominasi mikroorganisme pembentuk asam. Fenomena ini didukung oleh penelitian Afoakwa et al. (2013), yang menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas fermentasi dapat mempercepat pertumbuhan mikroba asidogenik seperti *Lactobacillus* dan *Acetobacter*, sehingga memperbesar penurunan pH. Setelah fermentasi, semua perlakuan menunjukkan kenaikan pH saat memasuki tahap biji kakao kering. Hal ini lazim terjadi akibat proses pengeringan yang menyebabkan penguapan senyawa asam volatil atau terjadinya netralisasi parsial oleh senyawa lain (Ardhana & Fleet, 2003). Perubahan pH juga bisa dipengaruhi oleh cara penyimpanan biji kakao setelah fermentasi.

e. Kadar Air Biji Kakao Kering

Rata rata dari angka pengujian kadar air biji kakao kering dengan 3 kali pengulangan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rata-rata Dari Pengujian Kadar Air Biji Kakao Kering Hasil Fermentasi

Variasi Berat Biji (kg)	Kadar Air (%)
1	6.27 ± 0.458
2	6.39 ± 0.550
3	6.29 ± 0.529

Pada **Tabel 11.** dapat dilihat nilai dari rata rata kadar air yang paling tinggi ada pada perlakuan 1 kg dan 3 kg yaitu 5,90 % dan kadar air terendah dimiliki perlakuan 2 kg yaitu 5,77 %. Pada perlakuan 2 kg juga didapatkan kadar air yang tingkat variasi nya lebih tinggi, Sebaliknya perlakuan 1 kg yang memiliki standar deviasi terkecil menandakan data kadar air pada perlakuan ini lebih seragam dibandingkan dengan perlakuan lain nya. Secara keseluruhan perlakuan terdapat penilaian yang memiliki sedikit perbedaan angka kadar air di semua perlakuan namun tingkat variasinya masih relatif kecil, menandakan bahwa hasil dari pengeringan yang dilakukan cukup konsisten di semua perlakuan berat biji kakao.

Perbedaan kadar air yang ada memperlihatkan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap hasil akhir dari pengujian kadar air biji kakao kering. Nilai kadar air yang rendah terdapat pada perlakuan 2 kg, hal ini menandakan bahwa proses pengeringan lebih efektif jika dibandingkan dengan perlakuan 1 kg dan 3 kg. Sementara itu, kadar air yang lebih tinggi pada 1 kg dan 3 kg menandakan bahwa biji kakao dalam kedua perlakuan ini masih memiliki kelembaban setelah fermentasi dan pengeringan yang lebih dibandingkan dengan hasil kadar air perlakuan 2 kg. Penelitian oleh Indarti *et al.* (2021) menyimpulkan bahwa angka kadar air biji kakao kering memiliki beberapa variasi tergantung pada metode pengeringan dan perlakuan fermentasi, Indarti menemukan bahwa kadar rata-rata udara berada pada kisaran 6,7% hingga 7,0%, menunjukkan konsistensi dalam hasil akhir dari berbagai perlakuan. Penelitian terdahulu ini memberikan bukti tentang pengaruh fermentasi dan pengeringan mempengaruhi kadar air biji kakao dan kemungkinan yang ada terjadi berdasarkan kondisi yang diterapkan selama proses fermentasi dan pengeringan dari perlakuan yang di gunakan

f. Kadar Kotoran Biji Kakao Kering

Rata rata dari angka kadar kotoran biji kakao kering hasil fermentasi dengan 3 kali pengulangan dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Rata-rata Dari Pengujian Kadar Kotoran Biji Kakao Kering Hasil Fermentasi

Variasi Berat Biji (kg)	Kadar Kotoran (%)
1	0.16 ± 0.001
2	0.37 ± 0.000
3	0.54 ± 0.002

Pada **Tabel 12.** disajikan data rata rata dari kadar kotoran biji kakao kering hasil fermentasi menggunakan kotak *styrofoam* berlapiskan sekam padi dengan variasi berat biji 1, 2, 3 kg, perlakuan 3 kg menunjukkan kadar kotoran biji kakao kering tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini dapat dikarenakan semakin besar jumlah biji kakao yang difermentasi, maka semakin besar pula total bahan sisa atau residu yang dihasilkan. Dalam proses fermentasi biji kakao, residu atau sampah dapat berupa sisa pulp yang tidak terdegradasi, kulit biji yang terlepas, biji mati, serta partikel asing lainnya. Oleh karena itu, secara keseluruhan, tumpukan yang lebih besar cenderung menghasilkan sampah yang lebih banyak secara absolut. Selain itu, kualitas proses pencucian biji kakao setelah fermentasi juga berperan penting. Apabila pencucian tidak dilakukan secara optimal, maka sisa lendir dan pulp yang masih menempel pada permukaan biji tidak akan hilang sepenuhnya. Hal ini kemudian ikut terakumulasi dalam proses pengeringan dan teridentifikasi sebagai bagian sampah. Dengan demikian, peningkatan berat biji kakao yang di fermentasi tanpa diimbangi dengan penanganan pasca-fermentasi yang baik dapat menyebabkan peningkatan kadar kotoran pada biji kakao kering.

g. Mutu Biji Kakao Kering Berdasarkan Berat Biji

Tabel 13. Rata rata Mutu Biji Kakao Kering hasil fermentasi kotak biji kakao berbahan *Styrofoam* berlapisan sekam padi dengan variasi berat biji 1,2,3 kg.

Variasi Berat Biji (kg)	Jumlah Biji Per 100 gram	
	Jumlah Biji	Grade
1	95 ± 7.937	A
2	98 ± 4.041	A
3	105 ± 4.042	B

Pada **Tabel 13** disajikan rata rata dari pengukuran mutu berdasarkan berat biji sesuai standar SNI, Mutu biji kakao diukur dengan cara mengambil sebanyak 100 gram biji dari setiap kapasitas dan dihitung jumlah biji per 100gram sampel yang diambil, Mutu ini diklasifikasikan berdasarkan *grade*. Dari jumlah biji yang di dapat, mutu dari biji yang dihasilkan oleh kotak fermentasi 1 kg dan 2 kg menjadi mutu terbaik yaitu dengan mutu *grade* A, hal ini menandakan bahwa jumlah biji pada 1 kg dan 2 kg minim namun tetap mencapai berat 100 gram hal ini terjadi dikarenakan berat dari kepadatan setiap biji yang besar dan padat. Penelitian Arinata, *et al* (2020) menyatakan bahwa jumlah biji yang difermentasi berpengaruh pada suhu fermentasi dan kualitas biji kakao. Semakin banyak biji dalam satu wadah, semakin sulit untuk mencapai suhu optimal, yang dapat menghasilkan kualitas biji yang lebih rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan dengan dimensi wadah yang lebih besar dan jumlah biji yang lebih banyak tidak menghasilkan kadar udara dan kualitas biji yang baik dibandingkan dengan fermentasi dalam skala kecil, hal tersebut selaras dengan hasil penelitian ini bahwa angka dari rata-rata menunjukkan bahwa perlakuan 3 kg memiliki *Grade* yang lebih rendah dibandingkan 1 kg dan 2 kg yang berat biji fermentasinya lebih kecil dibandingkan variasi 3 kg.

h. Uji Belah Biji Kakao Kering

Tabel 14. Rata rata biji kakao yang terfermentasi hasil kotak fermentasi biji kakao berbahan *Styrofoam* berlapisan sekam padi variasi berat biji 1,2,3 kg.

Berat Biji (kg)	Terfermentasi Sempurna (%)	Kurang	
		Terfermentasi (%)	Tidak Terfermentasi (%)
1	90.589 ± 0.080	7.325 ± 0.072	2.161 ± 0.003
2	96.347 ± 0.024	2.633 ± 0.030	1.020 ± 0.015
3	88.921 ± 0.030	8.20 ± 0.021	3.059 ± 0.025

Pada **Tabel 14.** disajikan hasil uji belah biji kakao kering pada setiap kapasitas kotak fermentasi yang berbeda beda. Angka kadar biji terfermentasi sempurna pada setiap perlakuan 2 kg memiliki persentase biji kakao terfermentasi sempurna tertinggi yaitu 96,347%, Kemudian diikuti oleh 1 kg dan 3 kg dengan persentase paling rendah yaitu 88,921%. Penyebaran angka standar deviasi dalam kategori biji yang terfermentasi sempurna pada 2 kg memiliki standar deviasi terendah yaitu 0,024, hal ini menyatakan bahwa hasil fermentasi pada 2 kg lebih konsisten dibandingkan dengan 1 kg yang angka standar deviasinya adalah 0,080 dan 3 kg adalah 0,030. Begitu pula dengan angka standar deviasi kecil pada kategori biji yang kurang terfermentasi dan tidak terfermentasi pada perlakuan 2 kg yang mengindikasikan bahwa variasi dalam kualitas fermentasi biji kakao pada perlakuan ini lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Sebaliknya, standar deviasi lebih tinggi pada kategori kurang dan tidak terfermentasi pada perlakuan 1 kg dan 3 kg menunjukkan terdapat variasi yang lebih besar dalam hasil fermentasi, yang berarti prosesnya kurang stabil dan memungkinkan hasil kualitas yang beragam. Hal ini menyimpulkan bahwa perlakuan 2 kg menghasilkan fermentasi yang paling optimal dan konsisten dibandingkan dengan 1 kg dan 3 kg.

Uji belah biji kakao kering dilakukan untuk mengetahui besaran dari persentase berhasilnya fermentasi biji kakao. Fermentasi biji kakao yang berhasil ditandai dengan kadar biji terfermentasi sempurna dihasilkan lebih tinggi dari kadar biji tidak terfermentasi (*slaty*). Secara tampilan fisik biji kakao yang terfermentasi sempurna ditandai dengan warna biji kakao kering yang coklat penuh, sedangkan biji kakao yang masih berwarna ungu keabu-abuan atau hijau keabu-abuan dinyatakan biji tidak terfermentasi. Selama proses fermentasi terjadi aktivitas khamir yang memiliki peran dalam mengolah glukosa dan sukrosa hingga menghasilkan asam dan menyebabkan perubahan warna pada biji kakao. Hal ini sejalan dengan penelitian Rachmatullah (2021), bahwa jika proses fermentasi berjalan dengan baik mengakibatkan kandungan polifenol teroksidasi sehingga timbul warna coklat pada biji.

i. Rendemen Biji Kakao Hasil Fermentasi

Tabel 15. Rata-rata rendemen biji kakao variasi berat biji kakao hasil fermentasi menggunakan kotak biji kakao berbahan *Styrofoam*

Kapasitas Kotak Fermentasi (kg)	Rendemen (%)
1	33.311 ± 0.005

2	30.081 ± 0.012
3	38.631 ± 0.004

Pada **Tabel 15** disajikan hasil dari rata-rata rendemen dengan rentang 33,311 – 38,631 %, dimana variasi 3 kg merupakan variasi yang nilai rendemen tertinggi yaitu 38,631% dengan standar deviasi 0,004 oleh karena itu rendemen pada variasi 3 kg disimpulkan lebih konsisten dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sebaliknya rata rata rendemen terendah dimiliki oleh kapasitas 2 kg yaitu 30,081% dengan nilai standar deviasi tertinggi yaitu 0,012 hal ini menandakan bahwa terdapat variasi yang lebih besar dalam rata-rata rendemen pada variasi 2 kg. Dari data yang ada dapat disimpulkan bahwa peningkatan berat biji kakao pada kotak fermentasi memberikan pengaruh terhadap rendemen biji kakao, meskipun pola perubahan yang terjadi tidak bersifat linier. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas kotak fermentasi berpengaruh terhadap hasil rendemen, namun efeknya tidak mengikuti pola yang konsisten, kemungkinan disebabkan oleh faktor lain seperti sirkulasi udara, distribusi panas, atau kepadatan biji dalam kotak. Penurunan standar deviasi ini menandakan bahwa rendemen pada kapasitas kotak yang lebih besar cenderung lebih stabil dan konsisten dibandingkan kapasitas yang lebih kecil, Hasil rendemen pada penelitian ini mirip dengan nilai rendemen penelitian Handayani (2022), mendapatkan hasil rendemen biji kakao hasil fermentasi 500 gr berkisar 31,369 %. Nilai rendemen akan semakin kecil seiring dengan meningkatnya komponen bahan yang hilang selama proses pengolahan. Sebaliknya, semakin tinggi nilai rendemen, maka semakin baik pula kualitas kakao yang dihasilkan (Rachmatullah, 2021).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa diperoleh rancangan kotak fermentasi biji kakao berbahan *styrofoam* berlapis sekam padi untuk 3 variasi berat biji yaitu 1, 2, dan 3 kg. Masing-masing terdiri dari kotak dalam dan luar dengan jarak 2 cm untuk sekam padi. Kotak dilengkapi dengan alat pengaduk, pengukur suhu, dan wadah penampung cairan fermentasi. Hasil dari penelitian fermentasi biji kakao dengan perlakuan berat biji kotak (1, 2, dan 3 kg) telah memenuhi persyaratan SNI 01-2323-2008 pada perlakuan variasi berat 1 kg dan 2 kg dengan perlakuan yang terbaik terdapat pada perlakuan 2 kg yang menghasilkan rata-rata suhu fermentasi di angka 41 °C, pH keping biji setelah fermentasi 6,39, kadar air 5,77 %, kadar sampah 0,37 % dengan grade mutu A.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinata, I. N., Yulianti, N. L., & Arda, G.2020. Pengaruh Variasi Dimensi Wadah dan Fermentasi terhadap Kualitas Biji Kakao (*Theobroma cacao L.*) Kering. *Jurnal Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 8(2), 211–222.
- Ariyanti, M. 2017. Karakteristik Mutu Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) dengan Perlakuan Waktu Fermentasi Berdasar SNI 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.
- Aryani, N. L. P. N. A., Yulianti, N. L., & Arda, G.2018. Karakteristik Biji Kakao Hasil Fermentasi Kapasitas Kecil dengan Jenis Wadah dan Lama Fermentasi yang Berbeda. *Jurnal Beta (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 6(1), 17–24.
- Badan Standarisasi Nasional. (2018). Biji Kakao. Standar Nasional Indonesia 2323:2008, 1–41.
- Gonibala, M., Handry, R., & Maya M., L. (2019). Kajian Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Menggunakan Fermentor Tipe Kotak Dinding Ganda Aerasi. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*.
- Hartuti, S., Nursigit, B., Karyadi, J. N. W., & Yudi, P.2019. Fermentasi Isothermal Kakao (*Theobroma cacao. L*) dengan Sistem Aerasi Terkendali. *Jurnal Agritech.*, 38(4), 364–374.
- Kamal, H. *et. al.*, 2022. Peningkatan mutu biji kakao di balai penelitian tanaman industry dan penyegar Sukabumi, Jawa Barat melalui proses fermentasi.
- 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.
- Nizori, A., Tanjung, O. Y., Ulyarti, U., Arzita, A., Lavlinesia, L., & Ichwan, B. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Bubuk Kakao. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 9(2), 129–138.
- Rahmi, F., Zulfahrizal, Z., & Siregar, K. (2017). Analisis Pindah Panas pada Ruang Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao L*) dengan Menggunakan Kotak Kayu dan *Styrofoam*. *Rona Teknik Pertanian*, 10(1), 34–45.
- Rohimin, I., & Hamawi, M. (2021). Lubang Kotak Fermentasi Meningkatkan Kualitas Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Dengan Kotak *Styrofoam*. *Prosiding SNST Ke-11 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 56–61.
- Sukma, A. N., & Suprasetyo & Putri, N. D (2024) Perubahan sifat fisik biji kakao jenis *fine* dan *bulk* selama fermentasi dan pengeringan biji kakao di pabrik pager gunung PTPN XII Kebun Kendenglembu. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Malang