



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN
ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654
JOURNAL HOMEPAGE : <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



Analisis Pindah Panas Pada Ruang Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) Dengan Menggunakan Kotak Kayu dan Styrofoam

Fazzatul Rahmi¹⁾, Zulfahrizal²⁾, Kiman Siregar^{3*)}

¹⁾Alumni Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{2,3)}Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*E-mail : ksiregar.tep@unsyiah.ac.id

Abstrak

Fermentasi merupakan kegiatan untuk melepaskan zat lendir dari permukaan kulit biji dan menghasilkan biji mutu dan aroma yang baik. Selain itu fermentasi juga dilakukan untuk menghindari tumbuhnya jamur selama masa penyimpanan. Selama fermentasi berlangsung akan terjadinya perpindahan panas/ suhu di dalam kotak fermentasi. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian yaitu untuk melihat perubahan suhu selama proses fermentasi, mengetahui pengaruh bahan kotak (kayu dan styrofoam) terhadap perpindahan panas di dalam kotak fermentasi dan perpindahan panas dari dalam kotak fermentasi terhadap lingkungan luar. Hasil penelitian yang diperoleh bahwa suhu ideal fermentasi pada kotak kayu dihasilkan pada hari ke-5, sedangkan kotak styrofoam suhu ideal dihasilkan pada hari ke-3. Perpindahan panas pada bahan kayu suhunya lebih tinggi dibandingkan dengan bahan styrofoam. Hal ini disebabkan karena panas pada kotak kayu keluar lebih cepat, sehingga suhu pada proses fermentasi bisa lebih rendah dibandingkan menggunakan kotak styrofoam. Hasil fermentasi biji kakao dengan menggunakan kotak kayu didapatkan biji kakao yang bagus yaitu pada hari ke-5 fermentasi dan kotak styrofoam pada hari ke-5 fermentasi didapatkan biji kakao yang berjamur.

Kata kunci : Kakao, fermentasi, perpindahan panas, kotak kayu, kotak styrofoam.

Analysis Of Transfer Heat Room Of Cocoa Seed Fermentation (*Theobroma cacao* L.) Using Wood Box and Styrofoam)

Fazzatul Rahmi¹⁾, Zulfahrizal²⁾, Kiman Siregar^{3*)}

¹⁾Graduate of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University, Banda Aceh

²⁾Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University, Banda Aceh

*E-mail : ksiregar.tep@unsyiah.ac.id

Abstract

Fermentation is an activity to remove mucous substances from the skin surface to produce quality of seed and good aroma. In addition, fermentation also done to avoid the growth of mold during storage period. During fermentation, the heat transfer / temperature will be happen inside the fermentation box. The aim of this study is to observe the changes of temperature during the fermentation process, knowing the effect of packaging materials (wood and styrofoam) to heat transfer in the fermentation box and heat transfer from inside of

fermentation box to the environment in the outside. The results showed that the ideal temperature of fermentation in wooden boxes was obtained in the fifth day, while the ideal temperature of fermentation in styrofoam was obtained in the third day. Heat transfer in the wood material is higher than in the Styrofoam material. This was due of the heat in a wooden box go out faster, so that the temperature in the fermentation process may be lower than using a styrofoam box. The result of cocoa seed fermentation using a wooden box obtained a good cocoa seed on the fifth day of fermentation and while using a styrofoam box cocoa seed were moldy in the fifth day.

Keywords : Cocoa, fermentation, heat transfer, wood box, styrofoam box

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang peranannya cukup penting bagi perekonomian Negara. Indonesia Negara pemasok utama kakao dunia urutan ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Menurut ICCO (*International Cocoa Organization*), pada tahun 2014 produksi biji kakao Pantai Gading sebesar 1.746.000 ton, Ghana 897.000 dan Indonesia 375.000 ton. Pada tahun 2015 diperkirakan produksi kakao Indonesia sebesar 350.000 ton. Menurut BPS (2013), produksi kakao di Aceh pada 2013 yaitu 34.795 ton.

Kualitas biji kakao yang diekspor Indonesia dikenal sangat rendah disebabkan kebanyakan para petani melakukan fermentasi secara tradisional atau non fermentasi. Petani kakao Indonesia masih enggan melakukan fermentasi, disebabkan harga jual kakao yang sama antara kakao difermentasi dan tidak difermentasi, harga kotak fermentasi yang mahal serta waktu fermentasi yang dianggap cukup lama, sehingga kebanyakan petani tidak melakukan fermentasi. Padahal proses fermentasi ini merupakan penanganan pasca panen untuk keberhasilan dalam meningkatkan kualitas biji kakao.

Pada proses fermentasi akan terjadi pembentukan cita rasa khas kakao, pengurangan rasa pahit dan sepat, dan perbaikan kenampakan fisik kakao. Disamping proses fermentasi menentukan mutu biji kakao, fermentasi juga mempermudah penghancuran lapisan *pulp* yang melengket pada biji (Susanto, 1994). Fermentasi dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti fermentasi tumpukan, fermentasi keranjang dan fermentasi dalam kotak. Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh wadah, lamanya fermentasi, dan keadaan khamir atau bakteri yang berperan. Massa biji dan keadaan media berpengaruh terhadap kelangsungan hidup khamir atau bakteri, untuk itu perlu dilakukan penelitian terhadap hal terkait ini, sehingga akan tercipta kesesuaian lingkungan yang baik untuk perkembangan mikroorganisme fermentasi.

Selama fermentasi berlangsung akan terjadinya perpindahan panas/ suhu di dalam kotak fermentasi. Proses ini sangat menentukan keberhasilan fermentasi kakao. Perpindahan panas didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Dimana pada hukum termodinamika I

yaitu mengatur semua perubahan bentuk energi secara kuantitatif tetapi tidak membatasi arah perubahan bentuk itu sendiri (Kreith, 1986). Informasi terkait proses perpindahan panas selama proses fermentasi akan sangat berguna untuk penentuan rancangan kotak fermentasi.

METODE PENELITIAN

Tempat, Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi dan Energi Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kotak fermentasi kayu, kotak *styrofoam*, timbangan, pemukul kayu, spatula, karung goni, termometer, *Hybrid Recorder*, *Anemometer* dan camera digital. Bahan yang digunakan yaitu buah kakao sebanyak ± 250 kg didapat dari petani kakao yang berada di wilayah Aceh Utara.



a. Kotak Kayu



b. Kotak Styrofoam

Metode Penelitian

Penelitian diawali dengan melakukan penelitian pendahuluan di perkebunan kakao rakyat daerah Trieng Gadeng Kabupaten Pidie Jaya. Tujuan penelitian pendahuluan adalah untuk mempelajari tata cara melakukan fermentasi biji kakao dalam kotak.

Prosedur Penelitian di Laboratorium

Penelitian utama dimulai dengan pengadaan kakao dari petani kakao Aceh Utara. Buah kakao dilakukan pemeraman yang bertujuan, memperoleh keseragaman kematangan buah serta memudahkan pengeluaran biji dari buah kakao. Pemeraman dilakukan di tempat yang teduh lamanya sekitar 5-7 hari (maksimum 7 hari). Selanjutnya pemecahan atau pembelahan buah kakao dimaksudkan untuk mendapatkan biji kakao, pemecahan buah kakao harus dilakukan secara hati-hati, agar tidak melukai atau merusak biji kakao. Pemecahan buah kakao dapat menggunakan pemukul kayu atau memukulkan buah satu dengan buah lainnya, harus dihindari kontak langsung biji kakao dengan benda-benda logam, karena dapat menyebabkan warna biji kakao menjadi kelabu. Biji kakao dikeluarkan lalu dimasukkan dalam

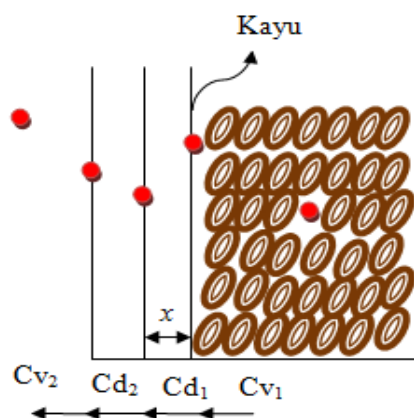
ember plastik atau wadah lain yang bersih, sedangkan plasenta yang melekat pada biji dibuang.

Biji kakao dimasukkan ke dalam kotak fermentasi ditingkat ke-1 sebanyak 40 kg dan ditutup dengan karung goni. Fermentasi pertama dilakukan selama 2 hari (48 jam). Kemudian pada hari ketiga dilakukan pengadukan dan biji kakao kemudian dipindahkan ke tingkat ke-2 sambil dibalik/ diaduk. Fungsi dipindahkan yaitu agar pengadukan merata, lebih mudah, serta fermentasi biji merata. Pada tingkat ke-2 ini dilakukan fermentasi selama 2 hari sebelum dilakukan pengadukan yang kedua. Selanjutnya pada hari ke-4 biji kakao diaduk lalu dipindahkan ke kotak yang ke-3. Pada hari ke 5 biji-biji kakao dikeluarkan dari kotak fermentasi dan siap untuk dijemur. Fermentasi ini dimaksudkan untuk memudahkan melepas zat lendir dari permukaan kulit biji dan menghasilkan biji dengan mutu dan aroma yang baik, selain itu menghasilkan biji yang tahan terhadap hama dan jamur, selama penyimpanan dan menghasilkan biji dengan warna yang cerah dan bersih.

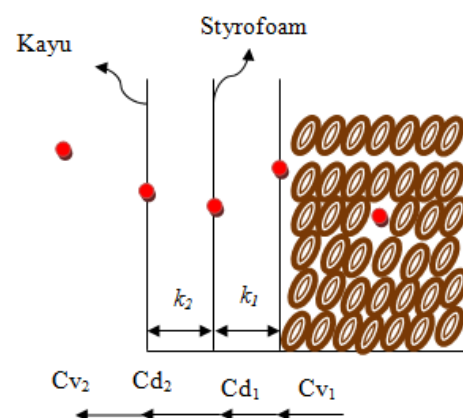
Fermentasi dengan menggunakan kotak *styrofoam* sama halnya perlakuan seperti pada kotak kayu, hanya saja pada kotak *styrofoam* pada saat pengadukan biji kakao dikeluarkan ke dalam wadah lain untuk meratakan biji kakao yang difermentasi.

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu proses fermentasi yang terjadi pada kotak kayu dan *styrofoam*, suhu fermentasi, distribusi suhu dan besarnya perpindahan panas yang terjadi pada kotak fermentasi kayu dan *styrofoam* dan analisis perhitungan pindah panas secara satu dimensi. Suhu diamati dengan menggunakan termometer dan *hybrid recorder* pada beberapa titik pengamatan yaitu suhu bagian dalam, suhu antara dinding dengan bahan, suhu di bagian dinding luar dan *Anemometer* digunakan sebagai pengukur kecepatan angin atau udara untuk nilai h pada koefisien pindah panas konveksi. Gambar posisi pengukuran dalam kotak kayu diperlihatkan pada Gambar 1. dan kotak *styrofoam* pada Gambar 2.



Gambar 1. Titik Pengukuran Suhu pada Kotak Kayu



Gambar 2. Titik Pengukuran Suhu pada Kotak Styrofoam

Analisis Pindah Panas

Perhitungan Pindah Panas secara Konduksi (Kreith, 1986)

Rumus: $q_k = k A \frac{dT}{dx}$ (1)

Dimana: q_k = Laju aliran panas konduksi (W)

k = Konduktivitas termal bahan (W/mK)

A = Luas Penampang (m^2)

dT = Gradien suhu penampang (K)

dx = Tebal bahan/ dinding (m)

Perhitungan Koefisien Pindah Panas secara Konveksi Bebas/ Alamiah (Bejan dan Kraus, 2004)

1. Grashof (Gr)

$Gr = \frac{g \times \beta \times (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2}$ (2)

Dimana: G_r = Bilangan Grashof

= Percepatan gravitasi (9.81 m/s)

L = Panjang konstruksi secara vertikal atau horizontal (m)

β = Koefisien Ekspansi Volume (1/K)

ν = Viskositas Kinematik (m^2/det)

2. Rayleigh (R_a)

$G_r \times P_r$ (3)

Dimana: R_a = Bilangan Rayleigh

G_r = Bilangan Grashof

P_r = Bilangan Prandtl

3. Nusselt (N_u)

$N_u = \begin{matrix} 0.5 R_a^{0.25} \rightarrow 10^4 < R_a < 10^9 \\ 0.1 R_a^{1/3} \rightarrow 10^9 < R_a < 10^{13} \end{matrix}$

$h = \frac{N_u \times k}{L}$ (4)

Dimana: N_u = Bilangan Nuselt

h = Koefisien konveksi (W/m^2K)

k = Konduktivitas termal (W/mK)

L = Panjang konstruksi secara vertikal atau horizontal (m)

Perhitungan Pindah Panas secara Konveksi (Kreith, 1986)

$$q_c = h A \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

Dimana: q_c = Laju perpindahan panas dengan cara konveksi (W)

A = Luas perpindahan panas (m^2)

ΔT = Perubahan suhu (K)

h = Permukaan perpindahan panas atau koefisien perpindahan panas konveksi (W/m^2K)

Perhitungan Perpindahan Panas Total (Q)

$$Q = Cd_1 + Cd_2 + Cv_1 + Cv_2 \dots\dots\dots (6)$$

Nilai konduktivitas pada bahan yaitu :

k_1 kayu = 0.12 - 0.14 (W/mK) (Kreith, 1986)

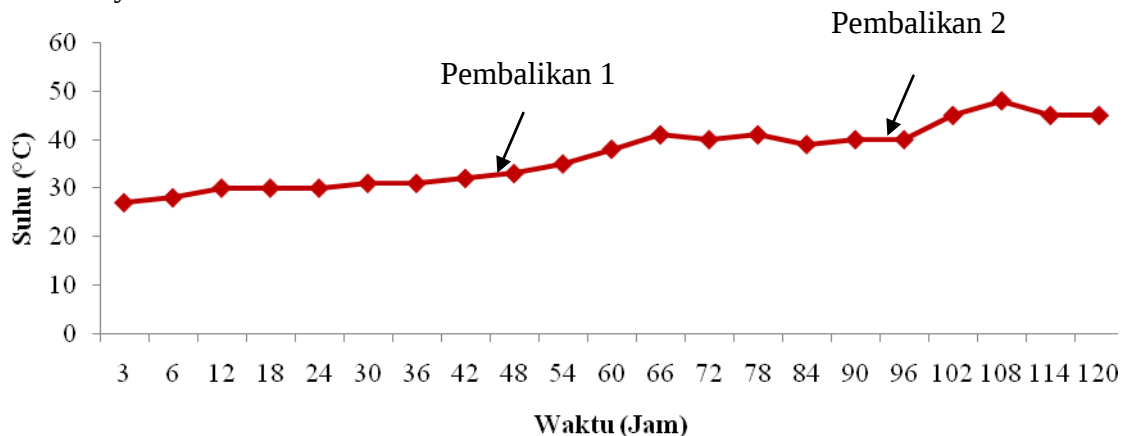
k_2 styrofoam = 0.01 (W/mK) (Ruwanto, 2007)

k_3 karung goni = 0.035 - 0.16 (W/mK)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Biji Kakao Selama Fermentasi pada Kotak Kayu

Selama proses fermentasi, biji kakao mengalami perubahan fisik, kimia dan biologi. Perubahan-perubahan tersebut terjadi pada *pulp*, kulit biji, dan kotiledon (bagian dalam biji). Adapun perubahan yang terjadi yaitu perubahan aroma, cita rasa dan warna, perubahan gula menjadi alkohol dan terjadinya fermentasi asam laktat sehingga akan meningkatkan suhu. Berikut dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik Suhu dalam Tumpukan Biji Kakao di dalam Kotak Kayu



Gambar 3. Grafik Suhu dalam Tumpukan Biji Kakao di dalam Kotak Kayu

Pada penelitian ini suhu awal fermentasi pada kotak kayu 27 °C, bakteri asam laktat tumbuh pada 36 jam setelah puncak etanol, dimana populasi ragi mulai menurun. Asam laktat terjadi pada hari ke-2. Kemudian meningkat setelah 48 jam menjadi 40 °C, hal ini disebabkan karena dilakukannya pembalikan (pengadukan) yang berimbas meningkatkan aktivitas mikroba. Dalam kotak fermentasi, biji kakao menggumpal selama hari pertama, sehingga pengadukan mempermudah udara masuk ke dalam biji dan tetesan *pulp* mengalir keluar. Dengan melakukan pembalikan maka sirkulasi udara makin baik, sehingga mikroba makin cepat bertumbuh dan kinerjanya makin tinggi untuk melakukan peningkatan suhu fermentasi. Berdasarkan pendapat Wahyudi *et al.*, (2008) perubahan suhu tidak baik untuk pedoman perkembangan dari fermentasi karena hal ini dipengaruhi oleh faktor lainnya. Dimana suhu fermentasi menurun selama berlangsung fermentasi, tetapi meningkat setelah pengadukan.

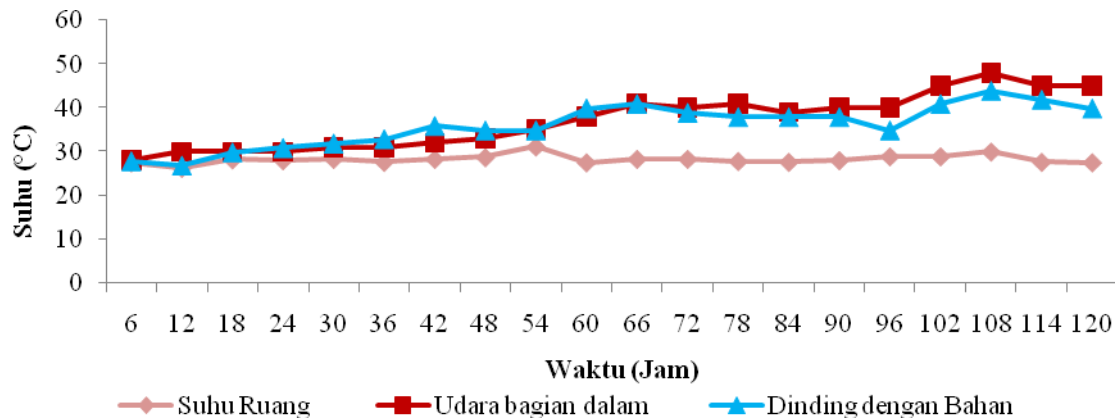
Secara alami proses fermentasi berlangsung oleh mikroba dengan bantuan oksigen dari udara. Seperti halnya yang dilakukan Wahyudi *et al.*, (2008) proses fermentasi dibiarkan selama 48 jam (2 hari). Mikroba memanfaatkan senyawa gula yang ada di dalam *pulp* sebagai media tumbuh sehingga lapisan *pulp* terurai menjadi cairan yang encer dan keluar lewat lubang-lubang di dasar dan dinding kotak fermentasi. Oksigen yang semula terhalang lapisan *pulp*, dapat masuk ke dalam tumpukan biji. Kondisi aerob (kaya oksigen) ini dimanfaatkan oleh bakteri untuk mengubah alkohol menjadi asam asetat dengan mengeluarkan bau khas yang menyengat. Proses oksidasi juga menghasilkan panas (eksotermis) yang menyebabkan suhu tumpukan biji berangsur naik dengan mencapai maksimum mendekati 45-48 °C setelah hari ketiga. Pada hari berikutnya, suhu biji cenderung stabil dan bahkan sedikit menurun sampai hari kelima.

Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wahyudi *et al.* (2008), bahwa peningkatan suhu yang berasal dari reaksi-reaksi biokimia sangat tergantung pada berat biji yang difermentasi. Pada awal fermentasi suhu akan meningkat secara perlahan, kemudian meningkat cepat setelah 48 jam menjadi 40-45 °C. Jika biji diaduk pada kondisi tersebut, maka suhu akan meningkat dengan cepat menjadi 48-50 °C, disebabkan karena pada saat pengadukan, udara masuk ke dalam biji kakao. Selain itu pengadukan dilakukan untuk menjamin keseragaman fermentasi.

Perpindahan Panas secara Konduksi dan Konveksi pada Kotak Kayu

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bahwa pada waktu 6 jam acuan titik pengukuran untuk perhitungan nilai perpindahan panas konduksi₁ (Cd_1) pada bagian dinding dengan bahan yaitu 28 °C dengan suhu ruang 27,5 °C, hasil perhitungan didapatkan seperti pada

Tabel 1 yaitu 428,853 W, perpindahan panas konduksi₂ (Cd_2) acuan titik pengukuran pada bagian dalam kayu (data diasumsikan) yaitu 27 °C dengan hasil perhitungan yang didapatkan 427,428 dan perhitungan pada jam selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Profil suhu pengukuran untuk nilai perpindahan panas konduksi dan konveksi pada kotak kayu

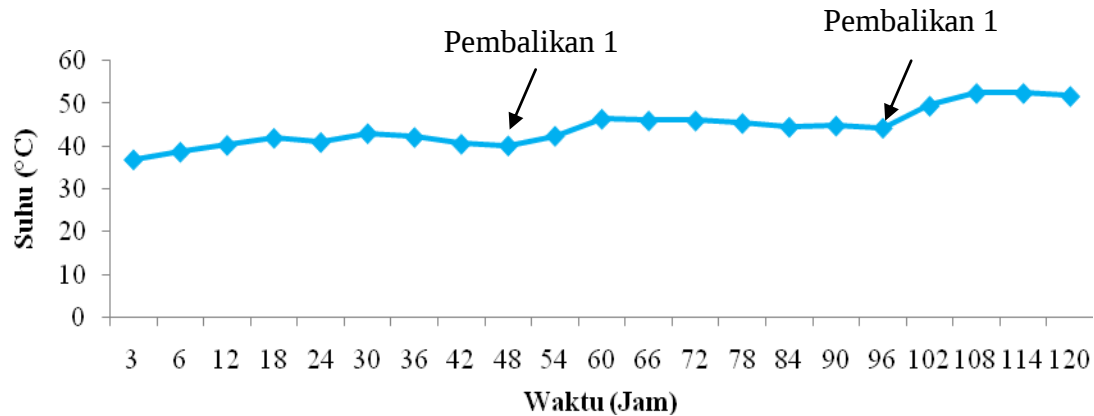
Tabel 1. Analisis Pindah Panas secara Konduksi dan Konveksi pada Kotak Kayu

Waktu (Jam)	T Ruang (°C)	T udara bagian dalam (°C)	T Dinding dengan Bahan (°C)	T* Dalam Kayu (°C)	T* udara Bagian luar (°C)	Cd_1 (W)	Cd_2 (W)	Cv_1 (W)	Cv_2 (W)
6	27,5	28	28	27	28	428,85	427,43	1,91	1,91
12	26,2	30	27	26	27	427,43	426,01	23,90	3,44
24	28,2	30	30	28	29	431,70	428,85	10,17	3,43

*Data diasumsikan

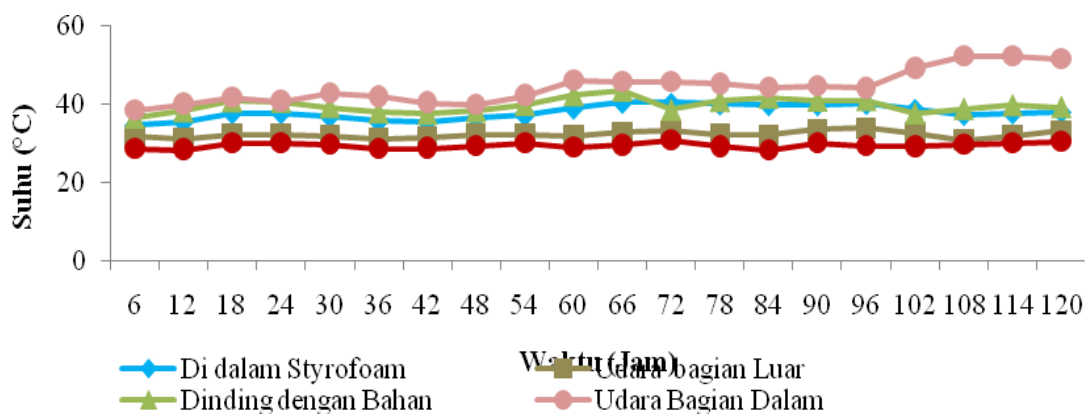
Suhu Biji Kakao selama Fermentasi pada Kotak Styrofoam

Berdasarkan Gambar 5. pada fermentasi kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam* suhu awal sekitar 36,8 °C, kemudian setelah 24 jam proses fermentasi berjalan, suhu meningkat sangat drastis hingga mencapai 42-43,6 °C. Pada hari ke-2 berjalannya proses fermentasi sebelum dilakukan pengadukan pada biji kakao suhu meningkat sekitar 43 °C, selanjutnya biji kakao dilakukan pembalikan pada 48 jam proses fermentasi. Setelah dilakukan pembalikan, suhu pada proses fermentasi telah berkisar 46 °C. Pada hari ke-4 berjalan proses fermentasi suhu mengalami penurunan secara agak lambat menjadi sekitar 44 °C. Selanjutnya pada 96 jam dilakukan pengadukan yang kedua, dimana suhu yang didapatkan pada hari ke-5.



Gambar 5. Grafik Suhu dalam Tumpukan Biji Kakao di dalam Kotak Styrofoam

Perpindahan Panas secara Konduksi dan Konveksi pada Kotak Styrofoam



Gambar 6. Profil Suhu Pengukuran untuk Nilai Perpindahan Panas Konduksi dan Konveksi pada Kotak Styrofoam

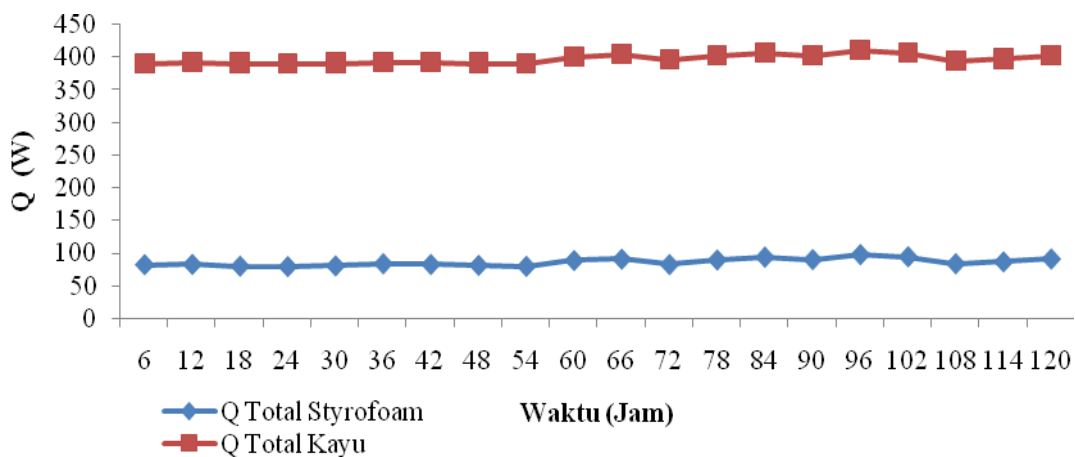
Berdasarkan Gambar 6. perpindahan panas konduksi yang terjadi pada kotak kerangka kayu dilapisi styrofoam yaitu dapat kita lihat pada waktu 6 jam acuan titik pengukuran konduksi₁ (Cd_1) terjadi pada bagian dinding dengan bahan pada suhu 36,7 °C hasil perhitungannya pada Tabel 2. seperti contoh pada waktu 6 jam, dimana perpindahan panas konduksi₁ (Cd_1) yaitu hasil perhitungan yang didapatkan yaitu 30,76 W. Sedangkan perpindahan panas konduksi₂ (Cd_2) yaitu hasil perhitungan yang didapat yaitu 30,57 W. Kemudian untuk perhitungan pada 6 jam selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Pindah Panas secara Konduksi dan Konveksi pada Kotak *Styrofoam*

Waktu (Jam)	T Ruang (°C)	T Udara bagian dalam (°C)	T Dinding dengan Bahan (°C)	T Di dalam <i>styrofoam</i> (°C)	T Udara bagian luar (°C)	Cd ₁ (W)	Cd ₂ (W)	Cv ₁ (W)	Cv ₂ (W)
6	28,8	38,6	37	35	31,9	30,76	30,57	5,85	15,23
12	28,5	40,2	38	36	31,4	30,93	30,64	7,39	13,94
24	30,1	41	41	38	32,5	31,17	30,87	6,64	10,82

Perpindahan Panas Total (Q) pada Kotak Kayu dan Kotak *Styrofoam*

Pada Gambar 7. menunjukkan nilai koefisien perpindahan panas total (Q) pada bahan kayu dan kerangka kayu dilapisi *styrofoam*, pengaruh bahan terhadap perpindahan panas. Nilai konduktivitas kayu 0,12 W/mK dan 0,01 W/mK untuk bahan kerangka kayu dilapisi *styrofoam*. Sehingga jumlah panas yang ditransfer dan diterima juga berbeda.



Gambar 7. Grafik Perpindahan Panas Total pada Kotak Kayu dan Kotak *Styrofoam*

Perpindahan panas total terbesar adalah menggunakan kotak kayu dengan nilai perpindahan panas total pada bahan kayu sebesar 444,1279 W. Sedangkan terkecil pada bahan kerangka kayu dilapisi *styrofoam* yaitu sebesar 76,1 W. Hal ini disebabkan karena nilai konduktivitas masing-masing bahan berbeda. Bahan yang memiliki konduktivitas termal besar merupakan penghantar panas yang baik. Sebaliknya, benda yang memiliki konduktivitas termal yang kecil merupakan penghantar panas yang buruk. Namun demikian, pada kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam* yang memiliki nilai konduktivitas termal kecil,

dapat menaikkan suhu dengan cepat. Sehingga suhu ideal dicapai pada hari ke-3. Sedangkan menggunakan kotak kayu suhu ideal dicapai pada hari ke-5 fermentasi.

Perbandingan Suhu Fermentasi Kotak Kayu dan Kotak *Styrofoam*

Pada kotak fermentasi kayu, suhu ideal fermentasi didapatkan pada hari ke-5 fermentasi yaitu 45-48°C setelah dilakukan pengadukan yang ke-2. Sedangkan pada kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam*, suhu ideal fermentasi didapatkan pada hari ke-3 yaitu 46 °C setelah dilakukan pengadukan yang pertama. Fermentasi dengan menggunakan kotak kayu didapatkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam*. Hal ini terjadi akibat perbedaan nilai k kayu yang lebih besar dibandingkan dengan k *styrofoam* yang lebih kecil. Sehingga panas yang dihasilkan pada masing-masing kotak pun berbeda.



a. Hasil Fermentasi Hari ke-5
Kotak Kayu



b. Hasil Fermentasi Hari ke-5
Kotak *Styrofoam*

Adapun perbedaan biji kakao fermentasi dengan menggunakan kotak kayu dan kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam* dapat kita lihat pada Gambar 12. Pada kotak kayu fermentasi selama 5 hari, menghasilkan biji kakao dengan ciri-ciri berwarna lebih coklat dan berongga. Sedangkan dengan menggunakan kotak kerangka kayu dilapisi *styrofoam* fermentasi selama 3 hari didapatkan biji yang bagus, tetapi fermentasi sampai hari ke-5 seperti pada gambar menghasilkan biji dengan ciri-ciri biji rapuh, berbau kurang sedap dan berjamur. Pada kotak *styrofoam* biji kakao mulai berjamur pada hari ke-4.

KESIMPULAN

Suhu ideal fermentasi pada kotak kayu dihasilkan pada hari ke-5, sedangkan kotak *styrofoam* suhu ideal dihasilkan pada hari ke-3. Perpindahan panas total (Q) pada bahan kayu yaitu 444,128 W, pada bahan *styrofoam* yaitu 76,1 W. Hal ini disebabkan karena panas pada kotak kayu keluar lebih cepat, sehingga suhu pada proses fermentasi bisa lebih rendah dibandingkan menggunakan kotak *styrofoam*. Hasil fermentasi biji kakao dengan

menggunakan kotak kayu didapatkan biji kakao yang bagus yaitu pada hari ke-5 fermentasi dan kotak *styrofoam* pada hari ke-5 fermentasi didapatkan biji kakao yang berjamur.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2013. Aceh Dalam Angka.
- Bejan, A., dan Kraus Andreas, D. 2004. Heat Transfer Handbook. John Willey and Sons, New York.
- International Cocoa Organization. 2015. *ICCO Bulletin of Cocoa Statistic*.
- Kreith, F. 1986. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Edisi Ketiga (terjemahan P. Arko). Erlangga, Jakarta.
- Ruwanto, B. 2007. Asas-Asas Fisika. Yudhistira, Jakarta.
- Susanto, F.X. 1994. Tanaman kakao (Budidaya dan Pengolahan Hasil). Kanisius, Yogyakarta.
- Wahyudi, T., A.B. Santoso., A. Wibawa., B. Dradjat., D.S. Dahniah., E. Sulistyowati., H. Winarno., H.U. Satyoso., J.B. Baon., J. Slamet., K. Dibyorachmant., Misnawi., P. Rahardjo., P. Jasman., Pujiyanto., R. Erwiyono., S. Abdoellah., S. Mulato., S. Sukamto., Sulistyowati., S. Wardani., S. Widyotomo., T.R. Panggabean. A.A. Prawoto., Yusianto., Zaenudin. 2008. Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Penebar Swadaya, Jakarta.