



**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA ALAT PENGERING BIJI
KAKAO TIPE *VIS DRYER* DI PTPN XII BANJARSARI
BANGSALSARI JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Meigi Trian Lasmana
NIM 121710201092**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA ALAT PENGERING BIJI
KAKAO TIPE *VIS DRYER* DI PTPN XII BANJARSARI
BANGSALSARI JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

**Meigi Trian Lasmana
NIM 121710201092**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan skripsi ini untuk ibunda Hamidah dan ayahanda Samito sebagai motiator yang tak pernah lelah mendo’akanku, memberikanku semangat, pengorbanan, dan kasih sayang”



MOTTO

“Bertakwalah kepada Allah SWT maka Allah akan mengajarmu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu”

(QS. Al-Baqarah : 282))*

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain.

Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”

(QS. Al-Insyirah : 6-8))*

“Diantara tanda keberhasilan di akhir adalah kembali kepada Allah di awal”

(Ibnu atha'illah)

*⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an Dan Terjemahannya*. Semarang : PT. Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meigi Trian Lasmana

NIM : 121710201092

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA ALAT PENDINGIN BIJI KAKAO TIPE VIS DRYER DI PTPN XII BANJARSARI BANGSALSARI JEMBER** “ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 03 Januari 2018

Yang menyatakan,

Meigi Trian Lasmana

NIM. 121710201092

SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PADA ALAT PENGERING BIJI
KAKAO TIPE *VIS DRYER* DI PTPN XII BANJARSARI
BANGSALSARI JEMBER**

Oleh

Meigi Trian Lasmana
NIM 121710201092

Pembimbing:

DPU: Ir. Setyo Harri, M.S.

DPA: Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Efisiensi Energi Pada Alat Pengering Tipe *Vis Dryer* Di PTPN XII Banjarsari Bangsalsari Jember” telah di uji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing:

DPU,

DPA,

Ir. Setiyo Harri, M.S.
NIP 195309241983031001

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng
NIP 196312121990031002

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota,

Askin, S.T.P., M.MT.
NIP 197008302000031001

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 196812051997021002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember,

Dr. Siswoyo Soekarno., S.TP., M.Eng.
NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Analisis Efisiensi Energi pada Alat Pengering Biji Kakao Tipe *Vis Dryer* di PTPN XII Banjarsari Bangsalsari Jember; Meigi Trian Lasmana., 121710201092; 2018: 68 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Pengeringan Biji kakao merupakan salah satu proses pengolahan pasca panen dengan cara mengurangi kadar air sampai dengan batas yang diinginkan. Pengeringan kakao salah satu proses penting untuk menentukan kualitas kakao dalam pembentukan citarasa dan aroma yang berkualitas, maka diperlukan ketelitian tinggi pada alat pengering dalam memperoleh mutu kakao yang diharapkan. Selain itu, alat pengering salah satu faktor penting untuk mengendalikan resiko keterlambatan pengeringan yang dapat menurunkan kualitas biji kakao. Pengeringan dengan sinar matahari sering tidak menguntungkan, karena ketergantungan pada cuaca pengeringan berlangsung tidak konstan dan sering terjadi perubahan suhu yang tidak diinginkan. Namun, selain itu keberadaan alat pengering masih belum diketahui pada aspek teknis dan efisiensi dari alat pengering, terutamanya di PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember. Selanjutnya efisiensi energi sangat penting pendugaan bentuk pengering dalam perencanaan dan pembuatan alat serta alternatif dalam proses pengeringan. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut, sehingga dapat diketahui kebutuhan panas dan efisiensi energi pada alat pengering. Tujuan penelitian ini untuk menghitung efisiensi energi pada alat pengering dengan cara mengetahui energi yang terpakai (*input*) dan energi yang dimanfaatkan (*output*). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui analisi efisiensi energi dengan 3 kali pengamatan. Perhitungan efisiensi diperoleh dari perbandingan antara energi panas yang dimanfaatkan dengan energi panas yang dipakai selama pengeringan berlangsung. Oleh karena itu, untuk mengetahui nilai energi panas yang dipakai pada alat pengering dimulai dengan pengambilan data kebutuhan bahan bakar. Selanjutnya untuk mengetahui nilai energi yang dimanfaatkan pada alat pengering dimulai dengan pengambilan data jumlah biji kakao yang dikeringkan dan suhu bahan. Berdasarkan hasil penelitian, dapat dilihat pada Tabel 4.2 bahwa konsumsi bahan bakar pada masing-masing pengamatan berbeda-beda. Data penelitian tersebut diperoleh berdasarkan ketentuan PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten jember, maka hasil nilai energi yang terpakai (*input*) pengamatan ke-1 sebesar 5.452.718,0 kJ, pengamatan ke-2 sebesar 6.231.677,8 kJ, dan pengamatan ke-3 sebesar 7.010.637,5 kJ. Sedangkan energi yang dimanfaatkan (*output*) dapat dilihat pada Tabel 4.3 bahwa pengamatan ke-1 sebesar 1.134.329,5 kJ, pengamatan ke-2 sebesar 1.453.557,1 kJ, dan pengamatan ke-3 sebesar 1.720.397,9 kJ. Berdasarkan hasil analisi efisiensi energi yang dilakukan, diketahui bahwa nilai efisiensi tertinggi terjadi pada pengamatan ke-3 sebesar 24,5 persen dibandingkan dengan pengamatan ke-1 sebesar 20,8 persen dan pengamatan ke-2 sebesar 23,3 persen. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh bahan lebih tebal, maka nilai panas yang hilang pada rantai pengering lebih sedikit.

SUMMARY

Energy Efficiency Analysis of Vis Dryer Type Cocoa Beans Dryer in PTPN XII Banjarsari Bangsalsari Jember; Meigi Trian Lasmana., 121710201092; 2017: 68 pages; The Agricultural Engineering Department; Faculty of Agriculture Technology; Jember University.

Drying of cocoa beans is done by reducing the water levels until the desired value. Drying of cocoa is an important process to improve the quality of cocoa i.e. to establish the flavor and scent quality. The dryer required great precision in order to obtain good quality cocoa. Additionally, presence of a dryer is an important factor for control the risk of delay in drying that could degrade the quality of the cocoa beans. Sun drying is often not profitable; because it's dependence on weather. Therefore the drying progress is not constant and the temperature can change frequently. However, some of technical are aspects of the existing dryers at PTPN XII Banjarsari sub district Bangsalsari Jember district was still unknown. Energy efficiency is very important to calculate the the dryer size in the planning and manufacturing step of the tool, as well as the design of an alternative drying process. Therefore, it was necessary to conduct a further study, so the heat requirement and energy efficiency on a dryer can be known. The objectives of the research was to measure the energy efficiency of a cocoa dryer by measuring the energy used (input) and the energy harnessed (output). This research was conducted in 3 replication of observation. The calculation of efficiency obtained from the comparison between the thermal energy harnessed and heat energy used for drying progress. The value of heat energy used in dryers calculated from fuel consumption. The next to knowing the value of the energy harnessed on the dryer starts with data capture the amount of cocoa beans that are dried and the temperature of the ingredients. Based on the results of research, can be seen in Table 4.2 that fuel requirements in the each vary sighting. The research date obtained by virtue of the provisions in PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember, then the energy value of the result fields (input) sighting to-1 for 5.452.718,0 kJ, sighting to-2 for 6.231.677,8 kJ, and sighting to-1 for 7.010.637,5 kJ. Whereas that is occupied energy (output) can be seen in Table 4.3 that sighting to-1 for 1.134.329,5 kJ, sighting to-2 for 1.453.557,1 kJ, dan sighting to-3 for 1.720.397,9 kJ. Based on the results of efficienci energy is carried out, a note that the value of the highest efficiency happen on the sighting to-3 for 24,5 of percent compared with the sighting to-1 for 20,8 of percent and sighting to-2 for 23,3 of percent. This is likely caused by thicker materials, then the value of the lost heat on floor dryer less.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Analisis Efisiensi Energi pada Alat Pengering Biji Kakao Tipe *Vis-Dryer* di PTPN XII Banjarsari Bangsalsari Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktu, arahan dan dukungannya. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Setyo Harri, M.S. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah memberikan inspirasi akan ilmu pengetahuan baru;
3. Dr. Ir. Heru Ernanda, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang tanpa hentinya memberikan pelajaran akan kesabaran dan kesetiaan tekad;
4. Keluargaku, “nenek Satiha, mbak April, adik Hotik dan adik May, adik Rosidi, adik Hafid, adik Devi, adik Dewi, kakak Surahman, kakak Wahyudi, kakak Atep, adik Ronny, adik Deky, adik Indra, adik Riantika, adik Putri” yang meramaikan suasana dengan canda tawa yang tak pernah henti;
5. Teman-teman TEP dan THP angkatan 2012 terutama TEP-C yang selalu bersedia untuk memberikan rasa kebersamaan, inspirasi, semangat dan motivasi hingga saat ini;
6. Teman-teman seperjuanganku (zaini, fiqih, bagus, cani, yudhi, molyadi, rofiki, vindi, yasin, shandy, yuski, anggi, hendra, andre, ridlo, ayu, izza, ayun, khofifah, shofa, aisyah, dini, septika) yang telah memberikan rasa kekeluargaan selama ini;

7. Teman-teman KKN tahun 2015 yang telah memberikan banyak dukungan;
8. Seluruh karyawan yang ada di kantor PTPN XII Banjarsari Bangsalsari yang membantu memberikan data dalam penyelesaian skripsi ini; dan
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga tidak bisa dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Saran dan kritik sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangsih informasi dalam lautan keilmuan yang bermanfaat bagi kita semua.

Jember, 03 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PEMBIMBINGAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Botani Tanaman Kakao	4
2.1.1 Sistematika Tanaman Kakao	4
2.1.2 Jenis Tanaman Kakao.....	5
2.1.3 Morfologi Tanaman Kakao.....	6
2.2 Proses Pengolahan Kakao	7
2.2.1 Pengolahan Primer Biji Kakao	7
2.2.2 Pengolahan Sekunder Biji Kakao	8
2.3 Pengeringan Kakao	8

2.4 Proses Pengeringan	9
2.4.1 Mekanisme Proses Pengeringan Bahan.....	9
2.4.2 Jenis Air dalam Bahan.....	12
2.4.3 Grafik Psikrometri.....	12
2.4.4 Kadar Air Bahan.....	14
2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengeringan	15
2.5.1 Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kondisi Udara	15
2.5.2 Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Sifat Bahan	15
2.6 Pengaruh Suhu terhadap Proses Pengeringan	15
2.7 Laju Pengeringan	16
2.8 Alat Pengering Biji Kakao	17
2.9 Tungku Pembakaran	18
2.10 Efisiensi Energi	19
2.11 Energi Bahan Bakar Kayu Karet	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Tahapan Penelitian	21
3.3.1 Alur Penelitian.....	22
3.3.2 Variabel yang Diamati	23
3.4 Karakteristik yang Diraih	23
3.4.1 Efisiensi Energi	23
3.4.2 Energi <i>Input</i> Selama Proses Pengeringan.....	23
3.4.3 Energi yang Dimanfaatkan (<i>output</i>).....	24
3.4.4 Energi Panas yang Hilang	25
3.5 Proses Pengambilan Data	26
3.5.1 Energi Input (Q_{in})	26
3.5.2 Energi yang Dimanfaatkan (Q_{out}).....	26
3.5.3 Tabel Pengambilan Data	26

3.6 Analisis Data	27
3.7 Deskripsi Alat.....	27
3.7.1 Komponen Alat Pengering	28
3.7.2 Cara Kerja Alat Pengering.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pelaksanaan Penelitian.....	31
4.2 Energi <i>Input</i> yang Digunakan dalam Pengeringan Biji Kakao.....	31
4.3 Energi yang Dimanfaatkan (<i>Output</i>).....	32
4.3.1 Energi untuk Memanaskan Biji Kakao (Q_t)	33
4.3.2 Energi untuk Memanaskan Air Biji Kakao (Q_t).....	33
4.3.3 Energi yang untuk Menguapkan Air Biji Kakao (Q_t)	33
4.3.4 Energi Total yang Dimanfaatkan (Q_{out})	34
4.4. Efisiensi Energi	35
4.5. Kehilangan Panas	36
4.6. Suhu Pengeringan.....	37
4.7. Berat Sampel (Biji Kakako).....	39
4.8. Kadar Air (Biji Kakako)	41
4.9. Penguapan Air	43
4.10. Laju Pengeringan	44
BAB 5. PENUTUP.....	47
5.1. Kesimpulan.....	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi Unsur Kayu Karet	19
3.1 Perhitungan Efisiensi Energi	26
4.1 Energi <i>Input</i> yang Dipakai Untuk Pengeringan Biji Kakao (Q_{in})	31
4.2 Energi untuk Memanaskan Bahan (Q_t)	33
4.3 Energi untuk Memanaskan Air Biji Kakako (Q_w)	33
4.4 Energi untuk Menguapkan Air Biji Kakao (Q_i)	33
4.5 Energi Total yang Dimanfaatkan (Q_{out})	34
4.6 Efisiensi Energi	35
4.7 Kehilangan Panas	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Kakao Lindak atau <i>Bulk Cocoa</i>	5
2.2 Kurva Psikrometri	13
2.3 Pengering Tipe Bak Jenis <i>Thin Layer</i>	18
3.1 Alur Penelitian	22
3.2 Pengering <i>Vis Dryer</i> Biji Kakao	29
4.1 Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pengamatan Ke-1.....	38
4.2 Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pengamatan Ke-2.....	38
4.3 Hubungan Suhu Terhadap Waktu Pengamatan Ke-3.....	38
4.4 Hubungan Antara Berat Bahan dan Waktu Pengamatan ke-1	40
4.5 Hubungan Antara Berat Bahan dan Waktu Pengamatan ke-2	40
4.6 Hubungan Antara Berat Bahan dan Waktu Pengamatan ke-3.....	40
4.7 Hubungan Kadar Air Terhadap Waktu Pengamatan ke-1.....	41
4.8 Hubungan Kadar Air Terhadap Waktu Pengamatan ke-2.....	42
4.9 Hubungan Kadar Air Terhadap Waktu Pengamatan ke-3.....	42
4.10 Hubungan Penguapan Terhadap Waktu Pengamatan ke-1	43
4.11 Hubungan Penguapan Terhadap Waktu Pengamatan ke-2	43
4.12 Hubungan Penguapan Terhadap Waktu Pengamatan ke-3	44
4.13 Hubungan Laju Pengeringan Waktu Pengamatan Ke-1.....	45
4.14 Hubungan Laju Pengeringan Waktu Pengamatan Ke-1.....	45
4.15 Hubungan Laju Pengeringan Waktu Pengamatan Ke-1.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Suhu Pengeringan.....	50
B. Kebutuhan Bahan Bakar.....	51
C. Berat Sampel	52
D. Kadar Air	53
E. Penguapan Air	54
F. Laju Pengeringan	55
G. Perhitungan Efisiensi Energi	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao merupakan salah satu jenis komoditi yang paling populer untuk di pasarkan. Namun dipandang dari segi mutu hasil, khususnya di Indonesia masih kurang memuaskan, sehingga akan menurunkan citra rasa kakao yang diharapkan (Susanto, 1994:9). Pada tahun 2015 dari luas tanaman kakao Indonesia sebesar 1.709.284 Ha. Kakao rakyat menempati peringkat paling atas sekitar 1.667.337 Ha. Sedangkan kakao milik perkebunan Negara sekitar 15.171 Ha. Untuk kakao milik perkebunan swasta sekitar 26.776 Ha (Kementrian Pertanian, 2016). Maka perlu adanya upaya-upaya untuk meningkatkan citra rasa kakao termasuk pengolahan yang baik dan benar. Proses pengolahan merupakan salah satu proses penting untuk menentukan mutu produk akhir kakao, karena dalam proses ini terjadi pembentukan citra rasa khas kakao dan pengurangan citra rasa kakao. Proses pengeringan salah satu proses penting dalam menentukan citarasa yang berkualitas, maka perlu ketelitian tinggi dalam memperoleh mutu kakao yang diharapkan.

PTPN XII adalah Perusahaan yang bergerak dibidang agribisnis berbasis perkebunan, unit usaha dari perusahaan ini salah satunya adalah tanaman kakao. Salah satu proses pengolahan yang paling banyak di Indonesia adalah kakao jenis lindak atau bulk cocoa. Pengeringan merupakan salah satu proses pengolahan pasca panen yang dilakukan secara tradisional atau penjemuran dan secara mekanis serta secara kombinasi, sehingga perlu ketelitian tinggi dalam menentukan citarasa yang diharapkan. Selain itu, alat pengering salah satu faktor penting untuk mengendalikan resiko keterlambatan. Pengeringan tradisional sering tidak menguntungkan, karena ketergantungan pada cuaca pengeringan berlangsung tidak konstan dan sering terjadi perubahan suhu yang tidak diinginkan. Namun, selain itu keberadaan alat pengering khususnya di PTPN XII Banjarsari masih belum diketahui tentang aspek teknis mengenai efisiensi energi. Saat ini keberadaan instalasi alat pengering dihadapkan pada konsumsi energi

yang tinggi tetapi pemanfaatannya tidak efisien. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut, sehingga dapat diketahui kebutuhan panas dan efisiensi energi pada alat pengering.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu evaluasi pada alat pengering, khususnya di PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember. Untuk menghitung efisiensi energi pada alat pengeringan dengan cara mengetahui energi yang tersedia dan energi yang dimanfaatkan.

1.2 Perumusan Masalah

Pada proses pengeringan biji kakao yang dilakukan di PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember masih belum diketahui mengenai aspek teknis dari efisiensi energi pada alat pengering. Proses ini merupakan hal yang terpenting untuk menentukan citra rasa dan penurunan citra rasa dari biji kakao tersebut, apabila ada sedikit kelalaian pada petugas maka akan menurunkan kualitas biji kakao yang dapat menurunkan kualitas biji kakao khususnya pada citarasa. Oleh karena itu, untuk mengetahui perhitungan efisiensi perlu mengetahui terlebih dahulu energi yang tersedia dan energi yang dimanfaatkan selama pengeringan.

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disebut diatas maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui banyaknya energi panas yang tersedia untuk alat pengering biji kakao *vis dryer*.
2. Mengetahui energi panas yang dimanfaatkan untuk alat pengering biji kakao *vis dryer*. Panas tersebut berupa panas untuk memanaskan bahan, memanaskan air bahan dan panas untuk penguapan air bahan.
3. Mengetahui efisiensi energi pada alat pengering biji kakao tipe *vis dryer* di PTPN XII Banjarsari Jember Jawa Timur.

1.4 Manfaat

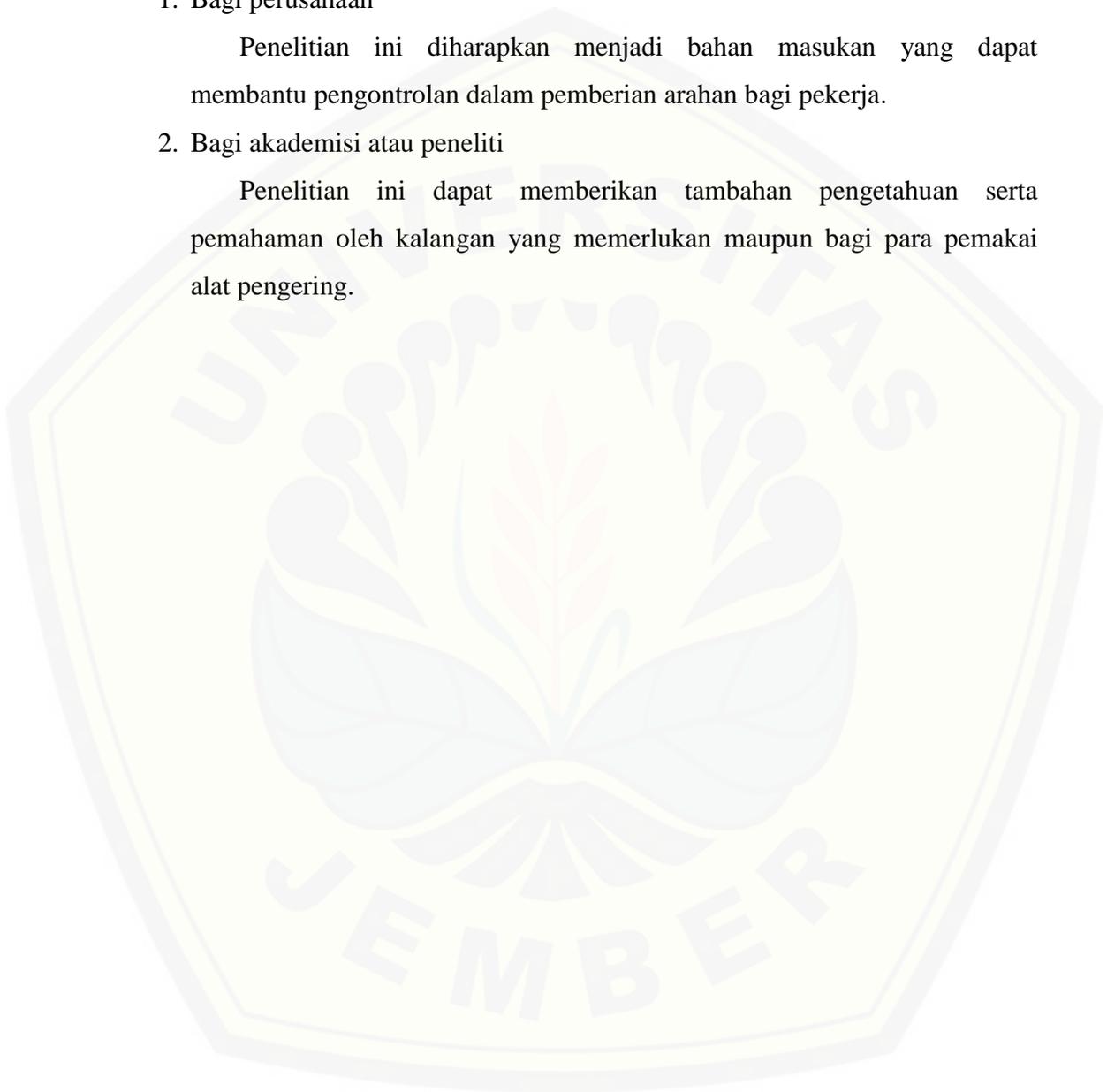
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak, yaitu, perusahaan dan akademisi atau peneliti.

1. Bagi perusahaan

Penelitian ini diharapkan menjadi bahan masukan yang dapat membantu pengontrolan dalam pemberian arahan bagi pekerja.

2. Bagi akademisi atau peneliti

Penelitian ini dapat memberikan tambahan pengetahuan serta pemahaman oleh kalangan yang memerlukan maupun bagi para pemakai alat pengering.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Tanaman Kakao

2.1.1 Sistematika Tanaman Kakao

Menurut Wahyudi et al. (2008:38), kakao (*Theobroma cacao* L) merupakan tanaman satu-satunya dari 22 jenis marga *Theobroma* yang diklaim sebagai satu-satunya jenis yang paling populer untuk dipasarkan. Sistematika tanaman kakao dapat disebutkan sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Keluarga	: Dialypetalae
Bangsa	: Malvales
Suku	: Sterculiaceae
Marga	: <i>Theobroma</i>
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> L

2.1.2 Jenis Tanaman Kakao

Menurut Wahyudi et al. (2008:38), *Theobroma cacao* dibagi menjadi dua jenis yaitu *T. cacao cacao* dan *T. cacao spaerocarpum*. Sedangkan pada pengelompokannya dijelaskan dibawah ini adalah sebagai berikut:

- a. Kakao yang subjenis *T. cacao cacao* dikelompokkan menjadi 4 forma adalah sebagai berikut:
 - 1) *Forma cacao*, termasuk didalamnya adalah kelompok kakao criollo yang berasal dari Amerika Tengah. Forma ini memiliki memiliki sifat biji bulat, ketilodon berwarna putih, dan memiliki biji yang berkualitas tinggi.
 - 2) *Forma pantagonum*, memiliki ciri-ciri seperti biji bulat besar, ketilodon berwarna putih, dan memiliki biji bagus.

- 3) *Forma leiocarpum*, ciri-ciriya antara lain seperti biji yang membulat (*plum*), ketilodon berwarna putih atau unngu pucat, dan kualitasnya bagus.
- 4) *Forma lacandonense*, kakao liar yang berasal dari meksiko.

b. Kakao yang subjenis *T. cocoa sphaerocarpum* memiliki anggota seperti kakao lindak (*bulk cocoa*). Subjenis ini jauh lebih banyak dibandingkan sub jenis *T. cocoa cocoa*. Hal ini dikarenakan pertumbuhan tanamannya lebih gigas (*vigorous*), kuat, lebih tahan lama dari penyakit yang menyerang.

Terdapat jenis kelompok kakao lain yang merupakan hasil persilangan alami antara kelompok kakao sub jenis *T. cocoa cocoa* dengan *T. cacao sphaerocarpum*. Sifat morfologi dan fisiologi keturunannya amat beragam, demikian pula daya hasil dan mutu bijinya. Beberapa klon dari kelompok ini disebut sebagai tanaman termasuk kakao mulia (Wahyudi *et al.*, 2008:39).

Sementara tanaman kakao yang banyak dibudidayakan diperkebunan rakyat adalah jenis *T. cocoa spaeracharpum*. Hal ini terjadi karena pertumbuhan tanamannya lebih kuat, lebih tahan hama dan penyakit serta lazimnya menunjukkan produktifitas yang lebih tinggi dibandingkan jenis *T. cacao cacao* (Wahyudi *et al.*, 2008:38-39). Gambar 2.1 adalah tanaman kakao jenis lindak atau *bulk cocoa*.



Gambar 2.1 Kakao lindak atau *bulk cocoa* (Sumber: gambar hasil observasi).

2.1.3 Morfologi Tanaman Kakao

Menurut Puslitloka (2010:15-20), berikut ini morfologi tanaman kakao terdiri dari batang dan cabang, daun, akar, bunga, serta buah dan biji.

- a. Batang dan cabang tanaman kakao bersifat dimorfisme, artinya mempunyai dua bentuk tunas vegetatif. Tunas yang arah pertumbuhannya keatas disebut tunas ortotrop atau tunas air, tunas yang arah pertumbuhannya kesamping disebut plagiotrop atau cabang kipas. Setelah tanaman kakao mencapai 0,9-1,5 meter akan berhenti tumbuh dan membentuk jorket atau tempat percabangan dari pola percabangan ortotrop ke plagiotrop dan khasnya hanya tanaman kakao.
- b. Daun tanaman kakao sama dengan sifat percabangannya, daun kakao juga bersifat dimorfisme. Pada tunas ortotrop, tangkai daunnya panjang berkisar antara 7,5-10 cm sedangkan pada tunas plagiotrop panjang tangkai daunnya hanya sekitar 2,5 cm. Tangkai daun berbentuk silinder dan tergantung pada tipe tanaman.
- c. Akar pada tanaman kakao yang berasal dari biji *generative* memiliki akar tunggang yang tubuhnya lurus ke bawah. Akar leteral pada awal pertumbuhan tumbuh pada leher akar tidak jauh dari permukaan tanah. Sedangkan pada tanaman dewasa akar-akar sekunder menyebar ke sekitar 15-20 cm di bawah permukaan tanah. Tanaman yang berasal dari stek dan cangkok tidak mempunyai akar tunggang namun akan berkembang 2-3 buah akar.
- d. Bunga pada tanaman kakao semakin lama maka semakin membesar dan menebal atau bisa disebut dengan bantalan bunga. Bunga disusun oleh 5 kelopak yang bebas satu sama lain, 5 daun mahkota, 10 tangkai sari yang tersusun dalam 2 lingkaran.
- e. Buah dan biji memiliki warna buah kakao sangat seragam, tetapi pada dasarnya warna buah ada dua macam warna, buah yang ketika muda berwarna hijau atau hijau agak putih dan jika sudah masak akan berwarna kuning. Sementara itu, buah yang ketika muda berwarna merah setelah masak berwarna jingga atau *orange*.

2.2 Proses Pengolahan Kakao

2.2.1 Pengolahan Primer Biji Kakao

Pengolahan primer biji kakao bertujuan untuk menghasilkan produk primer biji kakao kering yang siap dipasarkan. Berikut ini tahapan-tahapan pengolahan primer antara lain:

- a. Pemeraman buah biji kakao bertujuan untuk mengubah susunan zat lendir yang semula sukar dilepas dari permukaan kulit biji menjadi lendir yang mudah dilepas. Untuk jenis coklat *bulk* atau lindak memerlukan waktu pemeraman 2-3 hari, sedangkan jenis *forastero* memerlukan 5-7 hari (Sunanto, 1994:85-88).
- b. Pemecahan buah kakao bertujuan untuk mengambil biji dalam buah. Pemecahan buah dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan pada biji yang menyebabkan kualitas biji kakao kering turun (Hatmi dan Rustijarno, 2012:16).
- c. Fermentasi biji kakao bertujuan untuk mematikan biji sehingga perubahan di dalam biji akan mudah terjadi warna (warna keeping biji, peningkatan aroma dan rasa, serta perbaikan konsistensi keeping biji), melepaskan pulp dengan bantuan aktivitas mikroorganisme dan mendapatkan perubahan kimia dalam keeping biji. Fermentasi biasanya dilakukan 4-6 hari (Hatmi dan Rustijarno, 2012:19).
- d. Pencucian bertujuan untuk menghentikan aktivitas fermentasi, dapat menghilangkan sisa-sisa pulp dan asam-asam yang ada dan memperoleh warna yang baik (Hatmi dan Rustijarno, 2012:19).
- e. Pengeringan biji kakao merupakan mempermudah menghilangkan Kadar air yang tinggi pada proses akhir proses fermentasi sekitar 50-55 persen, maka biji kakao tersebut perlu dikeringkan sampai kadar airnya kurang lebih mencapai 6-7 persen (Sunanto, 1994:89).
- f. Sortasi mutu biji kakao kering bertujuan untuk mengelompokkan biji kaakao sesuai denngan sifatnya-sifatnya (ukuran, bentuk, berat jenis, sifat permukaan dan warna) untuk mendapatkan mutu tertentu. Standar mutu

diperlukan sebagai sarana untuk pengawasan mutu (Hatmi dan Rustijarno, 2012:16).

- g. Pengemasan dan penyimpanan yaitu pengemasan biji kakao sebaiknya ditutup rapat untuk menjaga kontaminasi dari serangga dan kotoran serta untuk mempertahankan kadar air biji kakao (Hatmi dan Rustijarno, 2012:26).

2.2.1 Pengolahan Sekunder Biji Kakao

Pengolahan sekunder biji kakao bertujuan untuk menghasilkan produk sekunder kakao berupa pasta, lemak dan bubuk coklat yang siap dipasarkan. Menurut Wahyudi et al. (2008:38), berikut ini tahap-tahap pengolahan sekunder antara lain:

- a. Penyangraian bertujuan untuk mengembangkan cita rasa dan aroma khas coklat, menurunkan kadar air, mematikan mikroba, menggelembungkan kulit biji hingga mudah dipisahkan dari nib, dan membuat nib lebih renyah.
- b. Pemecahan dan penghalusan bertujuan untuk memperbesar luas hancuran nib sehingga saat perlakuan pengempaan dengan bantuan pemanas massa kakao akan menerima panas lebih banyak dan seragam.
- c. Pengepresan lemak bertujuan untuk memisahkan lemak dan minyak dari nib kakao.
- d. Pemastan bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel nib kakao sehingga diperoleh pasta coklat.
- e. Pembubuk coklat bertujuan untuk menghaluskan bungkil nib (inti biji) hasil dari pengempaan sehingga diperoleh bubuk coklat.

2.3 Pengeringan Kakao

Pengeringan merupakan metode pengawetan dengan cara mengurangi kadar air bahan pangan sehingga daya simpan menjadi lebih panjang. Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian seperti panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Metode ini memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang

dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering (Estiasih dan Ahmadi, 2011: 87-88).

Menurut Effendi (2009:15), pengeringan mempunyai tujuan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengurangi resiko kerusakan karena kegiatan mikroba, sebab air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba dihambat atau dimatikan.
2. Menghemat ruang penyimpanan, pengepakan dan transportasi, karena kandungan air yang tinggi dalam bahan pangan akan berkurang sehingga mengurangi volume berat dan volume bahan tersebut.
3. Untuk mendapatkan kualitas produk yang baik.

Pengeringan kakao dapat dilakukan dengan cara pelan-pelan supaya proses pembentukan aroma dapat berjalan dengan baik. Tetapi pengeringan yang terlalu lambat akan menyebabkan perkembangan jamur pada kulit sehingga dapat merusak aroma. Pada akhir proses fermentasi, kandungan air pada biji kakao sekitar 50-55 persen, maka biji-biji kakao cukup baik untuk disimpan perlu dilakukan pengeringan hingga kandungan air 6-7 persen (Sunanto, 1992:89).

Menurut Sunanto (1992:89-90), pengeringan dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu pengeringan dengan sinar matahari (*sun drying*), pengeringan ini memerlukan tempat yang rata dan bersih permukaannya kering serta terbuka terhadap sinar matahari. Pengeringan buatan (*artificial drying*) yaitu pengeringan yang menggunakan bahan bakar. Pemanasan pada pengeringan buatan bekerja secara konduksi (penghantar panas) atau secara konveksi (pengaliran panas). Pengeringan kombinasi yaitu pengeringan yang memanfaatkan panas sinar matahari dan panas buatan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung pada cuaca dan pemakaian bahan bakar lebih berkurang.

2.4 Proses Pengeringan

2.4.1 Mekanisme Proses Pengeringan Bahan

Berikut ini peristiwa yang terjadi selama proses pengeringan berlangsung meliputi dua proses seperti proses pindah panas dan proses pindah massa.

a. Proses pindah panas

Proses pindah panas yaitu proses penguapan air dari bahan atau proses perubahan bentuk cair ke bentuk gas. Proses perpindahan panas ini berlangsung melalui suatu medium yaitu udara. Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air (Iskandar dan Muhsin, 2017:78).

Menurut Kuswanto (2003:28), udara merupakan campuran gas-gas meliputi nitrogen, oksigen, carbon dioksida, dan uap air. Apabila tekanan uap air meningkat maka tekanan udara juga meningkat, sedangkan tekanan uap air dan gas-gas lain dipengaruhi oleh suhu.

Menurut Iskandar dan Muhsin (2017:78), fenomena-fenomena proses pindah panas secara fisik dan thermis adalah sebagai berikut:

- 1) Panas adalah bentuk energi yang aktif.
- 2) Panas dapat dipindahkan dengan tiga cara yaitu dengan cara konduksi, konveksi, dan radiasi.
- 3) Konduksi adalah perpindahan panas melalui benda padat, dimana energi panasnya dipindahkan melalui satu molekul ke molekul lain dari benda tersebut.
- 4) Konveksi adalah perpindahan panas melalui benda cair dan gas. Dimana molekul-molekul benda membawa energi panas dari suatu titik ke titik lainnya.
- 5) Radiasi adalah perpindahan panas melalui gerakan gelombang elektromagnetik melalui medium transparan tanpa pengaruh terhadap pemanasan mediumnya.
- 6) Panas sensibel adalah jumlah energi panas (dalam satuan BTU) yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan suhu benda. Jadi untuk menaikkan dan menurunkan suhu suatu benda dibutuhkan sejumlah energi panas.
- 7) Panas spesifik yaitu energi panas untuk menaikkan suatu benda sebesar satu derajat fahrenheit untuk setiap *pound* berat benda.

- 8) Panas laten yaitu energi jumlah energi panas yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan wujud benda.

b. Proses pindah massa

Proses pindah massa yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara. Struktur fisik padatan dapat berubah saat bahan dipanaskan, perpindahan massa juga berubah dengan bertambahnya waktu. Panas yang diberikan ini akan menyebabkan tekanan uap air didalam bahan lebih tinggi dari pada tekanan uap air di udara. Perpindahan massa air terjadi karena adanya dua hal diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Tekanan uap air dalam bahan terjadi karena uap panas yang dialirkan melewati permukaan bahan akan menaikkan uap air bahan sejalan dengan kenaikan suhunya. Setelah itu tekanan uap air pada permukaan bahan akan menurun setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian bahan, sehingga terjadi penguapan air pada permukaan bahan. Setelah air bahan berkurang, maka tekanan uap air akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara sekitar (Kuswanto, 2003:27).
- 2) Tekanan uap air di udara panas, kelembapan di udara berarti kandungan uap air di udara. Air yang berada dalam suatu bahan akan memberikan tekanan uap tertentu bergantung pada jumlah air dan sifat bahannya. Apabila bahan yang mengandung air dipertemukan dengan suatu aliran udara yang memiliki kondisi tertentu dan tetap, misalnya tekanan uap air dalam udara (P_A) maka bahan dapat mengalami hal berikut ini. Pertama bahan tidak mengalami perubahan kandungan air terjadi apabila tekanan uap yang diberikan sama dengan tekanan uap air di udara (P_A), sehingga tidak ada gaya dorong untuk perpindahan air. Kedua kandungan air menurun karena penguapan, hal ini terjadi apabila tekanan uap air diberikan bahan (P_B) lebih besar dari (P_A). Ketiga kandungan air bahan akan bertambah apabila tekanan uap yang diberikan bahan lebih kecil daripada tekanan uap air di udara (Effendi, 2009:18-19).

2.4.2 Jenis Air dalam Bahan

Menurut Surono et al. (2016:53-54), kandungan air yang terdapat dalam suatu bahan terdiri dari tiga jenis diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Air bebas, air yang dapat diuapkan dengan mudah dari bahan. Air bebas ini terdapat pada bagian permukaan bahan.
- 2) Air yang terikat secara fisik dan kimia, air terikat ini tidak mudah diuapkan. Air terikat secara fisik yaitu bagian air bahan yang terdapat dalam jaringan matrik bahan karena adanya ikatan-ikatan fisik. Sedangkan air terikat secara kimia yaitu air yang terikat sebagai air kristal.
- 3) Air tertangkap yaitu air yang tertangkap didalam jaringan kapiler bahan tetapi tidak membentuk ikatan dengan molekul-molekulnya.

Mikroba membutuhkan air dalam bentuk bebas untuk dapat tumbuh pada bahan. Oleh karenanya di dalam kaitannya dengan mikrobiologi, ketersediaan air bahan diukur dalam bentuk ketersediaan air bebas atau dikenal dengan aktiitas air. aktiitas air atau *water activity* (A_w) diukur sebagai rasio antara tekanan uap air dari bahan dibandingkan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama. Besarnya aktivitas A_w dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$A_w = \frac{P}{P_o} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

A_w = Aktivitas air

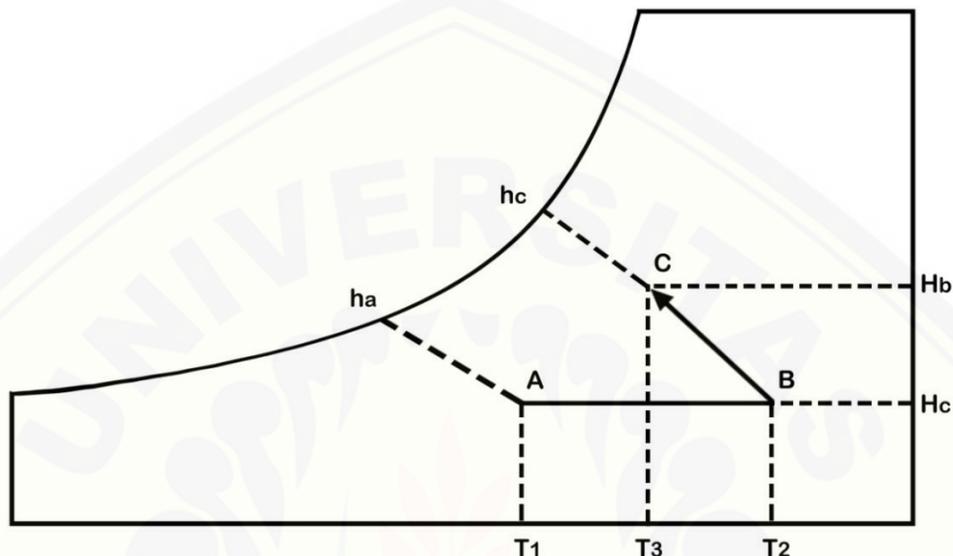
P = Tekanan uap air dalam bahan

P_o = Tekanan uap air murni pada temperatur yang sama

2.4.3 Grafik Psikrometri

Psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air. Grafik psikrometri digunakan untuk mengetahui sifat termal udara basah seperti suhu bola basah, suhu bola kering, tekanan pearsial uap air, kelembapan udara, volume spesifik udara, entalpi dan sebagainya (Taib *et al.*, 1988:30).

Menurut Taib et al. (1988:30-31), gambaran proses pengeringan dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini, udara pada A dipanaskan sampai keadaan B dan dilewatkan melalui bahan yang dikeringkan kemudian udara dikeluarkan melalui bahan dalam keadaan C.



Gambar 2.2 Kurva psikrometri (Sumber: Taib *et al.*, 1988:30).

Keterangan:

- T_1 = Suhu lingkungan
- T_2 = Suhu ruang *plenum*
- T_3 = Suhu atas kakao (keluaran)
- h_a = Entalpi pada daerah A
- h_b = Entalpi pada daerah C
- H_b = Kelembaban mutlak pada daerah B
- H_c = Kelembaban mutlak pada daerah C

Air dalam bahan pangan berperan sebagai pelarut dari beberapa komponen. Kandungan air dalam bahan pangan akan berubah-ubah sesuai dengan lingkungannya, hal ini sangat erat kaitannya dengan daya awet bahan pangan. Pengeringan dengan udara panas digunakan baik sebagai penyedia panas untuk menguapkan maupun sebagai pembawa air diuapkan keluar dari bahan. Mekanisme keluarnya air dalam bahan selama pengeringan terjadi karena adanya beberapa hal yakni air bergerak melalui tekanan kapiler, penarikan air disebabkan

oleh perbedaan konsentrasi larutan disetiap bagian bahan, penarikan air ke permukaan bahan disebabkan oleh absorpsi dari lapisan-lapisan permukaan komponen padatan dari bahan, perpindahan air dari bahan ke udara disebabkan oleh perbedaan tekanan uap (Purnomo, 1995:3).

2.4.4 Kadar Air Bahan

Menurut Kuswanto (2003:28), dalam menentukan kandungan air terdapat dua metode yaitu dengan metode berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Dalam perhitungan kadar air bahan hasil pertanian biasanya dirumuskan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Sehingga demikian, untuk kadar air benih yang sama dapat diperoleh nilai yang berbeda. Dalam perhitungan ini dapat dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$Ka = \frac{W_a}{W_b} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- Ka = Kadar air bahan berdasarkan bobot basah (%)
- W_a = Bobot air bahan (gr)
- W_b = Bobot bahan basah (gr)

Dalam suatu analisis bahan, biasanya kadar air bahan ditentukan berdasarkan sistem bobot kering. Perhitungan kadar air bahan sistem bobot kering (*dry basis*) dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ka = \frac{W_a}{W_k} \cdot 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- Ka = Kadar air bahan berdasarkan bobot basah (%)
- W_a = Bobot air bahan (gr)
- W_k = Bobot bahan kering (gr)

Menurt Siebel (1982) dalam Wirakartakusumah (1992), panas jenis bahan pangan ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Cp_{kakao} = 4.1868 (0,008 (Ka_{wb}) + 0.2) \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengerinan

2.5.1 Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kondisi Udara Pengerinan

Pada proses pengerinan bahan, perlu diperhatikan kondisi udara disekitarnya. Hal ini terjadi dalam rangka mencapai keseimbangan udara dengan sekitarnya. Peristiwa yang terjadi jika kondisi udara tidak diperhatikan, maka air yang diuapkan oleh bahan akan diabsorpsi oleh udara. Bahkan sebaliknya, bahan akan mengabsorpsi air dari udara jika kandungan uap air terlalu tinggi. Faktor-faktor yang termasuk golongan kondisi udara adalah suhu, kecepatan volumetrik udara dan kelembaban udara (Kuswanto, 2003:26).

2.5.2 Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Sifat Bahan

Faktor-faktor yang berhubungan dengan sifat bahan adalah ukuran bahan, kadar air awal dan tekanan parsial didalam bahan.

2.6 Pengaruh Suhu terhadap Proses Pengerinan

Proses laju penguapan air bahan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin besar perbedaan antara suhu media pemanas dengan bahan yang dikeringkan, maka semakin besar pula kecepatan pindah panas ke dalam bahan pangan, sehingga penguapan air dari bahan akan lebih banyak dan cepat. Akan tetapi pengerinan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan kepermukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan. Selanjutnya air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang. Disamping itu penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak daya fisiologik biji-bijian/benih (Surya, 2009).

Pengerinan bahan hasil pertanian menggunakan aliran udara pengerinan yang baik adalah antara 45-75 °C. Pengerinan pada suhu dibawah 45 °C mikroba dan jamur yang merusak produk masih hidup, sehingga daya awet dan mutu produk rendah. Namun pada suhu udara pengerinan di atas 75 °C menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak, karena perpindahan panas dan massa air yang berdampak perubahan struktur sel (Buckle *et al.* 2010).

2.7 Laju Pengeringan

Laju pengeringan merupakan banyaknya air yang diuapkan tiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu. Laju pengeringan menggambarkan bagaimana cepatnya pengeringan tersebut berlangsung. Laju pengeringan diperlukan untuk merencanakan waktu pengeringan dan memperkirakan ukuran alat yang dipergunakan untuk pengeringan suatu bahan tertentu (Effendi, 2009:30).

Laju pengeringan dinyatakan dalam persamaan berikut ini, yaitu:

$$\frac{\delta M}{\delta T} = \frac{(Ka_{wb} - Ka_{db})}{\Delta t} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

$\frac{\delta M}{\delta T}$ = Laju pengeringan (%/Jam)

Ka_{wb} = Kadar air awal kakao (%)

Ka_{db} = Kadar air akhir kakao (%)

Δt = Lama pengeringan (Jam)

Kemampuan bahan untuk menguapkan air akan bertambah cepat dengan adanya kenaikan suhu sedangkan panas yang diperlukan untuk menguapkan air akan berkurang dengan naiknya suhu pengeringan. Adapun fakto-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan diantaranya adalah tekanan uap air pada suhu pengeringan maksimum, tekanan uap air dan luar udara, kecepatan pindah panas ke permukaan bahan, tekanan uap keseimbangan dari dalam bahan, kadar air bahan, dan lain-lain (Taib *et al.*, 1987:35).

Menurut Taib *et al.* (1987:35-37), proses pengeringan terdiri dari dua periode diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap

Pada periode ini bahan banyak mengandung air, karena pada permukaan bahan berlangsung penguapan dengan laju penguapan dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas. Laju penguapan sebagian besar bergantung pada keadaan sekeliling bahan, sedangkan pengaruh bahannya sendiri relatif kecil. Jika bahan yang dikeringkan tidak berpori, maka air yang dikeluarkan selama laju pengeringan tetap merupakan air yang berasal dari permukaan bahan.

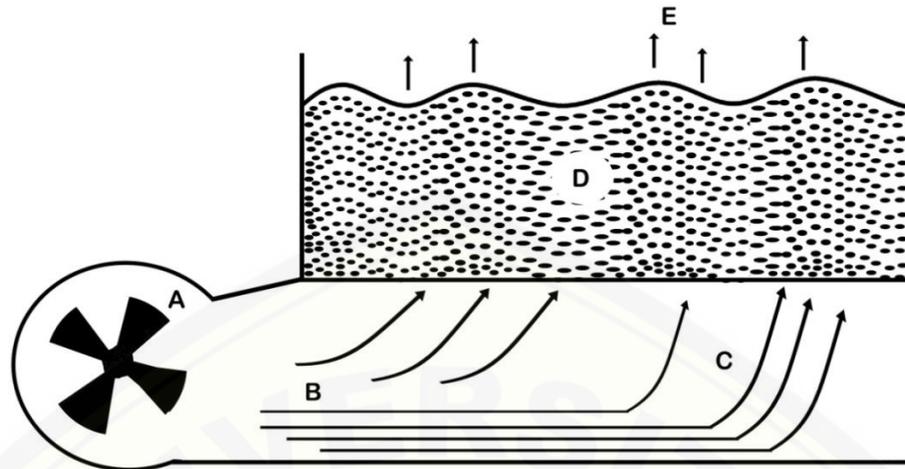
Selanjutnya laju pengeringan tetap mempunyai empat hal penting seperti luas permukaan pengeringan, perbedaan kelembaban antara aliran udara pengeringan dengan permukaan bahan, koefisien pindah massa, dan kecepatan aliran udara.

b. Periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun

Pada periode ini permukaan partikel bahan yang dikeringkan tidak lagi ditutupi oleh lapisan air. Hal ini terjadi pengeringan pada bahan akan mengalami laju pengeringan tetap yang relatif singkat di awal saat pengeringan bahan. Periode ini kurang berarti bila dibandingkan dengan terhadap pengeringan yang sempurna dan dalam perhitungan biasanya diabaikan. Selama periode laju pengeringan menurun jumlah energi panas yang diperoleh bahan digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit sekali jumlahnya. Pengeringan laju menurun sangat dipengaruhi oleh keadaan bahan seperti difusi air dari bahan ke permukaan dan pengambilan uap air dari permukaan.

2.8 Alat Pengering Biji Kakao

Alat *cocoa dryer* tipe *thin layer* merupakan alat yang biasanya digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian berupa biji-bijian. Alat ini memiliki komponen yang menyerupai bak dan cara pemakaiannya menggunakan alat bantu mesin. Bahan yang akan dikeringkan diletakkan pada bak pengering yang dasarnya berlubang-lubang untuk melewatkan udara panas. Prinsip kerja alat ini udara pengering bergerak dari bawah keatas melalui bahan dan melepaskan sebagian panasnya untuk menghasilkan proses penguapan. Oleh karna itu, pada udara pengering makin ke atas akan semakin turun suhunya. Penurunan ini harus diatur sedemikian rupa agar dapat mencapai lapisan atas masih mengandung energi panas yang cukup banyak agar penguapan dapat terus berlangsung dengan baik (Taib *et al.*, 1988:75-77). Aliran udara pada *cocoa dryer* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Pengering tipe bak jenis *thin layer* (Sumber: Taib *et al.*, 1988:30).

Keterangan:

- A = Kipas
- B = Udara panas
- C = Plenum (ruang penyebaran panas)
- D = Biji kakao
- E = Pengeluaran udara dan uap air

2.9 Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran merupakan alat tempat terjadinya pembakaran suatu bahan bakar (padat, cair, dan gas) dimana gas hasil pembakaran tersebut dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. Tungku pembakaran berfungsi untuk memindahkan panas (kalor) yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang berlangsung dalam suatu ruang pembakaran ke fluida yang dipanaskan dengan mengalirkannya melalui pipa-pipa pembuluh atau tabung. Tujuan dari pemindahan panas hasil pembakaran ke fluida adalah agar tercapai suhu operasi yang diinginkan pada proses berikutnya. Sumber panas tungku pembakaran berasal dari pembakaran antara bahan bakar padat, cair, dan gas. Tungku pembakaran memiliki struktur bangunan plat baja yang bagian dalamnya dilapisi oleh material tahan api, batu isolasi yang fungsinya untuk mencegah kehilangan panas (Marsudi, 2005:101).

Pembakaran merupakan reaksi kimia antara unsur bahan bakar dan oksigen, disertai dengan produksi panas yang dapat mengakibatkan timbulnya cahaya dalam bentuk api. Hasil pembakaran selain energi panas, dilepas juga sisa pembakaran berupa karbon dioksida, karbon monoksida, dan uap air ke udara. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Semakin besar kandungan karbon persatuan bahan semakin baik fungsinya sebagai bahan bakar. Pada pembakaran yang sempurna menghasilkan energi panas yang tinggi dengan sisa pembakaran berupa karbon dioksida (CO₂). Tetapi zat oksigen yang tidak semuanya bereaksi dengan bahan bakar karena terlalu banyak oksigen atau terlalu banyak bahan bakar serta campuran yang tidak merata sempurna. Pada pembakaran ini disebut dengan pembakaran tidak sempurna. Sedangkan pembakaran tidak sempurna tidak hanya mengurangi jumlah energi panas tetapi dengan sisa pembakaran yang dapat berupa karbon monoksida dan oksigen (Harry, 1998:30-31).

2.10 Efisiensi Energi

Efisiensi energi dapat didefinisikan sebagai usaha yang dilakukan untuk mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan, dalam menggunakan peralatan atau sistem yang berhubungan dengan energi. Pada prinsipnya, penghematan energi dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi konversi energi dan juga meningkatkan efektifitas pemanfaatannya. Perhitungan efisiensi energi dihitung dengan cara membandingkan antara energi yang dimanfaatkan (*output*) dengan energi yang tersedia (*input*) dikalikan seratus persen (Soekardi, 2015:252).

2.11 Energi Bahan Bakar Kayu Karet

Sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM). Kayu bakar yang tidak disebutkan secara spesifik dan bagian dari biomassa dengan memberikan target jangka panjang pada masing-masing jenis energi. Penggunaan kayu sebagai bahan bakar memberikan keuntungan yang lebih bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil seperti ketersediaannya melimpah, CO₂ yang disisakan dari proses pembakaran lebih sedikit daripada pembakaran dengan

fossilfuel. Menurut Yuliwati (2013), bahan bakar yang dihasilkan dari kayu karet memiliki nilai kalor sebesar 13.885,20 kJ/kg. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar kayu yang memiliki komposisi unsur kayu pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Komposisi unsur kayu karet terkandung dalam udara kering

No	Unsur	Berat Kering (%)
1	Karbon (C)	42,32
2	Hidrogen (H)	6,12
3	Oksigen (O)	50,05
4	Nitrogen (N)	0,38
5	Air (H ₂ O)	13,24
6	Sulfur (S)	0,13

(Sumber: Yuliwati, 2013:31).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2016 sampai Juli 2016 dan dilakukan di Laboratorium Instrumentasi, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan di Pabrik Pengolahan Perkebunan Nusantara PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Thermometer sebagai alat pengukur suhu.
- b. Thermograf sebagai alat pengukur suhu.
- c. Timbangan digital sebagai alat untuk menghitung penurunan massa bahan.
- d. Alat tulis sebagai data manual.
- e. Timbangan sebagai alat untuk menghitung banyaknya bahan bakar.
- f. Aquaboy sebagai alat untuk mengukur kadar air memiliki range pengukuran sebesar 1 – 38%.
- g. Perangkat laptop sebagai perangkat pengolahan data.

3.2.2 Bahan

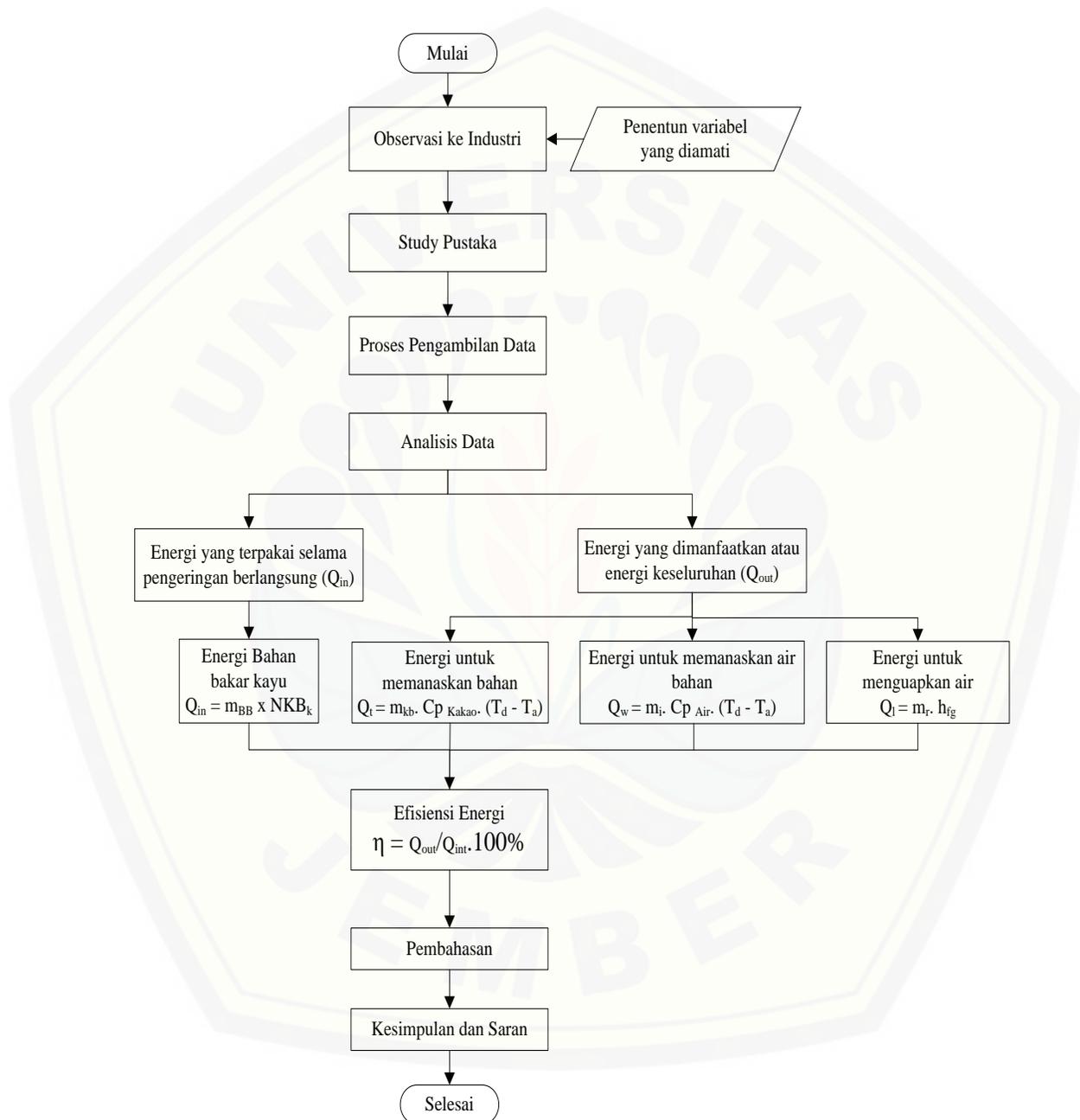
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kakao jenis lindak (*bulk cocoa*) yang telah difermentasi terlebih dahulu selama 3-4 hari. Bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan tungku adalah kayu karet. kayu tersebut, diperoleh dari PTPN XII Banjarsari Jember Jawa Timur.

3.3 Tahapan Penelitian

Pengeringan biji kakao di PTPN XII Banjarsari Jember Jawa Timur dilakukan dengan udara panas yang berasal dari tungku pembakaran. Tungku pembakaran menggunakan bahan bakar kayu karet.

3.3.1 Alur Penelitian

Tahapan penelitian akan dilaksanakan sesuai diagram alir dalam Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.3.2 Variabel yang Diamati

Adapun variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan Bahan Bakar
- b. Berat Biji Kakao
 1. Berat awal biji kakao
 2. Berat akhir biji kakao
- c. Pengukuran Suhu
 1. Suhu awal pengeringan
 2. Suhu selama pengeringan berlangsung
- d. Waktu atau Lama Pengeringan Sampai Benar-benar Kering.
 1. Energi pemanasan kakao
 2. Energi pemanasan air kakao
 3. Energi penguapan air kakao
- e. Kadar Air

3.4 Karakteristik yang Diraih

3.4.1 Efisiensi Energi

Efisiensi energi merupakan perbandingan antara energi yang keluar dari tungku (*output*) dengan energi yang tersedia atau energi *input*. Perhitungan efisiensi pengeringan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- η = Efisiensi energi, %;
 Q_{in} = Energi *input*, kJ;
 Q_{out} = Energi *output*, kJ;

3.4.2 Energi Input Selama Proses Pengeringan

Bahan bakar yang tersedia adalah kayu dengan nilai panas tertentu menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{in} = m_{BB} \times NKB_k \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- Q_{in} = Energi input, kJ;
- m_{BB} = Total energi yang dibutuhkan bahan bakar, kg;
- NKB_k = Nilai kalor bahan bakar 13.885,20 kJ/kg (Yuliwati, 2013:32).

3.4.3 Energi yang Dimanfaatkan Selama Pengeringan Kakao (*output*)

Perhitungan energi output atau energi yang dimanfaatkan pada pengeringan kakao dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{out} = Q_t + Q_w + Q_i \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

- Q_{out} = Energi output pengeringan kakao, kJ;
- Q_t = Energi pemanasan kakao, kJ;
- Q_w = Energi pemanasan air kakao, kJ;
- Q_i = Energi penguapan air kakao, kJ;

a. Jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan bahan

$$Q_t = m_{kb} \cdot C_p \text{ Kakao} \cdot (T_d - T_a) \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

- Q_t = Energi untuk memanaskan bahan, kJ;
- m_{kb} = Berat kakao awal, kg;
- $C_p \text{ Kakao}$ = Panas jenis Kakao, kJ/kg°C;
- T_a = Suhu awal kakao, °C;
- T_d = Suhu akhir kakao, °C;

b. Panas yang digunakan untuk memanaskan air di dalam bahan

$$Q_w = m_i \cdot C_p \text{ Air} \cdot (T_d - T_a) \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

- Q_w = Energi panas untuk memanaskan air di dalam bahan, kJ;
- m_i = Berat air awal kakao, kg;
- $C_p \text{ Air}$ = Panas jenis air, 4,2 kJ/kg°C (Ridwan *et al.* 1992).
- T_a = Suhu awal kakao, °C;
- T_d = Suhu akhir kakao, °C;

Berat air awal kakao (m_i) dapat diketahui dengan cara menghitung menggunakan persamaan berikut:

$$m_i = m_{kb} \cdot K_{a_{wb}} \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

- m_i = Berat air kakao awal, kg;
- m_{kb} = Berat kakao awal, kg;
- $K_{a_{wb}}$ = Kadar air awal kakao, kg;

c. Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air

$$Q_1 = m_r \cdot h_{fg} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

- Q_1 = Jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air, kJ;
- m_r = Berat air yang diuapkan selama proses pengeringan, kg;
- h_{fg} = Panas laten air, 2.426,058 kJ (Suharyanto, 2000).

Berat air yang diuapkan selama proses pengeringan (m_r) dapat dihitung dengan cara:

$$m_r = m_{kb} - m_{kk} \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

- m_r = Berat air yang diuapkan selama proses pengeringan, kg;
- m_{kb} = Berat kakao awal, kg;
- m_{kk} = Berat kakao kering, kg;

3.4.4 Energi Panas yang Hilang

Energi panas yang hilang terjadi karena udara yang lebih panas memiliki densitas yang lebih rendah. Panas yang hilang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 100\% - \eta \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

- Q = Kehilangan panas, %;
- η = Efisiensi, %;

3.5 Proses Pengambilan Data

3.5.1 Energi Input Selama Proses Pengeringan (Q_{in})

Data yang dibutuhkan untuk menghitung energi input pengeringan kakao berdasarkan pada persamaan (3.2), dibutuhkan nilai total energi yang dibutuhkan bahan bakar per siklus (m_{BB}), nilai kalor bahan bakar (NKB_k).

3.5.2 Energi yang Dimanfaatkan Selama Pengeringan Kakao (Q_{out})

- Data yang dibutuhkan untuk menghitung jumlah panas yang digunakan memanaskan bahan berdasarkan persamaan (3.4), dibutuhkan nilai berat kakao basah hasil panen (m_{kb}), panas jenis kakao (Cp_{Kakao}), suhu awal kakao (T_a), suhu akhir kakao (T_d).
- Data yang dibutuhkan untuk menghitung panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air berdasarkan persamaan (3.6), dibutuhkan nilai berat air awal kakao (m_i), panas jenis air (Cp_{Air}), suhu awal kakao (T_a), suhu akhir kakao (T_d).
- Data yang dibutuhkan untuk menghitung panas yang digunakan untuk menguapkan air selama pengeringan dihitung berdasarkan persamaan (3.7), dibutuhkan nilai berat air yang dipindahkan selama proses pengeringan (m_r), panas laten air (h_{fg}).

3.5.3 Tabel Pengambilan Data

- Perhitungan panas dan efisiensi energi pada alat pengering yang akan dilaksanakan sesuai tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Perhitungan efisiensi energi

Variabel	Simbol	Satuan
Berat kakao awal	m_{kb}	kg
Kadar air awal basis basah	Ka_{wb}	%
Kadar air akhir basis basah	Ka_{db}	%
Berat air awal kakao	m_i	kg
Berat kakao kering	m_{kk}	kg
Berat air yang diuapkan	m_r	kg
Berat kandungan air kakao akhir	m_f	kg

Panas jenis air	C_p_{Air}	$\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
Panas jenis Kakao	C_p_{Kakao}	$\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
Panas laten air	h_{fg}	$\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
Suhu awal bahan	T_a	$^\circ\text{C}$
Suhu akhir bahan	T_d	$^\circ\text{C}$
Lama pengeringan	N	Jam
Nilai kalor bahan bakar	NKB_k	kJ/kg
Total pemakaian bahan bakar	Q_T	kg
Efisiensi energi	η	%

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah uji efisiensi energi pengeringan dengan 3 kali pengamatan. Analisis ini digunakan untuk menghitung energi yang dipakai dan energi yang dimanfaatkan selama proses pengeringan di PTPN Banjarsari Kecamatan Bangsalsari Kabupaten Jember. Untuk memudahkan perhitungan efisiensi energi maka dibuat tabel perhitungan efisiensi dengan komponen energi output pengeringan (Q_{out}), komponen energi input (Q_{in}). Perhitungan data tersebut nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Untuk memperoleh grafik pengamatan dapat dilihat dari pengambilan data seperti dibawah ini.

1. Hubungan waktu terhadap suhu pengeringan pada proses pengeringan mulai saat penyalaan tungku sampai proses pengeringan selesai.
2. Hubungan waktu terhadap berat sampel selama proses pengeringan
3. Hubungan waktu terhadap kadar air selama proses pengeringan.
4. Hubungan waktu terhadap penurunan penguapan air selama proses.
5. Hubungan waktu terhadap laju pengeringan selama pengeringan.

3.7 Deskripsi Alat

3.7.1 Komponen Alat Pengering

Alat pengering *vis dryer* mempunyai beberapa bagian komponen yang terdiri dari tungku kayu, blower, dan bak pengering.

a. Tungku pembakaran kayu

Tungku terbuat dari besi dan baja dengan penampang dasar tungku mempunyai dimensi panjang 110 cm, lebar 150 cm, tinggi 120 cm. Dinding tungku dilapisi batu bata yang berfungsi sebagai isolator dan mengurangi kehilangan panas dari dinding.

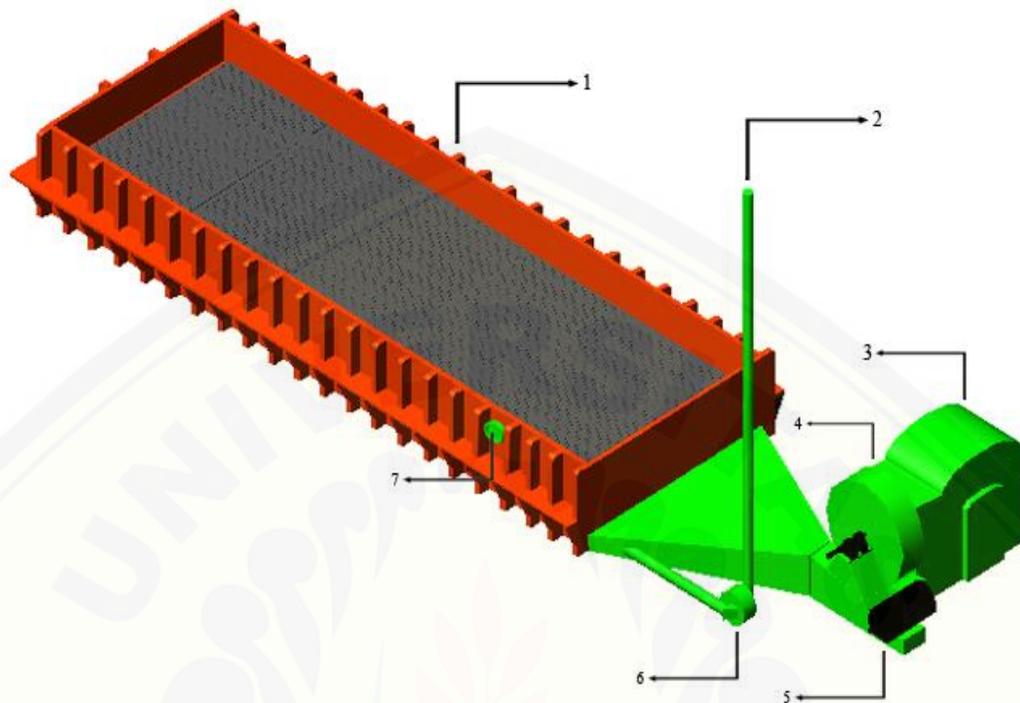
Tungku terdiri dari dua bagian, yakni ruang pembakaran dan ruang abu. Ruang pembakaran dirancang untuk proses pembakaran kayu yang sempurna dan ventilasi memenuhi syarat kebutuhan udara pada pembakaran. Sedangkan ruang abu merupakan tempat menampung sisa proses pembakaran kayu.

b. Blower

Kipas digunakan untuk mempercepat aliran udara pengering melalui lapisan bahan. Sistem ini disebut pengeringan dengan aliran udara mekanis atau paksaan. Kipas blower yang digunakan sebanyak 2 kipas, sedangkan mesin penggerak yang dipakai memiliki daya sebesar 5,5 Hp.

c. Bak pengering

Bak pengering merupakan tempat atau wadah penghamparan bahan yang akan dikeringkan. Dimensi bak pengering panjang 8,40 meter, lebar 2,78 meter, tinggi 0,38 meter. Sedangkan diameter lubang pada lantai pengering sebesar 2 cm. Plat berlubang ini berfungsi untuk melewatkan udara yang telah dikeringkan melalui pipa oleh bahan yang dihamparkan di atasnya. Berikut ini merupakan gambar pengering *vis dryer* pada Gambar 3.2.



Keterangan:

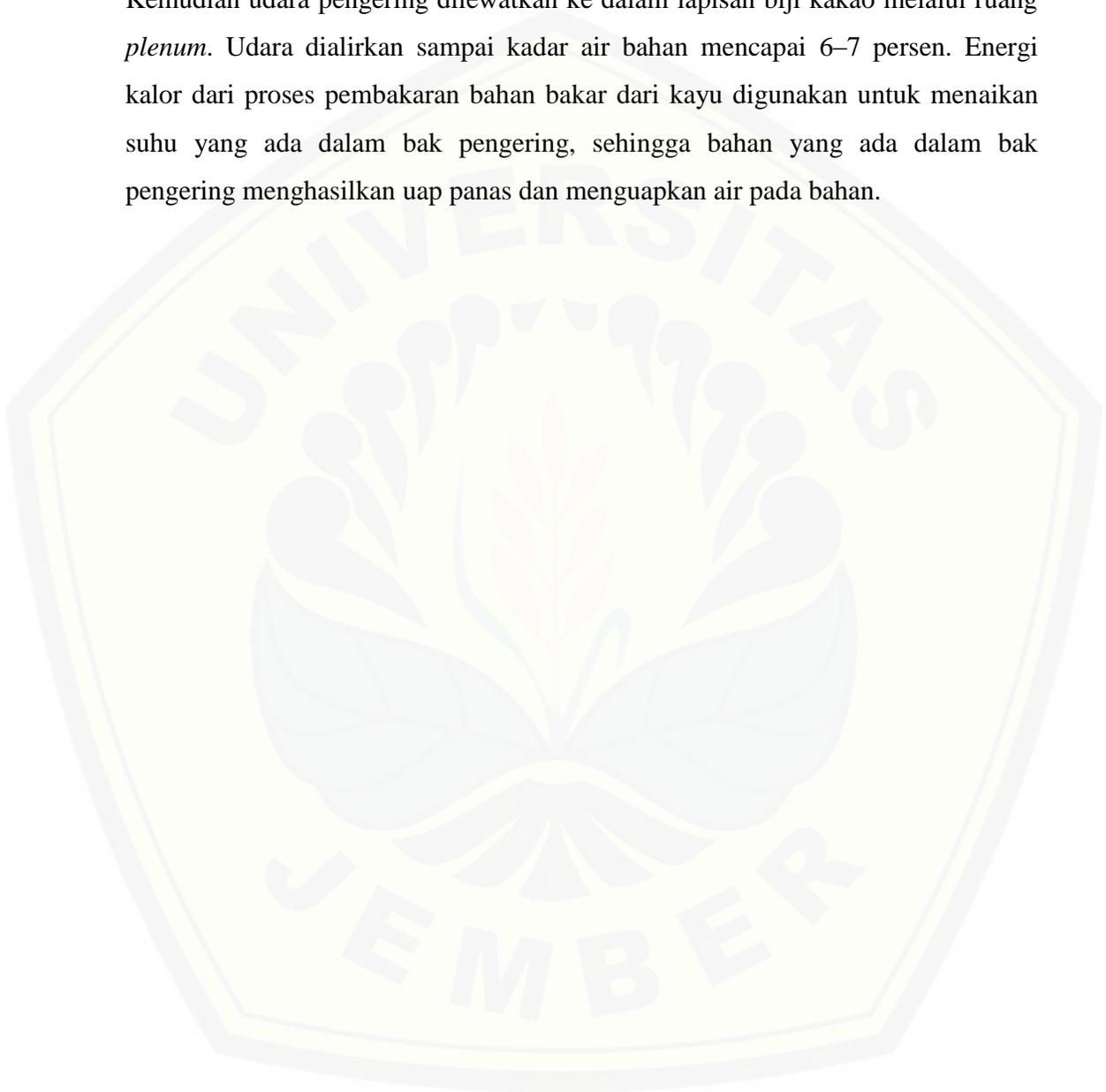
1. Bak Pengering
2. Cerobong
3. Tungku kayu
4. Kipas blower sebagai penghantar panas
5. Motor listrik
6. Kipas blower sebagai penarik panas
7. Termograf

Gambar 3.2 Pengering biji kakao *vis dryer* (Sumber: Gambar Hasil Observasi).

3.7.2 Cara Kerja Alat Pengeringan

Prinsip kerja alat ini dimulai dari penyalaan tungku terlebih dahulu, dengan cara menyulutkan nyala api kedalam tumpukan kayu. Kinerja tungku tersebut dimulai dari proses pembakaran bahan bakar dan kemudian kipas udara pembakaran dihidupkan. Aliran udara yang dihembuskan kipas blower melalui

pipa yang mengelilingi ruang bakar dan dialirkan ke pintu depan berfungsi untuk membantu proses pembakaran bahan bakar dengan mudah. Selanjutnya biji kakao setelah fermentasi (kadar air 50-60 persen) dimasukkan ke dalam bak pengering. Kemudian udara pengering dilewatkan ke dalam lapisan biji kakao melalui ruang *plenum*. Udara dialirkan sampai kadar air bahan mencapai 6–7 persen. Energi kalor dari proses pembakaran bahan bakar dari kayu digunakan untuk menaikkan suhu yang ada dalam bak pengering, sehingga bahan yang ada dalam bak pengering menghasilkan uap panas dan menguapkan air pada bahan.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di PTPN XII Banjarsari Kecamatan Bangsalsari, Kabupaten Jember dan pembahasan disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian jumlah energi panas pengamatan ke-1 sebesar 5.452.718 kJ, pengamatan ke-2 sebesar 6.231.677,8 kJ, dan pengamatan ke-3 sebesar 7.010.637,5 kJ.
2. Berdasarkan hasil penelitian jumlah energi yang dimanfaatkan pada pengamatan ke-1 sebesar 1.134.329,5 kJ, pengamatan ke-2 sebesar 1.453.557,1 kJ, dan pengamatan ke-3 sebesar 1.720.397,9 kJ.
3. Efisiensi energi pada alat pengering biji kakao tipe *vis dryer* pada pengamatan ke-1 sebesar 20,8 persen, pengamatan ke-2 sebesar 23,3 persen dan pengamatan ke-3 sebesar 24,5 persen.

5.2 Saran

Memperhatikan hasil analisis, pembahasan dan kesimpulan, maka beberapa saran yang diajukan sebagai berikut :

1. Bagi perusahaan diharapkan perlu melakukan perbaikan pada tungku yang dapat meningkatkan nilai efisiensi energi, misalnya pemberian isolator pada tungku dan perlakuan lainnya.

Bagi kalangan akademisi dan para peneliti lain yang memiliki tema sejenis diharapkan perlu menambah variabel penelitian misalnya perhitungan udara masuk atau menggunakan analisis lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckl, Edward, Fleet, dan Wotton. 1987. *Food Science*. Canberra: Australian Vice. Terjemahan oleh Purnomo dan Hadi. 2010. *Ilmu Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Dirjen Perkebunan Kementerian Pertanian. 2016. *Outlok Kakao Komoditas Pertanian Komoditas Perkebunan*. Jakarta: Kementan-RI [serial on line]. <http://www.litbang.deptan.go.id/tinymcpuk/gambar/file/statistik/2017/buku-kakao-2015-2017>. [18 Agustus 2017].
- Effendi, S. M. 2009. *Teknologi Pengolahan dan Pengawetan Pangan*. Bandung: Alfabeta.
- Estiasih, T. dan Ahmadi, K. 2009. *Teknologi Pengolahan Pangan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Harry, S. 1998. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- dd
- Hatmi, U. R. dan Sinung, R. 2012. *Teknologi Pengolahan Biji Kakao Menuju SNI Biji Kakao 01-2323-2008*. Yogyakarta: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Iskandar, C. S. dan Muhsin, Z. 2017. *Mesin Pendingin*. Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- Kuswanto, H. 2003. *Teknologi Pemrosesan, Pengemasan, Dan Penyimpanan Benih*. Yogyakarta: Kanisius.
- Marsudi, D. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia. 2010. *Buku Pintar Budidaya Kakao*. Jakarta Selatan: AgroMedia Pustaka.
- Ridwan, E., Elbi, W., dan Firdaus. 2013. Karakteristik Ketel Pipa Api Kapasitas Uap 6000 Kg/Jam Berbahan Bakar Solar . *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 9 (1): 31-32.

- Soekardi, C. 2015. *Termodinamika Dasar Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Suharyanto, E. 2000. “*Analisis Pengeringan Biji Kakao dengan Variasi Pemerasan Lender dan Daya Motor Listrik Pada Pengering Tenaga Kolektor Matahari*”. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FTP-Universitas Jember.
- Sunanto, H. 1992. *Budidaya, Pengolahan Hasil dan Aspek Ekonominya*. Yogyakarta: Kanisius.
- Surono, I. S., Sudiby, A., dan Wasposito, P. 2016. *Pengantar Keamanan Pangan untuk Industri Pangan*. Bogor: Yogyakarta: CV. Budi Utama.
- Surya, Y. 2009. *Suhu dan Termodinamika*. PT. Kandel.
- Taib, G., Sa'id, G., dan Wiraatmadja. 1987. *Operasi Pengeringan Pada Pengelolaan Hasil Pertanian*. Bogor: PT. Melton Putra.
- Yulianti, E. 2013. Emisi Gas Buang Biomassa dengan Menggunakan Sistem Pressurized Fluidized Bed Combustion. *Jurnal Teknik Industri*. Vol. 9 (1): 31-32.
- Wahyudi, T., Panggabean T. R., dan Pujiyanto. 2008. *Panduan Lengkap Kakao*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Suhu Hasil

Waktu	Suhu (°C)											
	Pengamatan Ke-1				Pengamatan Ke-2				Pengamatan Ke-3			
	Jam	Bahan	Ruang Udara pengering	Ling	Jam	Bahan	Ruang Udara pengering	Ling	Jam	Bahan	Ruang Udara pengering	Ling
0	13:22	28,2	32	28	13:35	29,7	33	29	13:15	29,1	32	28
1	14:22	31,4	39	28	14:35	32,2	40	29	14:15	31,1	40	28
2	15:22	36,6	44	28	15:35	35,8	44	29	15:15	35,8	45	28
3	16:22	39,2	48	27	16:35	39,1	50	27	16:15	36,1	46	27
4	17:22	37,4	47	27	17:35	41,1	51	27	17:15	40,1	51	28
5	18:22	39,1	49	26	18:35	43,2	53	26	18:15	42,2	52	27
6	19:22	41,3	51	26	19:35	44,7	55	25	19:15	39,7	49	26
7	20:22	42,2	53	24	20:35	43,8	55	24	20:15	44,8	56	25
8	21:22	47,7	58	24	21:35	47,2	59	24	21:15	46,2	57	24
9	22:22	48,8	60	23	22:35	52,5	64	24	22:15	51,5	61	24
10	23:22	46,2	58	23	23:35	51,2	62	23	23:15	53,2	65	23
11	0:22	49,5	60	22	0:35	54,5	65	23	0:15	55,5	66	22
12	1:22	51,6	62	22	1:35	53,3	65	22	1:15	56,3	68	22
13	2:22	53,2	65	21	2:35	56,6	67	22	2:15	60,6	71	21
14	3:22	52,4	64	21	3:35	57,2	67	21	3:15	57,6	67	21
15	4:22	48,6	59	20	4:35	54,7	65	21	4:15	59,5	70	21
16	5:22	49,2	59	21	5:35	48,6	60	22	5:15	50,7	61	22
17	6:22	46,6	58	21	6:35	45,6	55	22	6:15	46,6	55	22
18	7:22	41,4	53	22	7:35	42,2	53	23	7:15	41,4	53	23
19	8:22	38,3	50	22	8:35	39,7	51	23	8:15	39,5	50	24
20	9:22	36,7	48	23	9:35	36,7	49	24	9:15	37,2	48	24
Rata-rata		43	53	24		45	55	24		45	55	24
Standar deviasi		7	8	3		8	9	3		9	10	3

Lampiran B. Konsumsi Bahan Bakar

Waktu	Konsumsi Kayu (kg)					
	Jam	Pengamatan Ke-1	Jam	Pengamatan Ke-2	Jam	Pengamatan Ke-3
0	13:22	30,3	13:35	31,1	13:15	35,4
2	15:22	34,8	15:35	35,2	15:15	44,3
4	17:22	34,1	17:35	37,6	17:15	45,3
6	19:22	35,6	19:35	38,9	19:15	46,1
8	21:22	36,5	21:35	41,5	21:15	48,4
10	23:22	37,9	23:35	41,9	23:15	49,3
12	1:22	38,7	1:35	44,1	1:15	50,1
14	3:22	39,3	3:35	46,4	3:15	52,3
16	5:22	37,6	5:35	46,6	5:15	46,9
18	7:22	34,2	7:35	43,9	7:15	43,6
20	9:22	33,8	9:35	41,7	9:15	43,3
Jumlah		392,7		448,8		504,9

Lampiran C. Penurunan Berat Sampel Biji Kakao

Waktu	Pengamatan Ke-1		Pengamatan Ke-2		Pengamatan Ke-3	
	Jam	Sampel (kg)	Jam	Sampel (kg)	Jam	Sampel (kg)
0	13:22	5,00	13:35	5,00	13:15	5,00
1	14:22	4,99	14:35	4,98	14:15	4,99
2	15:22	4,87	15:35	4,90	15:15	4,88
3	16:22	4,74	16:35	4,80	16:15	4,75
4	17:22	4,61	17:35	4,67	17:15	4,61
5	18:22	4,46	18:35	4,53	18:15	4,46
6	19:22	4,30	19:35	4,38	19:15	4,30
7	20:22	4,14	20:35	4,22	20:15	4,14
8	21:22	3,97	21:35	4,05	21:15	3,97
9	22:22	3,80	22:35	3,87	22:15	3,80
10	23:22	3,63	23:35	3,70	23:15	3,63
11	0:22	3,46	0:35	3,52	0:15	3,46
12	1:22	3,28	1:35	3,35	1:15	3,28
13	2:22	3,10	2:35	3,16	2:15	3,08
14	3:22	2,95	3:35	2,97	3:15	2,94
15	4:22	2,86	4:35	2,84	4:15	2,82
16	5:22	2,78	5:35	2,74	5:15	2,74
17	6:22	2,72	6:35	2,67	6:15	2,69
18	7:22	2,67	7:35	2,63	7:15	2,65
19	8:22	2,63	8:35	2,60	8:15	2,62
20	9:22	2,61	9:35	2,58	9:15	2,60

Lampiran D. Penurunan Berat Kadar Air Biji Kakao

Waktu	Pengamatan Ke-1		Pengamatan Ke-2		Pengamatan Ke-3	
	Jam	Kadar Air (%)	Jam	Kadar Air (%)	Jam	Kadar Air (%)
0	13:22	51,20	13:35	51,98	13:15	51,64
1	14:22	51,10	14:35	51,79	14:15	51,54
2	15:22	49,90	15:35	51,00	15:15	50,45
3	16:22	48,52	16:35	49,98	16:15	49,09
4	17:22	47,07	17:35	48,59	17:15	47,55
5	18:22	45,29	18:35	47,00	18:15	45,78
6	19:22	43,26	19:35	45,18	19:15	43,77
7	20:22	41,06	20:35	43,10	20:15	41,59
8	21:22	38,54	21:35	40,72	21:15	39,09
9	22:22	35,79	22:35	37,96	22:15	36,37
10	23:22	32,78	23:35	35,11	23:15	33,39
11	0:22	29,48	0:35	31,79	0:15	30,12
12	1:22	25,61	1:35	28,33	1:15	26,28
13	2:22	21,29	2:35	24,02	2:15	21,49
14	3:22	17,29	3:35	19,16	3:15	17,76
15	4:22	14,69	4:35	15,46	4:15	14,26
16	5:22	12,23	5:35	12,37	5:15	11,75
17	6:22	10,29	6:35	10,07	6:15	10,11
18	7:22	8,61	7:35	8,71	7:15	8,75
19	8:22	7,22	8:35	7,65	8:15	7,71
20	9:22	6,90	9:35	6,70	9:15	7,10

Lampiran E. Penguapan Air

Waktu	Pengamatan Ke-1		Pengamatan Ke-2		Pengamatan Ke-3	
	Jam	Penguapan Air (kg)	Jam	Penguapan Air (kg)	Jam	Penguapan Air (kg)
0	13:22	0,00	13:35	0,00	13:15	0,00
1	14:22	0,01	14:35	0,02	14:15	0,01
2	15:22	0,12	15:35	0,08	15:15	0,11
3	16:22	0,13	16:35	0,10	16:15	0,13
4	17:22	0,13	17:35	0,13	17:15	0,14
5	18:22	0,15	18:35	0,14	18:15	0,15
6	19:22	0,16	19:35	0,15	19:15	0,16
7	20:22	0,16	20:35	0,16	20:15	0,16
8	21:22	0,17	21:35	0,17	21:15	0,17
9	22:22	0,17	22:35	0,18	22:15	0,17
10	23:22	0,17	23:35	0,17	23:15	0,17
11	0:22	0,17	0:35	0,18	0:15	0,17
12	1:22	0,18	1:35	0,17	1:15	0,18
13	2:22	0,18	2:35	0,19	2:15	0,20
14	3:22	0,15	3:35	0,19	3:15	0,14
15	4:22	0,09	4:35	0,13	4:15	0,12
16	5:22	0,08	5:35	0,10	5:15	0,08
17	6:22	0,06	6:35	0,07	6:15	0,05
18	7:22	0,05	7:35	0,04	7:15	0,04
19	8:22	0,04	8:35	0,03	8:15	0,03
20	9:22	0,02	9:35	0,02	9:15	0,02

Lampiran F. Laju Pengeringan

Waktu	Pengamatan Ke-1		Pengamatan Ke-2		Pengamatan Ke-3	
	Jam	Laju Pengeringan (%/kg)	Jam	Laju Pengeringan (%/kg)	Jam	Laju Pengeringan (%/kg)
0	13:22	0,00	13:35	0,00	13:15	0,00
1	14:22	0,10	14:35	0,19	14:15	0,10
2	15:22	1,20	15:35	0,79	15:15	1,09
3	16:22	1,37	16:35	1,02	16:15	1,36
4	17:22	1,45	17:35	1,39	17:15	1,55
5	18:22	1,78	18:35	1,59	18:15	1,76
6	19:22	2,04	19:35	1,82	19:15	2,02
7	20:22	2,19	20:35	2,08	20:15	2,17
8	21:22	2,52	21:35	2,39	21:15	2,50
9	22:22	2,75	22:35	2,76	22:15	2,72
10	23:22	3,01	23:35	2,85	23:15	2,98
11	0:22	3,30	0:35	3,32	0:15	3,27
12	1:22	3,87	1:35	3,46	1:15	3,84
13	2:22	4,32	2:35	4,31	2:15	4,79
14	3:22	4,00	3:35	4,86	3:15	3,74
15	4:22	2,60	4:35	3,70	4:15	3,50
16	5:22	2,46	5:35	3,09	5:15	2,50
17	6:22	1,94	6:35	2,30	6:15	1,64
18	7:22	1,68	7:35	1,37	7:15	1,36
19	8:22	1,39	8:35	1,05	8:15	1,04
20	9:22	0,32	9:35	0,95	9:15	0,61

Lampiran G. Perhitungan Efisiensi Energi

A. Perhitungan Efisiensi Energi Pengamatan ke-1

Berat kakao awal (m_{kb})	= 949 kg
Suhu awal kakao (T_a)	= 28,2 °C
Suhu akhir kakao (T_d)	= 36,7 °C
Kadar air awal ($K_{a_{wb}}$) b.b	= 51,20 %
Kadar air kakao akhir ($K_{a_{db}}$) b.b	= 6,90 %
Total bahan bakar (m_T)	= 392,7 kg
Nilai kalor bahan bakar (NKB_k)	= 13.885,2 kJ/kg
Lama pengeringan (N)	= 20 Jam
Panas jenis air (C_p Air)	= 4,2 kJ /kg°C
Panas laten air (h_{fg})	= 2.426,058 kJ/kg
Berat kering mutlak sampel	= 2,44 kg

1. Menghitung energi *input* yang digunakan selama proses pengeringan (Q_{in})

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= m_{BB} \times NKB_k \\
 &= 392,7 \text{ kg} \times 13.885,2 \text{ kJ/kg} \\
 &= 5.452.718 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung energi yang dipakai untuk memanaskan kakao (Q_t), memanaskan air kakao (Q_w), penguapan air kakao (Q_l).

- a. Energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

- Panas jenis bahan (C_p Kakao)

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Kakao} &= 4,1868 \times (0,0081 \times (K_{a_{wb}}) + 0,2) \\
 &= 4,1868 \times (0,0081 \times (51,20) + 0,2) \\
 &= 2,5737 \text{ kJ/kg°C}
 \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

$$\begin{aligned}
 Q_t &= m_{kb} \cdot C_p \text{ Kakao} \cdot (T_d - T_a) \\
 &= 949 \text{ kg} \times 2,5737 \text{ kJ/kg°C} \times (36,7 \text{ °C} - 28,2 \text{ °C}) \\
 &= 20,931,8 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

b. Energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

- Berat air awal kakao (m_i)

$$\begin{aligned} m_i &= K_{a_{wb}} \times m_{kb} \\ &= 51,20 \% \times 949 \text{ kg} \\ &= 485,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

$$\begin{aligned} Q_w &= m_i \cdot C_{p \text{ Air}} \cdot (T_d - T_a) \\ &= 485,9 \text{ kg} \times 4,2 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C} \times (36,7^\circ\text{C} - 28,2^\circ\text{C}) \\ &= 17,489,1 \text{ kJ} \end{aligned}$$

c. Energi untuk penguapan air kakao (Q_i)

- Berat air yang diuapkan (m_r)

$$\begin{aligned} m_r &= m_{kb} - m_{kk} \\ &= 949 \text{ kg} - 497,3 \text{ kg} \\ &= 451,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk menguapkan air kakao (Q_i)

$$\begin{aligned} Q_i &= m_r \cdot h_{fg} \\ &= 451,7 \text{ kg} \times 2.426,06 \text{ kJ/kg} \\ &= 1.095.908,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

d. Energi output (Q_{out})

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_w + Q_t + Q_i \\ &= 20,931,8 \text{ kJ} + 17,489,1 \text{ kJ} + 1.095.908,6 \text{ kJ} \\ &= 1.134.329,5 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Menghitung efisiensi Energi (η)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\ \pi &= \frac{1.134.329,5 \text{ kJ}}{5.452.718 \text{ kJ}} \times 100 \% \\ &= 20,8 \% \end{aligned}$$

4. Menghitung energi panas yang hilang (Q)

$$\begin{aligned} Q &= 100 \% - \eta \\ &= 100 \% - 20,8 \% \\ &= 79,2 \% \end{aligned}$$

B. Perhitungan Efisiensi Energi Pengamatan ke-2

Berat kakao awal (m_{kb})	= 1.130 kg
Suhu awal kakao (T_a)	= 29,7 °C
Suhu akhir kakao (T_d)	= 36,9 °C
Kadar air awal (Ka_{wb}) b.b	= 51,98 %
Kadar air kakao akhir (Ka_{db}) b.b	= 6,70 %
Total bahan bakar (m_T)	= 448,8 kg
Nilai kalor bahan bakar (NKB_k)	= 13.885,20 kJ/kg
Lama pengeringan (N)	= 20 Jam
Panas jenis air (Cp_{Air})	= 4,2 kJ /kg°C
Panas laten air (h_{fg})	= 2.426,058 kJ/kg
Berat kering mutlak sampel	= 2,40 kg

1. Menghitung energi *input* yang digunakan selama proses pengeringan (Q_{in})

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= m_{BB} \times NKB_k \\
 &= 448,8 \text{ kg} \times 13.885,20 \text{ kJ/kg} \\
 &= 6.231.677,8 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung energi yang dipakai untuk memanaskan kakao (Q_t), memanaskan air kakao (Q_w), penguapan air kakao (Q_i).

- e. Energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

- Panas jenis bahan (Cp_{Kakao})

$$\begin{aligned}
 Cp_{Kakao} &= 4,1868 \times (0,0081 \times (Ka_{wb}) + 0,2) \\
 &= 4,1868 \times (0,0081 \times (51,98) + 0,2) \\
 &= 2,6002 \text{ kJ/kg°C}
 \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

$$\begin{aligned}
 Q_t &= m_{kb} \cdot Cp_{Kakao} \cdot (T_d - T_a) \\
 &= 1.130 \times 2,6002 \text{ kJ/kg°C} \times (36,9 \text{ °C} - 29,7 \text{ °C}) \\
 &= 21.184,3 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

f. Energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

- Berat air awal kakao (m_i)

$$\begin{aligned} m_i &= K_{a_{wb}} \times m_{kb} \\ &= 54.20 \% \times 1.130 \text{ kg} \\ &= 587,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

$$\begin{aligned} Q_w &= m_i \cdot C_{p \text{ Air}} \cdot (T_d - T_a) \\ &= 587,4 \text{ kg} \times 4,2 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C} \times (36,9^\circ\text{C} - 29,7^\circ\text{C}) \\ &= 17.786,9 \text{ kJ} \end{aligned}$$

g. Energi untuk penguapan air kakao (Q_l)

- Berat air yang diuapkan (m_r)

$$\begin{aligned} m_r &= m_{kb} - m_{kk} \\ &= 1.130 \text{ kg} - 546,9 \text{ kg} \\ &= 583 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk menguapkan air kakao (Q_l)

$$\begin{aligned} Q_l &= m_r \cdot h_{fg} \\ &= 583 \text{ kg} \times 2.426,058 \text{ kJ/kg} \\ &= 1.414.585,9 \text{ kJ} \end{aligned}$$

h. Energi output (Q_{out})

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_w + Q_t + Q_l \\ &= 21.184,3 \text{ kJ} + 17.786,9 \text{ kJ} + 1.414.585,9 \text{ kJ} \\ &= 1.453.557,1 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Menghitung efisiensi Energi (η)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{1.453.557,1 \text{ kJ}}{6.231.677,8 \text{ kJ}} \times 100\% \\ &= 23,3 \% \end{aligned}$$

4. Menghitung energi panas yang hilang (Q)

$$\begin{aligned} Q &= 100 \% - \eta \\ &= 100 \% - 23,3 \% \\ &= 76,7 \% \end{aligned}$$

C. Perhitungan Efisiensi Energi Pengamatan ke-3

Berat kakao awal (m_{kb})	= 1.380 kg
Suhu awal kakao (T_a)	= 29,14 °C
Suhu akhir kakao (T_d)	= 37,2 °C
Kadar air awal (Ka_{wb}) b.b	= 51,64 %
Kadar air kakao akhir (Ka_{wb}) b.b	= 7,10 %
Total bahan bakar (m_T)	= 504,8 kg
Nilai kalor bahan bakar (NKB_k)	= 13.885,20 kJ/kg
Lama pengeringan (N)	= 20 Jam
Panas jenis air (Cp_{Air})	= 4,2 kJ /kg°C
Panas laten air (h_{fg})	= 2.426,058 kJ/kg
Berat kering mutlak sampel	= 2,42 kg

1. Menghitung energi *input* yang digunakan selama proses pengeringan (Q_{in})

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= m_{BB} \times NKB_k \\
 &= 504,8 \text{ kg} \times 13.885,20 \text{ kJ/kg} \\
 &= 7.400.117,34 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung energi yang dipakai untuk memanaskan kakao (Q_t), memanaskan air kakao (Q_w), penguapan air kakao (Q_i).

- a. Energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

- Panas jenis bahan (Cp_{Kakao})

$$\begin{aligned}
 Cp_{Kakao} &= 4,1868 \times (0,0081 \times (Ka_{wb}) + 0,2) \\
 &= 4,1868 \times (0,0081 \times (51,64) + 0,2) \\
 &= 2,5886 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan kakao (Q_t)

$$\begin{aligned}
 Q_t &= m_{kb} \cdot Cp_{Kakao} \cdot (T_d - T_a) \\
 &= 1.380 \text{ kg} \times 2,5886 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (37,2 \text{ }^\circ\text{C} - 29,1 \text{ }^\circ\text{C}) \\
 &= 28.900 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- b. Energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

- Berat air awal kakao (m_i)

$$\begin{aligned}
 m_i &= Ka_{wb} \times m_{kb} \\
 &= 51,64 \% \times 1.380 \text{ kg} \\
 &= 712,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Nilai energi untuk memanaskan air kakao (Q_w)

$$\begin{aligned}Q_w &= m_i \cdot C_p \text{ Air} \cdot (T_d - T_a) \\&= 712,6 \times 4,2 \text{ kJ/Kg}^\circ\text{C} \times (37,2^\circ\text{C} - 29,1^\circ\text{C}) \\&= 24,213,8 \text{ kJ}\end{aligned}$$

- c. Energi untuk penguapan air kakao (Q_i)

- Berat air yang diuapkan (m_r)

$$\begin{aligned}m_r &= m_{kb} - m_{kk} \\&= 1.380 \text{ kg} - 692,7 \text{ kg} \\&= 687,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Nilai energi untuk menguapkan air kakao (Q_i)

$$\begin{aligned}Q_i &= m_r \cdot h_{fg} \\&= 687,2 \text{ kg} \times 2.426,058 \text{ kJ/kg} \\&= 1.667.284,1 \text{ kJ}\end{aligned}$$

- d. Energi output (Q_{out})

$$\begin{aligned}Q_{out} &= Q_w + Q_t + Q_i \\&= 28.900 \text{ kJ} + 24,213,8 \text{ kJ} + 1.667.284,1 \text{ kJ} \\&= 1.720.397,9 \text{ kJ}\end{aligned}$$

- 3. Menghitung efisiensi Energi (η)

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{1.720.397,9 \text{ kJ}}{7.010.637,5 \text{ kJ}} \times 100\% \\ &= 24,5 \%\end{aligned}$$

- 4. Menghitung energi panas yang hilang (Q)

$$\begin{aligned}Q &= 100 \% - \eta \\ &= 100 \% - 24,5 \% \\ &= 75,5 \%\end{aligned}$$