

**ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA PANAS
PADA ALAT PENGERING PRODUK
PERKEBUNAN KOPI**

SKRIPSI

OLEH:

MUHAMMAD REZZA AMDANA

148130005



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/12/21

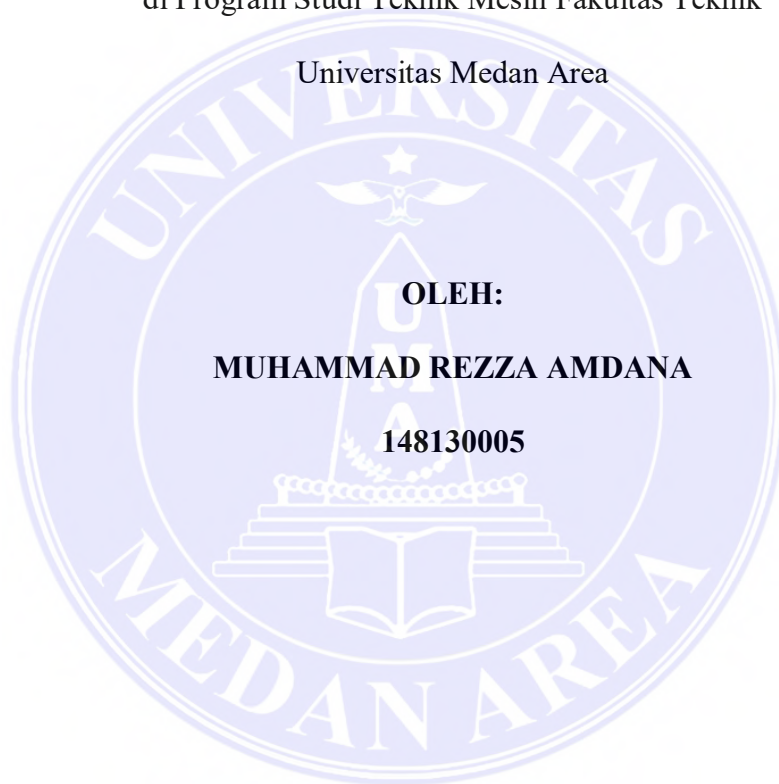
Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

**ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA PANAS PADA ALAT PENGERING
PRODUK PERKEBUNAN KOPI**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Medan Area



**OLEH:
MUHAMMAD REZZA AMDANA
148130005**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN 2018
2021**

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA PANAS PADA ALAT
PENGERING PRODUK PERKEBUNAN KOPI

Nama : Muhammad Rezza Amdana

NPM : 14.813.0005

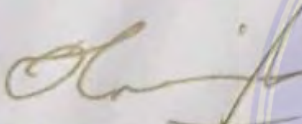
Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

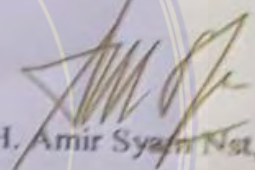
Pembimbing II

Pembimbing I



(Ir. Husin Ibrahim MT)

NIP/NIDN: 0018106107



(Ir. H. Amir Syam Nst, MT)

NIP/NIDN: 0025125606



(Dina Maizana, MT)

NIP/NIDN: 0112096601



(Muhammad Idris, ST. MT)

NIP/NIDN: 0106058104

Tanggal Lulus : 03, Desember 2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, 11 februari 2021

(Muhammad Rezza Amdana)

(148130005)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rezza Amdana
Npm : 148130005
Falkutas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Laju Aliran Udara Panas Pada Alat Pengering Produk Perkebunan Kopi. Dengan Bebas Royalty Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*data base*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.



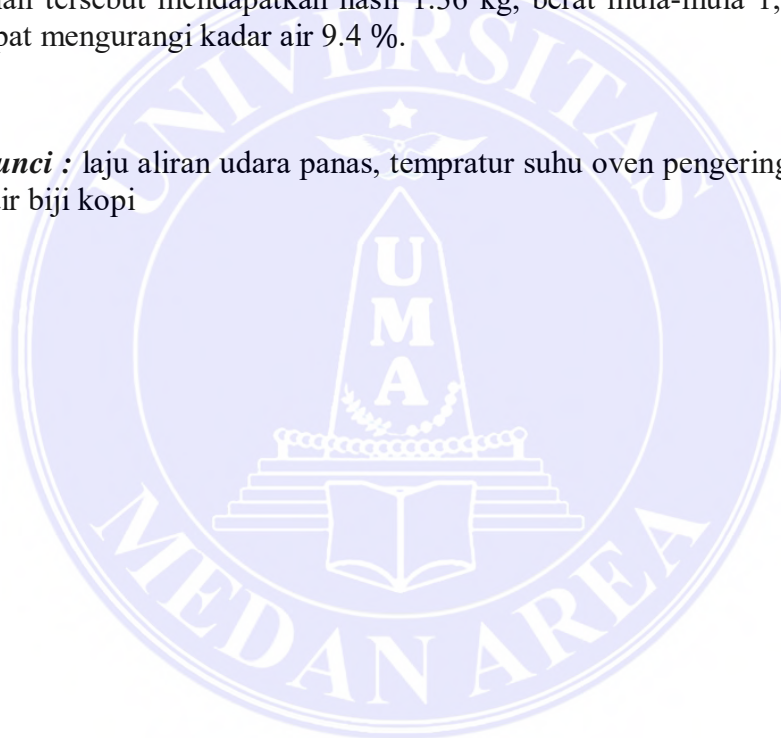
Medan, 11 februari 2021
Yang menyatakan

(Muhammad Rezza Amdana)
(148130005)

ABSTRAK

Berdasarkan kebutuhan pasar, semakin melonjak tinggi, akan produk perkebunan biji kopi dikalangan masyarakat luas, diindonesia tata cara pengolahan bahan baku biji kopi, masih tradisional, menggunakan panas sinar matahari. sedangkan diindonesia sendiri memiliki dua musim, yahitu musin hujan, musim kemarau. belakangan ini Indonesia dilanda musim pancaroba, produktiftitas para petani akan terhambat, tidak efektif menghasilkan produk siap dipasarkan, namun seiringnya perkembangan zaman, pendidikan, teknologi alat pengering sangat membantu mobilitas, dalam memproduksi bahan baku terbaik pada petani, maka sistematis alat pengering ini, berperan penting untuk mencukupi kebutuhan pasar, menggunakan system pengering laju aliran udara panas, menghasilkan 50°C aliran silang, ruang pengering suhu bertempratur 40°C berfungsi mengeringkan biji kopi menggunakan aliran laju udara panas. Maka hasil dari penelitian tersebut mendapatkan hasil 1.36 kg, berat mula-mula 1,5 kg, waktu 2 jam dapat mengurangi kadar air 9.4 %.

Kata kunci : laju aliran udara panas, tempratur suhu oven pengering pengurangan kadar air biji kopi

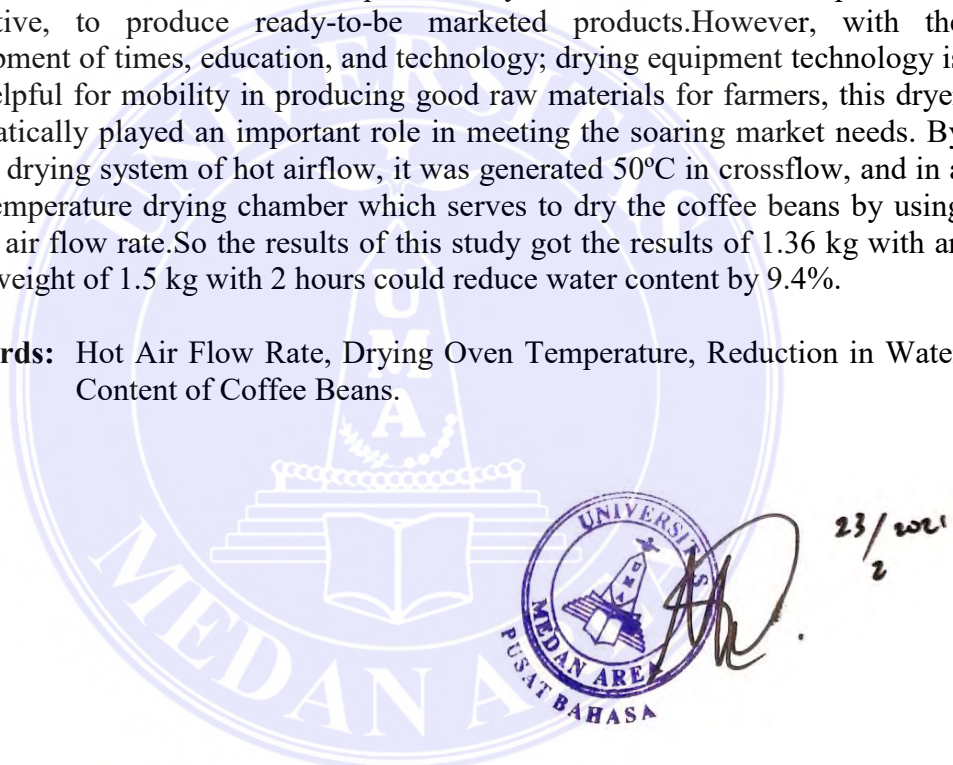


ABSTRACT

Muhammad Rezza Amdana. 148130005. “The Analysis of Hot Air Flow Rate in the Dryer of Coffee Plantation Products”. Supervised by Ir. H. Amir SyamNasution, M.T., and Ir. Husein Ibrahim, M.T.

Based on market demand, which is increasingly soaring, for coffee bean plantation products among the wider community, especially among the Indonesian people, the Indonesian process for processing raw coffee beans is still traditional, which still uses heat in the sun. Meanwhile, Indonesia itself has two seasons, namely the rainy season and the dry season, and it has recently been hit by an extreme transition season, and the productivity of farmers will be hampered and ineffective, to produce ready-to-be marketed products. However, with the development of times, education, and technology; drying equipment technology is very helpful for mobility in producing good raw materials for farmers, this dryer systematically played an important role in meeting the soaring market needs. By using a drying system of hot airflow, it was generated 50°C in crossflow, and in a 40°C temperature drying chamber which serves to dry the coffee beans by using the hot air flow rate. So the results of this study got the results of 1.36 kg with an initial weight of 1.5 kg with 2 hours could reduce water content by 9.4%.

Keywords: Hot Air Flow Rate, Drying Oven Temperature, Reduction in Water Content of Coffee Beans.



RIWAYAT HIDUP



Muhammad Rezza Amdana atau yang biasa dikenal sebagai Rezza adalah penulis skripsi ini. Penulis lahir dari orang tua bernama Riswanto (Ayah) dan Riti Nila Susanti (Ibu), sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis dilahirkan pada tanggal 14 bulan Juli tahun 1995 di Kota Bekasi Provinsi Jawa Barat.

Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN 107399 Bandar Khalipah, Kabupaten Deli Serdang (lulus tahun 2008), melanjutkan ke SMP Swasta Prayatna Medan, Kota Medan (lulus tahun 2011), melanjutkan ke SMKN1 Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang (lulus tahun 2014), kemudian melanjutkan Pendidikan Tinggi di fakultas Teknik dengan masa kuliah selama 6 tahun (12 semester) dan meraih gelar Sarjana Teknik (S.T) di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Akhir kata penulis selalu mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Tuhan yang mahaesa atas terselesaikannya skripsi ini dengan judul, Analisis Laju Aliran Udara Panas Pada Alat Pengering Produk Perkebunan Kopi.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullaahi Wabarakaatuh

Alhamulillah, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah alat pengering dengan judul **“Analisis Laju Aliran Udara Panas Pada Alat Pengering Perkebunan Kopi”**.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya, Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat didalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran sari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun matrial yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui Tulsan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang seluasnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., Selaku rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. H. Amir Syam Nst, M.T., dan Ir. Husin Ibrahim, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing,

motivasi dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.

4. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M. Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Riswanto dan Riti Nila Susanti selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral, dan materi sehingga tugas akhir ini dapat di selesaikan.
7. Sahabat dan teman-teman ikut membantu membuat alat pengering biji kopi dan memberikan bantuan materi, tenaga, semangat, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu Faisal Ahmad, Tua Parlindungan Simbolon.
8. Windy Claudia Arun , Rangga, Khairul Amri, Ridho Ananda, yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2014 dari kampus Universitas Medan Area, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis dan semua pembaca.

Aamiin Ya Rabbal 'Alamin

Penulis

Muhammad Rezza Amdana

148130005



DAFTAR ISI

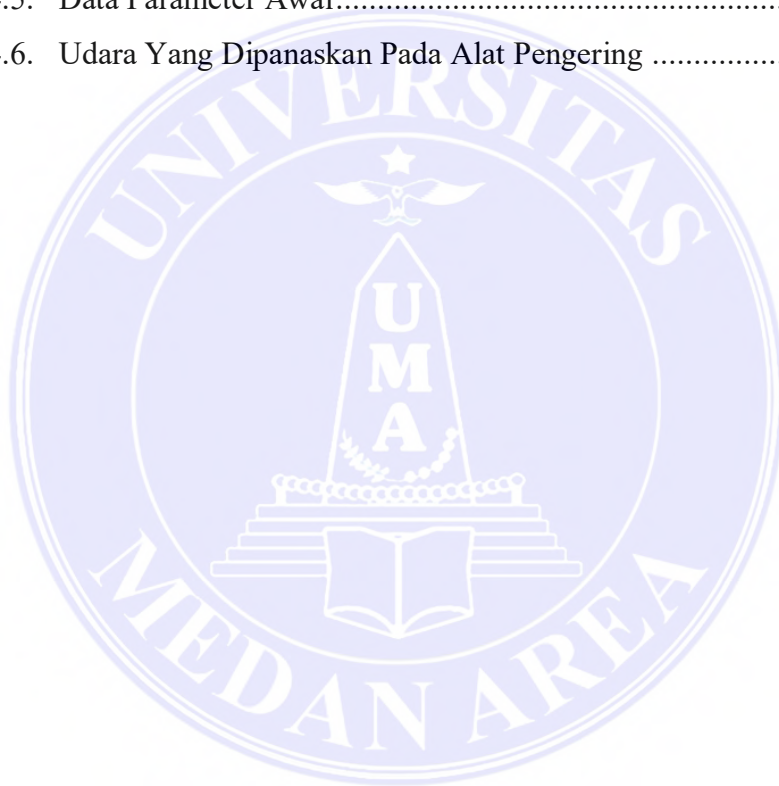
HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKERIPSI.....	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR.	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Peneliti Terdahulu	5
B. Perinsip Pengeringan	6
C. Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan.....	7
D. Jenis-Jenis Alat Pengering.....	10
E. Perpindahan Panas.....	29
F. Pengeringan Biji Kopi	32
G. Kopi (<i>coffee</i>).....	44
BAB III. METODE PENELITIAN.....	49
A. Tempat Dan Waktu.....	49
B. Alat Dan Bahan	50
C. Sketsa Alat Pengering.....	55
D. Diagram Alir Penelitian.....	57
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	58
A. Hasil Data Proses Pengeringan.....	58
B. Pengurangan Kadar Air Pada Biji Kopi	63
C. Pembahasan Hasil Data Penelitian Alat Pengering.....	67
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
A. Kesimpulan.....	71
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Tray Dryer</i>	12
Gambar 2.2.	<i>Drum Dryer (Rotary)</i>	13
Gambar 2.3.	<i>Spray Dryer</i>	21
Gambar 2.4.	<i>Freeze Dryer</i>	22
Gambar 2.5.	<i>Fluidized Bed Dryer</i>	25
Gambar 2.6.	<i>Vacum Dryer</i>	28
Gambar 2.7.	Perpindahan Panas Secara Konduksi	30
Gambar 2.8.	Proses Perpindahan Panas Konveksi	31
Gambar 2.9.	Proses Pengeringan Secara Alam	33
Gambar 2.10.	Skema Sistem Pengering Udara Panas	38
Gambar 2.11.	Skema Sistem Pengeringan Uap Air	41
Gambar 2.12.	Buah Kopi Arabika Dan Biji Kopi	47
Gambar 3.1.	Blower Tarik	50
Gambar 3.2.	Thermometer	50
Gambar 3.3.	Kaca Tempered 3 mm	50
Gambar 3.4.	Pipa Diameter 12 mm	51
Gambar 3.5.	Katup Control	51
Gambar 3.6.	Barometer	51
Gambar 3.7.	Control Box	52
Gambar 3.8.	Pipa Aliran Silang	52
Gambar 3.9.	Blower Hisap	52
Gambar 3.10.	Tungku Pembakaran	53
Gambar 3.11.	Biji Kopi Pasca Panen	53
Gambar 3.12.	Biji Kopi Yang Siap Untuk Di Proses	54
Gambar 3.13.	Sketsa Alat Pengering	55
Gambar 3.14.	Diagram Alir	57
Gambar 4.1.	Proses Penjemuran Secara Alami	59
Gambar 4.2.	Grafik Penurunan Berat Biji Kopi Dengan panas Sinar Matahari	60
Gambar 4.3.	Proses Pengeringan Dengan Alat Pengering	61
Gambar 4.4.	Grafik Penurunan Berat Biji Kopi Dengan Alat Pengering	62
Gambar 4.5.	Grafik Penurunan Kadar Air Biji Kopi Dengan Panas Sinar Matahari	64
Gambar 4.6.	Grafik Penurunan Kadar Air Biji Kopi Dengan Alat Pengering	66

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Komposisi Biji Kopi Arabika Gayo	48
Table 3.1. Jadwal Penelitian.....	49
Table 4.1. Proses Penjemuran Alami	60
Table 4.2. Proses Pengeringan Dengan Alat Pengring	62
Table 4.3. Kadar Air Biji Kopi Proses Penjemuran Secara Alami.....	64
Table 4.4. Kadar Air Biji Kopi Dengan Alat Pengering	66
Table 4.5. Data Parameter Awal.....	67
Table 4.6. Udara Yang Dipanaskan Pada Alat Pengering	67



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Berdasarkan kebutuhan pasar, yang semakin melonjak tinggi, akan produk perkebunan biji kopi dikalangan masyarakat luas, terutama pada kalangan masyarakat Indonesia, yang sebagian besar adalah penikmat secangkir kopi, yang sudah menjadi sebuah teradisi, dan dengan tata cara penanaman, perawatan, pengolahan bahan baku secara tradisional itu, sangat tidak efektif untuk menghasilkan produk pada petani, sebab tata cara pengelohan bahan baku, yang masih bersifat tradisional itu, masih menggunakan panas pada sinar matahari saja, sedangkan diindonesia sendiri memiliki dua musim, yahitu musin hujan dan musim kemarau, dan produktiktifitas para petani akan terhambat.

Bila pada musim penghujan, dan belakangan ini Indonesia dilanda musim pancaroba yang extrim, atau pergantian cuaca yang tidak menentu, kadang kala dimusim yang seharusnya kemarau, indonesia dilanda hujan, dan dimusim yang seharusnya penghujan, indonesia dilanda kemarau, oleh karena itu, produktifitas para petani semakin tidak efektif, untuk menghasil produk yang siap untuk di pasarkan. namun dengan seiringnya perkembangan zaman, pendidikan, dan teknologi di indonesia, maka tercipta pula, teknologi alat pengering yang ramah lingkungan pada para petani, yang sangat dapat membantu mobilitas, dalam peroduktifitas yang efektif secara berkala pada petani, maka sistematis alat pengering ini, berperan penting untuk mencukupi kebutuhan pasar yang melonjak

tinggi, dengan proses yang efektif, dan sangat relatif untuk cara penggunaannya, yang menggunakan system pengering dari laju aliran udara panas, yang di hasilkan dari pemanas baik semi manual hingga moderen, semi manual berupa tungku api, berbahan bakar kayu, serabut kelapa, tempurung kelapa, pelepah pohon sawit, hasil yang diambil dari pembakaran adalah udara panas, yang akan di konversikan menuju ruang penampung udara panas, lalu dihubungkan menuju ruang pemans, atau pun dengan menggunakan alat pengering moderen, yang memakai pemanas dari heater yang dialiri arus listrik, menggunakan sel surya, dan menggunakan bahan bakar gas, yang akan menghasikan udara panas, dan di konversikan menuju ruang penampung udara panas, lalu di hubungkan menuju ruang pemans.

Drying merupakan proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengering yang biasanya berupa aliran udara panas. pengeringan dapat di artikan memindahkan atau mengambil kandungan zat cair dari benda padatnya, zat cair yang biasa kita pindahkan dari zat padat adalah air. sedangkan zat padat biasanya bermacam-macam, contohnya pada pabrik pengolahan makanan, khususnya pabrik yang mengolah manisan buah-buahan kering, maka proses pengeringan akan aplikasikan untuk mengurangi kandungan air yang ada pada buah-buahan tersebut, maka yang bertindak sebagai zat padat adalah buah tersebut, sedangkan yang menjadi zat cairnya adalah air yang berada dalam buah tersebut. untuk sistem proses kinerja alat pengering, sanagt membantu mobilitas produksi

perkebunan biji kopi para petani, jauh lebih meningkat, baik, dan berkualitas, di karenakan aliran laju fluida panas, yang di hasilkan alat pengering di sesuaikan dengan panas pada matahari dan secara konstan, terus menerus stabil dalam melakukan peroses pengeringan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Perbedaan hasil pengeringan manual, (menggunakan sinar matahari) dan pengeringan menggunakan alat pengering.
2. Adanya pengurangan kadar air, disetiap proses pengeringan menggunakan alat pengering.

C. Batasan Masalah

Batasan – batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi pengujian yang di lakukan, berupa jenis laju aliran udara panas, terhadap peroduk perkebunan seperti biji kopi.
2. Data yang di amati dalam pengujian ini, adalah tekanan laju aliran udara panas dan kecepatan laju aliran udara panas terhadap alat pengering.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui kecepatan laju aliran udara panas, dan mengetahui luas penampang alat pengering dan temperatur suhu udara panas, terhadap alat pengering produk perkebunan kopi.
2. Mengetahui pengurangan kadar air, pada peroduk perkebunan biji kopi. Dan memberi kemudaha dalam memproduksi kopi.

E. Manfaat penelian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pengalaman, dalam menerapkan teori yang di dapat di perguruan tinggi, kedalam lingkungan industry kecil menengah secara nyata, dalam menyelesaikan suatu permasalahan dan dapat meningkatkan pengetahuan, mengenai system alat pengering peroduk perkebunan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Peneliti Terdahulu

Pengeringan merupakan operasi yang rumit yang meliputi perpindahan panas dan massa secara transien, serta beberapa laju proses, seperti transformasi fisik atau mekanisme perpindahan panas dan massa. penelitian mengenai model pengeringan, tumpukan biji-bijian yang menunjukkan peningkatan laju aliran massa udara pengeringan mengakibatkan konsumsi energi pengeringan pada berbagai suhu udara lingkungan dan udara pengering, namun pengaruhnya menurun pada suhu udara lingkungan yang lebih tinggi [1].

Pengeringan biji kopi dengan prototipe pengering tipe bak silinder dengan penambahan pipa perforasi pada ruang pengering, dimana berdasarkan hasil pengujian di dapat suhu tumpukan biji kopi di bak pengering antara 47.3°C sampai 67.3°C dan kadar air telah mencapai 12.5% setelah 18 jam, sumber energi tambahan yang banyak di integrasikan pada [2].

Salah satu jenis pengering, yang banyak di gabungkan dengan pengering surya adalah pengering tipe bak (*flat bed dryer*). Menurut Gagelonia dkk (2001) pengering tipe bak dengan kapasitas yang besar telah lama dikembangkan di vietnam untuk mengeringkan padi. kemudian teknologi ini dikembangkan di filipina untuk mengeringkan padi juga, pengering ini lebih rendah biaya pengeringannya dibandingkan dengan pengering yang sudah ada, hal ini, dikarenakan bahan bakar yang di gunakan adalah sekam padi. pengering yang

diintroduksi ini juga dapat di gunakan untuk pengeringan kopi, jagung, kedelai, dan irisan pisang [3]. Pengering surya adalah energi biomassa dari tungku dan kolektor surya, kolektor surya merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari yang masuk dan diubah menjadi energi thermal dan meneruskan energi tersebut ke fluida [4].

B. Perinsip Pengeringan

Terdapat beberapa teknologi pengeringan buatan yaitu, pengering oven, pengering semprot (*spray dryer*), *fluidized bed dryer*, dan *rotary dryer*. Pengeringan menggunakan proses fluidisasi (*fluidized bed*) dapat dipertimbangkan karena mutu produk yang didapat relatif baik (seragam), keberlangsungan produksi terjamin, dapat dioperasikan siang dan malam serta dapat dilakukan pemantauan kadar air akhir dalam gabah. Oleh sebab itu, pengering dengan menggunakan prinsip fluidisasi dapat menjadi pilihan. Pengering fluidisasi mempunyai beberapa kelebihan yaitu laju perpindahan panas dan massa cukup tinggi karena kontak antara udara panas pengering dengan bahan yang dikeringkan cukup baik, temperatur dan kadar air seragam, konstruksi sederhana, kapasitas pengeringan tinggi.

Alat pengering terfluidisasi ini digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan berbentuk butiran dan tepung. Pada alat ini udara panas dipaksakan naik ke atas melewati wadah yang berlubang-lubang kemudian menembus bahan. Udara panas berfungsi sebagai media pengering, kecepatan aliran udara panas diatur sedemikian rupa sehingga mengakibatkan bahan melayang-layang dan terjadi

terfluidisasi. Akan tetapi penggunaan alat ini memerlukan biaya investasi yang cukup tinggi untuk pengoperasian dan perawatan serta penggunaannya terbatas pada bahan-bahan tertentu.

Penambahan zeolit 3A dapat meningkatkan efisiensi pengeringan gabah, suhu yang semakin tinggi dengan *flowrate* konstan dapat mempersingkat waktu proses pengeringan gabah. *Flowrate* yang semakin besar dengan suhu konstan dapat mempersingkat waktu proses pengeringan gabah. Pengeringan bahan hasil pertanian dengan menggunakan aliran udara pengering yang baik adalah antara 45°C-75°C. Pengeringan pada suhu dibawah 45°C, mikroba dan jamur masih hidup, sehingga daya awet dan mutu produk rendah. Namun, suhu udara pengering di atas 75°C menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak [5].

C. Faktor Yang Mempengaruhi Pengeringan

Pada pengeringan selalu diinginkan kecepatan pengeringan yang maksimal, oleh karena itu, perlu dilakukan usaha-usaha untuk mempercepat perpindahan panas dan perpindahan massa (perpindahan massa dalam hal ini adalah perpindahan air keluar dari bahan yang dikeringkan dalam proses pengeringan tersebut), ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk memperoleh kecepatan pengeringan maksimum, yaitu.

1. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan bahan, maka semakin cepat bahan menjadi kering air menguap melalui permukaan bahan, sedangkan air yang ada di bagian tengah akan merembes ke bagian permukaan dan kemudian menguap, untuk

mempercepat pengeringan umumnya, bahan pangan yang akan dikeringkan di potong-potong.

Diiris-iris terlebih dulu hal ini terjadi karena pemotongan atau pengirisan tersebut akan memperluas permukaan bahan dan permukaan yang luas dapat berhubungan dengan medium pemanasan sehingga air mudah keluar, potongan-potongan kecil atau lapisan yang tipis mengurangi jarak dimana panas harus bergerak sampai ke pusat bahan pangan, potongan kecil juga akan mengurangi jarak melalui massa air dari pusat bahan yang harus keluar ke permukaan bahan dan kemudian keluar dari bahan tersebut.

2. Suhu

Semakin besar perbedaan suhu antara, medium pemanas dengan bahan bahan maka, akan semakin cepat proses perpindahan panas, berlangsung sehingga mengakibatkan proses penguapan semakin cepat pula, atau semakin tinggi suhu udara pengeringan maka akan semakin besar energi panas yang di bawa ke udara yang akan menyebabkan proses perpindahan panas semakin cepat sehingga perpindahan massa akan berlangsung dengan cepat juga.

3. Kecepatan Udara

Semakin tinggi kecepatan udara, makin banyak penghilangan uap air dari permukaan bahan sehingga dapat, mencegah terjadinya udara jenuh di permukaan bahan. udara yang bergerak dan mempunyai gerakan yang tinggi selain dapat mengambil uap air juga akan menghilangkan uap air tersebut dari permukaan bahan pangan, sehingga akan mencegah terjadinya atmosfer jenuh yang akan memperlambat penghilangan air. apabila aliran udara disekitar tempat

pengeringan berjalan dengan baik, proses pengeringan akan semakin cepat, yaitu semakin mudah dan semakin cepat uap air terbawa dan teruapkan.

4. Kelembaban Udara (*Relative Humidity*)

Semakin lembab udara di dalam ruang pengering, dan sekitarnya maka akan semakin lama proses pengeringan berlangsung kering, begitu juga sebaliknya, karena udara kering dapat mengabsorpsi dan menahan uap air, setiap bahan mempunyai keseimbangan kelembaban nisbi (RH keseimbangan) masing-masing, yaitu kelembaban pada suhu tertentu di mana bahan tidak akan kehilangan air (pindah) ke atmosfer atau tidak akan mengambil uap air dari atmosfer.

- a. Jika $RH \text{ udara} < RH \text{ keseimbangan}$ maka benda masih dapat di keringkan.
- b. Jika $RH \text{ udara} > RH \text{ keseimbangan}$, maka benda akan menarik uap air dari udara.

5. Tekanan Udara

Semakin kecil tekanan udara akan semakin besar kemampuan udara untuk mengangkut air selama pengeringan, karena dengan semakin kecilnya tekanan berarti kerapatan udara makin berkurang sehingga uap air dapat lebih banyak tetampung dan disingkirkan dari bahan pangan. Sebaliknya jika tekanan udara semakin besar maka udara disekitar pengeringan akan lembab, sehingga kemampuan menampung uap air terbatas dan menghambat proses atau laju pengeringan.

6. Waktu

Semakin lama waktu (batas tertentu) pengeringan, maka akan semakin cepat proses pengeringan selesai, dalam pengeringan di terapkan konsep HTST (*High Temperature Short Time*), waktu yang singkat dalam proses pengeringan dapat menghemat biaya, untuk menjalankan mesin pengering [6].

D. Jenis-Jenis Alat Pengering

Ada beberapa jenis-jenis alat pengeringan, diantara lain adalah sebagai berikut [6].

1. *Tray Dryer*

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering.

Cara perpindahan panas yang umum digunakan adalah konveksi dan perpindahan panas secara konduksi juga dimungkinkan dengan memanaskan baki tersebut. Rangka bak pengering terbuat dari besi, rangka bak pengering di bentuk dan dilas, kemudian dibuat dinding untuk penyekat udara dari bahan plat seng dengan tebal 0,3mm. Dinding tersebut dilengketkan pada rangka bak pengering dengan cara di revet serta dilakukan pematrian untuk menghindari kebocoran udara panas. Kemudian plat seng dicat dengan warna hitam buram, agar dapat menyerap panas dengan lebih cepat. Pada bak pengering dilengkapi dengan pintu

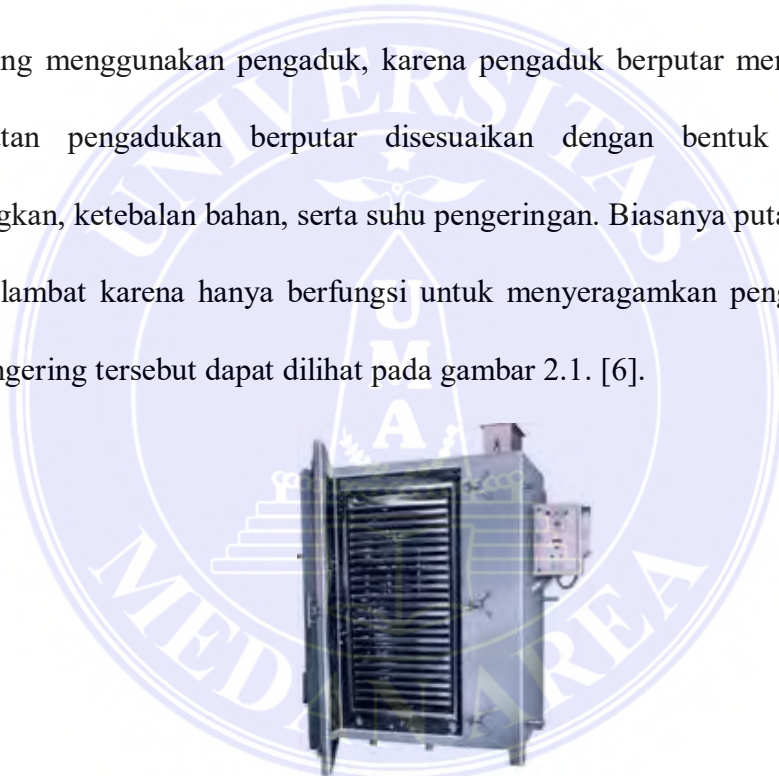
yang berguna untuk memasukan dan mengeluarkan produk yang dikeringkan. Di pintu tersebut dibuat kaca yang mamungkinkan kita dapat mengetahui temperature tiap rak, dengan cara melihat thermometer yang sengaja digantungkan pada setiap rak pengering. Di bagian atas bak pengering dibuat cerobong udara, bertujuan untuk memperlancar sirkulasi udara pada proses pengeringan.

Alat pengering tipe rak (*tray dryer*) mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis itu rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengering. Ikan-ikan diletakkan di atas rak yang terbuat dari logam dengan alas yang berlubang-lubang. Kegunaan dari lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas dan uap air. Ukuran rak yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200 cm² dan ada juga yang 400 cm². Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang akan dikeringkan. Selain alat pemanas udara, biasanya juga digunakan kipas (*fan*) untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat

Pengering. Kipas yang digunakan mempunyai kapasitas aliran 7-15 fet per detik. Udara setelah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas, pada alat tersebut udara dipanaskan lebih dahulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas di dalam alat pengering dapat dari atas ke bawah dan juga dari bawah ke atas. Suhu yang digunakan serta waktu pengeringan ditentukan menurut keadaan bahan. Biasanya suhu yang digunakan berkisar antara 80-1800C. *Tray dryer* dapat digunakan untuk operasi dengan

keadaan vakum dan seringkali digunakan untuk operasi dengan pemanasan tidak langsung.

Uap air dikeluarkan dari alat pengering dengan pompa vakum. Alat tersebut juga digunakan untuk mengeringkan hasil pertanian berupa biji-bijian. Bahan diletakkan pada suatu bak yang dasarnya berlubang-lubang untuk melewatkan udara panas. Bentuk bak yang digunakan ada yang persegi panjang dan ada juga yang bulat. Bak yang bulat biasanya digunakan apabila alat pengering menggunakan pengaduk, karena pengaduk berputar mengelilingi bak. Kecepatan pengadukan berputar disesuaikan dengan bentuk bahan yang dikeringkan, ketebalan bahan, serta suhu pengeringan. Biasanya putaran pengaduk sangat lambat karena hanya berfungsi untuk menyeragamkan pengeringan. Dan alat pengering tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1. [6].



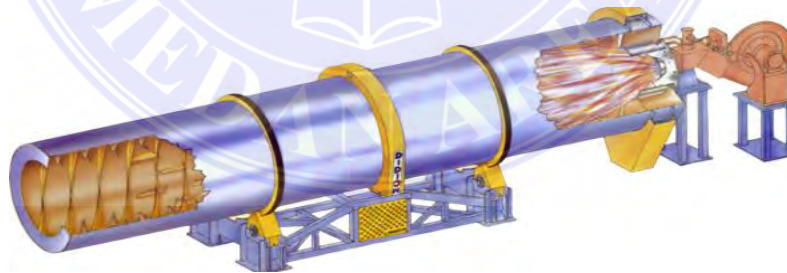
Gambar 2.1. *Tray Dryer*

2. *Drum Dryer (Rotary)*

Rotary dryer atau bisa disebut drum dryer merupakan alat pengering berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. Alat pengering ini dapat bekerja pada aliran udara melalui poros silinder pada suhu 1200-1800 °F tetapi pengering ini lebih seringnya digunakan pada suhu 400-900 °F.

Rotary dryer sudah sangat dikenal luas di kalangan industri karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar minyak dan gas, maka teknologi rotary dryer mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti burner batubara, gas sintesis dan sebagainya.

Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas. Debu yang dihasilkan dikumpulkan oleh *scrubber* dan penangkap air elektrostatik. Dan alat rotary dryer dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. *Drum Dryer (Rotary)*

Secara umum, alat rotary dryer terdiri dari sebuah silinder yang berputar di atas sebuah bearing dengan kemiringan yang kecil menurut sumbu horisontal, rotor, gudang piring, perangkat transmisi, perangkat pendukung, cincin meterai, dan suku cadang lainnya.. Panjang silinder biasanya bervariasi dari 4 sampai lebih dari 10 kali diameternya (bervariasi dari 0,3 sampai 3 m). Feed padatan

dimasukkan dari salah satu ujung silinder dan karena rotasi, pengaruh ketinggian dan slope kemiringan, produk keluar dari salah satu ujungnya. Pengering putar ini dipanaskan dengan kontak langsung gas dengan zat padat atau dengan gas panas yang mengalir melalui mantel luar, atau dengan uap yang kondensasi di dalam seperangkat tabung longitudinal yang dipasangkan pada permukaan dalam selongsong.

Pada alat pengering rotary dryer terjadi dua hal yaitu kontak bahan dengan dinding dan aliran uap panas yang masuk ke dalam drum. Pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan dinding disebut konduksi karena panas dialirkan melalui media yang berupa logam. Sedangkan pengeringan yang terjadi akibat kontak bahan dengan aliran uap disebut konveksi karena sumber panas merupakan bentuk aliran. Pada pengeringan dengan menggunakan alat ini penyerapan panas mudah dilakukan dan terjadi penyusutan bobot yang lebih tajam dibandingkan dengan penurunan pembobotan yang dialami tray dryer.

Pengeringan pada *rotary dryer* dilakukan pemutaran berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian yaitu atas dan bawah secara bergantian, sehingga pengeringan yang dilakukan oleh alat ini lebih merata dan lebih banyak mengalami penyusutan. Selain itu rotary ini mengalami pengeringan berturut-turut selama satu jam tanpa dilakukan penghentian proses pengeringan. Pengering rotary ini terdiri dari unit-unit silinder, dimana bahan basah masuk diujung yang satu dan bahan kering keluar dari ujung yang lain.

Proses pengeringan terjadi ketika bahan dimasukkan ke dalam silinder yang berputar kemudian bersamaan dengan itu aliran panas mengalir dan kontak dengan bahan. Didalam drum yang berputar terjadi gerakan pengangkatan bahan dan menjatuhkannya dari atas ke bawah sehingga kumpulan bahan basah yang menempel tersebut terpisah dan proses pengeringan bisa berjalan lebih efektif. Pengangkatan memerlukan desain yang hati-hati untuk mencegah dinding yang asimetri. Selain itu bahan bergerak dari bagian ujung dryer keluar menuju bagian ujung lainnya akibat kemiringan drum. Bahan yang telah kering kemudian keluar melalui suatu lubang yang berada di bagian belakang pengering drum. Sumber panas didapatkan dari gas yang diubah menjadi uap panas dengan cara pembakaran.

Kontak yang terjadi antara padatan dan gas pada alat pengering rotary dryer dilengkapi dengan *flights*, yang diletakkan di sepanjang silinder rotary dryer. Volume material yang ditransport oleh *flights* antara 10 sampai 15 % dari total volume material yang terdapat di dalam *rotary dryer*. Mekanismenya sebagai berikut, pada saat silinder pengering berputar, padatan diambil keatas oleh *flights*, terangkat pada jarak tertentu kemudian terhamburkan melalui udara. Kebanyakan pengeringan terjadi pada saat seperti proses ini, dimana padatan berkontak dengan gas. *Flights* juga berfungsi untuk mentransfer padatan melalui silinder.

Proses yang terjadi di dalam *rotary dryer* sangat kompleks dan masih sedikit dimengerti dengan baik sehingga menjadi obyek penelitian dari banyak peneliti. Untuk dapat menganalisis dan mendesain sistem *rotary dryer* secara benar dan meyakinkan, perlu difahami fenomena perpindahan panas, perpindahan

massa dan transportasi partikel padat di dalam *rotary dryer*. Mula-mula panas dipindahkan dari gas ke padatan basah, karena adanya *driving force* suhu, dan temperatur padatan akan naik dan kehilangan uap air. Uap air berpindah ke aliran gas karena adanya gradien tekanan uap. Hal ini merupakan proses simultan dari perpindahan massa dan perpindahan panas yang terjadi pada saat partikel padat bergerak secara kontinyu membentuk pancaran berputar di seluruh silinder dari masukan sampai keluaran. Metoda perpindahan panas yang terjadi adalah konveksi dan konduksi.

Pada umumnya kebanyakan alat pengering, panas dipindahkan dengan lebih dari satu cara, tetapi pengering industri tertentu (misalnya pengeringan makanan) mempunyai satu metoda perpindahan panas yang dominan. Sedangkan pada *rotary dryer*, perpindahan panas yang dominan adalah perpindahan panas konveksi, panas yang diperlukan biasanya diperoleh dari kontak langsung antara gas panas dengan padatan basah. Pengeringan dalam *rotary dryer* menggunakan suhu tidak lebih dari 70°C dengan lama pengeringan 80-90 menit, dan putaran *rotary dryer* 17-19 rpm. Untuk memperoleh hasil pengeringan yang baik selain ditentukan oleh suhu dan putaran mesin juga ditentukan oleh kapasitas mesin pengering. Kapasitas per *batch* mesin pengering ditentukan oleh diameter mesin itu.

Rotary dryer diklasifikasikan sebagai di *rect, indirect direct, indirect, special types*. Istilah tersebut mengacu pada metode transfer panasnya, istilah *direct* digunakan pada saat terjadi kontak langsung antara gas dengan solid peralatan rotary dryer dapat diaplikasikan untuk pemrosesan material solid

secara *batch* maupun *kontinyu*, material solid harus mempunyai sifat dapat mengalir bebas dan berwujud granular.

Dalam merencanakan alat pengering rotary dryer hendaklah diketahui kadar air input, kadar air output, densiti material, ukuran material, maksimum panas yang diijinkan, sifat fisika atau kimia, kapasitas output, dan ketersediaan jenis bahan bakar sehingga dapat ditentukan dimensi rotary dryer, sistem pemanas (langsung atau tidak langsung), arah gas panas (co-current atau counter current), volume dan tekanan udara, kecepatan dan tenaga putar, dan dimensi siklon.

Pengering rotary telah menjadi andalan bagi banyak industri yang menghasilkan produk dalam tonase yang tinggi. Pengeringan ini biasanya membutuhkan modal yang besar dan kurang efisien, tetapi sangat fleksibel. Penggunaan tabung uap yang dibenamkan dalam sel yang berputar membuat pengeringan pancuran (*cascading rotary dryer*) lebih efisien secara termal.

Pengering rotary memiliki keuntungan dari struktur yang wajar, manufaktur yang sangat baik, output tinggi, konsumsi energi yang rendah, operasi yang mudah digunakan dan sebagainya. Pengering rotary berlaku untuk bahan partikel, dan juga berlaku untuk bahan pasta dan kental yang bercampur dengan bahan partikel, atau bahan yang kadar air tinggi. Ini memiliki keuntungan dari volume produksi yang besar, berbagai aplikasi, hambatan aliran kecil, rentang disesuaikan besar, dan operasi yang mudah digunakan.

Secara umum, unit pemanas langsung merupakan unit yang sederhana dan paling ekonomis. Unit ini digunakan pada saat kontak langsung antara padatan dan flue gas dapat ditoleransi. Karena beban panas total harus diberikan dan

diambil, sejumlah volume total gas yang besar dan kecepatan yang tinggi diperlukan. Kecepatan gas yang ekonomis biasanya kurang dari 0,5 m/s.

Bagian dalam alat yang berbentuk silindris ini, semacam sayap yang banyak. Melalui antara sayap-sayap tersebut dialirkan udara panas yang kering sementara silinder pengering berputar. Dengan adanya sayap-sayap tersebut bahan seolah-olah diaduk sehingga pemanasan merata dan akhirnya diperoleh hasil yang lebih baik. Alat ini dilengkapi 2 silinder, yang satu ditempatkan di bagian dekat pemasukan bahan yang akan dikeringkan, dan yang satu lagi di bagian dekat tempat pengeluaran bahan hasil pengeringan. Masing-masing silinder tersebut berhubungan dengan sayap-sayap (kipas) yang mengalirkan secara teratur udara panas disamping berfungsi pula sebagai pengaduk dalam proses pengeringan, sehingga dengan cara demikian pengeringan berlangsung merata [6].

Keuntungan penggunaan rotary atau drum dryer sebagai alat pengering adalah sebagai berikut:

- a. Dapat mengeringkan baik lapisan luar ataupun dalam dari suatu padatan
- b. Penanganan bahan yang baik sehingga menghindari terjadinya atrisi
- c. Proses pencampuran yang baik, memastikan bahwa terjadinya proses pengeringan bahan yang seragam/merata
- d. Efisiensi panas tinggi
- e. Operasi sinambung
- f. Instalasi yang mudah
- g. Menggunakan daya listrik yang sedikit

Kekurangan dari penggunaan pengering drum dryer diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Dapat menyebabkan reduksi kuran karena erosi atau pemecahan
- b. Karakteristik produk kering yang inkonsisten
- c. Efisiensi energi rendah
- d. Perawatan alat yang susah
- e. Tidak ada pemisahan debu yang jelas

3. *Spray Dryer*

Spray dryer adalah unit peralatan untuk memproduksi tepung atau bubuk dari bahan cair yang disemprotkan (hingga membentuk partikel halus) ke dalam ruang yang telah di aliri udara panas, sementara produk akhir yang dihasilkan dapat berupa bubuk, maupun granula, susu, jus buah dan kopi bubuk merupakan produk yang menggunakan proses pengeringan metode *spray drying*, mekanisme kerja *spray drying* adalah pertama-tama seluruh air dari bahan yang ingin di keringkan, di ubah ke dalam bentuk butiran-butiran air dengan cara di uapkan menggunakan *atomizer*, air dari bahan yang telah berbentuk tetesan-tetesan tersebut kemudian di alirkan dengan udara panas, peristiwa ini menyebabkan air dalam bentuk tetesan-tetesan tersebut mengering dan berubah menjadi serbuk, selanjutnya proses pemisahan antara uap panas dengan serbuk di lakukan dengan *cyclone* atau penyaring, setelah di pisahkan serbuk kemudian kembali di turunkan suhunya sesuai dengan kebutuhan produksi komponen dari [6].

a. *Atomizer*

Atomizer merupakan bagian terpenting pada *spray dryer* di mana memiliki fungsi untuk menghasilkan droplet dari cairan yang akan di keringkan, droplet yang terbentuk akan di distribusikan (di semprotkan) secara merata pada alat pengering agar terjadi kontak dengan udara panas. ukuran droplet yang dihasilkan tidak boleh terlalu besar karena proses pengeringan tidak akan berjalan dengan baik, di samping itu ukuran droplet juga tidak boleh terlalu kecil karena menyebabkan terjadinya terlalu panas.

b. *Chamber*

Chamber merupakan ruang di mana terjadi kontak antara droplet cairan yang di hasilkan oleh *atomizer* dengan udara panas untuk pengeringan, kontak udara panas dengan droplet akan menghasilkan bahan kering dalam bentuk bubuk. Bubuk yang terbentuk akan turun ke bagian bawah *chamber* dan akan di alirkan dalam bak penampung.

c. *Heater*

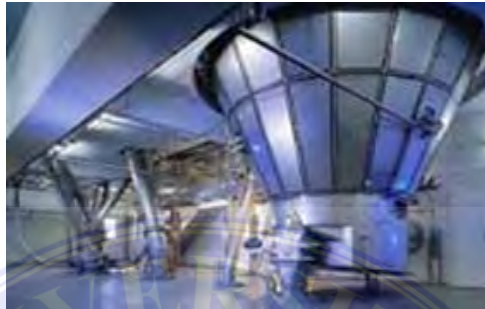
Heater berfungsi sebagai pemanas udara yang akan di gunakan sebagai pengering, panas yang di berikan harus diatur sesuai dengan karakteristik bahan, ukuran droplet yang di hasilkan dan jumlah droplet, suhu udara pengering yang di gunakan di atur agar tidak menyebabkan terlalu panas.

d. *Cyclone*

Cyclone berfungsi sebagai bak penampung hasil proses pengeringan. bubuk yang dihasilkan akan di pompa menuju *Bag Filter*.

e. *Bag Filter*

Bag Filter berfungsi untuk menyaring atau memisahkan udara setelah di gunakan pengeringan dengan bubuk yang terbawa setelah proses *spray dryer*, pada gambar 2.3. *Spray Dryer* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3. *Spray Dryer*

4. *Freeze Dryer*

Frees Driyer merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk kedalam *Conduction Dryer* atau *Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah atau lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi) sehingga disebut juga *Conduction Dryer* atau *Indirect Dryer*.

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Gambar dapat dilihat pada gambar 2.4.

Gambar 2.4. *Freeze Dryer*

Keunggulan pengeringan beku, dibandingkan metoda lainnya, antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Dapat mempertahankan stabilitas produk (menghindari perubahan aroma, warna, dan unsur organoleptik lain).
- b. Dapat mempertahankan stabilitas struktur bahan (pengkerutan dan perubahan bentuk setelah pengeringan sangat kecil).
- c. Dapat meningkatkan daya rehidrasi (hasil pengeringan sangat berongga dan *lyophile* sehingga daya rehidrasi sangat tinggi dan dapat kembali ke sifat fisiologis, organoleptik dan bentuk fisik yang hampir sama dengan sebelum pengeringan)..

Keunggulan-keunggulan tersebut tentu saja dapat diperoleh jika prosedur dan proses pengeringan beku yang diterapkan tepat dan sesuai dengan karakteristik bahan yang dikeringkan. Kondisi operasional tertentu yang sesuai dengan suatu jenis produk tidak menjamin akan sesuai dengan produk jenis lain.

Pengoprasian alat tersebut sedikit lebih panjang karena banyak menu display yang harus diseting dahulu dan harus lebih hati-hati karena banyak peralatan/asesoris terbuat dari gelas. Cara oprasionalnya sebagai berikut: ekstrak cairan atau kental sebelum dimasukkan kedalam Freeze Dryer telah dibekukan

dalam refrigerator (lemari es) minimal semalam. Setelah membeku kemudian dimasukkan ke dalam alat,- alat disetting sesuai dengan yang diinginkan. Oleh vaccum puma alat tersebut akan menyedot solvent yang telah beku (*freeze*) menjadi uap. Prinsip kerja alat ini adalah merubah fase padat/*es/freeze* menjadi fase gas (uap).

Sesuai dengan namanya pula *Freeze Dryer* (pengering beku) dapat digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan cair seperti ekstrak baik cair maupun kental, lebih ditekankan untuk pengeringan ekstrak dengan penyari/solvent dari air. Pengeringan ekstrak relatif lama, sebagai ilustrasi kerja alat tersebut sebagai berikut: untuk mengeringkan ekstrak cair sebanyak 500 ml bisa membutuhkan waktu lebih dari 20 jam. Untuk itu lebih disarankan ekstrak yang dikeringkan dalam *Freeze Dryer* sudah dalam ekstrak kentalnya sehingga waktu pengeringan akan lebih cepat sehingga biaya akan lebih murah. Kapasitas alat tersebut mampu mengeringkan ekstrak sampai 6 liter sekaligus.

Proses pengeringan beku dengan alat *freeze dryer* ini berlangsung selama 18-24 jam, karena proses yang panjang inilah membuat produk-produk bahan alam ini menjadi lebih stabil dibandingkan dengan metode pengeringan yang lain seperti pengeringan semprot atau yang dikenal dengan spray drying. Pengeringan beku ini dapat meninggalkan kadar air sampai 1%, sehingga produk bahan alam yang dikeringkan menjadi stabil dan sangat memenuhi syarat untuk pembuatan sediaan farmasi dari bahan alam yang kadar airnya harus kurang dari 10%. pada prosesnya yang panjang ini sampel akan dibekukan terlebih dahulu, lalu setelah itu dimasukkan kedalam alat *freeze dryer* yang akan diset suhu dan

tekanannya dibawah titik triple. dan akan terjadi proses sublimasi yaitu dari padat menjadi gas. Penggunaan *freeze drying* ini sendiri juga telah banyak diaplikasikan dalam pengeringan produk makanan, hasil dari pengeringan ini tidak merubah tekstur dari produk itu sendiri dan cepat kembali ke bentuk awalnya dengan penambahan air.

Untuk proses pengeringan beku (*freeze dryer*) bahan yang dikeringkan terlebih dahulu dibekukan kemudian dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan tekanan rendah sehingga kandungan air yang sudah menjadi es akan langsung menjadi uap, dikenal dengan istilah sublimasi. Pengeringan menggunakan alat *freeze dryer* lebih baik dibandingkan dengan oven karena kadar airnya lebih rendah. Pengeringan menggunakan alat *freeze dryer* atau pengering beku lebih aman terhadap resiko terjadinya degradasi senyawa dalam ekstrak. Hal ini kemungkinan karena suhu yang digunakan untuk mengeringkan ekstrak cukup rendah [6].

5. *Fluidized Bed Dryer*

Pengeringan hampan terfluidisasi (*Fluidized Bed Drying*) adalah proses pengeringan dengan memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang dilewatkan menembus hampan bahan sehingga hampan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida.

Metode pengeringan fluidisasi digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan mempertahankan mutu bahan kering. Pengeringan ini banyak digunakan untuk pengeringan bahan berbentuk partikel atau butiran, baik untuk industri kimia, pangan, keramik, farmasi, pertanian, polimer dan limbah. Proses

pengeringan dipercepat dengan cara meningkatkan kecepatan aliran udara panas sampai bahan terfluidisasi. Dalam kondisi ini terjadi penghambusan bahan sehingga memperbesar luas kontak pengeringan, peningkatan koefisien perpindahan kalor konveksi, dan peningkatan laju difusi uap air.

Kecepatan minimum fluidisasi adalah tingkat kecepatan aliran udara terendah dimana bahan yang dikeringkan masih dapat terfluidisasi dengan baik, sedangkan kecepatan udara maksimum adalah tingkat kecepatan tertinggi dimana pada tingkat kecepatan ini bahan terhembus ke luar ruang pengering.

Bahan yang akan dikeringkan dimasukkan secara konstan dan kontinyu kedalam ruang pengering, kemudian didorong oleh udara panas yang terkontrol dengan volume dan tekanan tertentu. Bahan yang telah kering (karena bobotnya sudah lebih ringan) akan keluar dari ruang pengeringan menuju siklon untuk ditangkap dan dipisahkan dari udara, namun bagi bahan yang halus akan ditangkap oleh pulsejet bag filter. Gambar *Fluidized Bed Dryer* dapat dilihat pada gambar. 2.5.



Gamabr 2.5. *Fluidized Bed Dryer*

Kelebihan pengering dengan sistem fluidisasi adalah sebagai berikut:

- a. Aliran bahan yang menyerupai fluida mengakibatkan bahan mengalir secara kontinyu sehingga otomatis memudahkan operasinya.

- b. Pencampuran atau pengadukan bahan menyebabkan kondisi bahan hampir mendekati isothermal.
- c. Sirkulasi bahan diantara dua *fluidized bed* membuatnya memungkinkan untuk mengalirkan sejumlah besar kalor yang diperlukan ke dalam ruang pengering yang besar.
- d. Pengering tipe fluidisasi cocok untuk skala besar.
- e. Laju perpindahan kalor dan laju perpindahan massa uap air antara udara pengering dan bahan sangat tinggi dibandingkan dengan pengering metode kontak yang lain.
- f. Pindah kalor dengan menggunakan pengering tipe fluidisasi membutuhkan area permukaan yang relatif kecil.
- g. Sangat ideal untuk produk panas sensitif dan non-panas sensitive.

Kekurangan pengering dengan sistem fluidisasi adalah sebagai berikut:

- a. Sulit untuk menggambarkan aliran dari udara panas yang dihembuskan ke ruang pengering, dikarenakan simpangan yang besar dari aliran udara yang masuk dan bahan terlewat oleh gelembung udara, menjadikan sistem kontak/singgungan tidak efisien.
- b. Pencampuran atau pengadukan bahan padatan yang terus menerus pada hampan akan menyebabkan ketidakseragaman waktu diam bahan di dalam ruang pengering, karena bahan terus menerus terkena hembusan udara panas.
- c. Tidak dapat mengolah bahan yang lengket atau berkadar air tinggi dan *abrasive*.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sistem *Fluidized Bed Dryer* adalah pengaturan yang baik antara: tekanan udara, tingkat perpindahan panas dan waktu pengeringan, sehingga tidak timbul benturan/gesekan bahan/material pada saat proses pengeringan berlangsung. Untuk bahan yang lengket atau berkadar air tinggi sangat beresiko mengaplikasikan sistem ini, situasi seperti ini perlu dilakukan pengkondisian awal yaitu mencampurnya dengan bahan/material keringnya terlebih dahulu, agar tidak menimbulkan masalah pada unit siklon, demikian pula halnya untuk produk akhir yang halus dan ringan, sangat perlu menggunakan pulse jet bag filter, dikarenakan siklon penangkap produk umumnya tidak mampu berfungsi dengan baik, bahkan dapat menimbulkan polusi udara. Penentuan dimensi ruang bakar, suhu yang diaplikasikan serta volume dan tekanan udara sangat menentukan keberhasilan proses pengeringan, sehingga perlu diketahui data pendukung untuk merancang sistem ini diantaranya kadar air input, kadar air output, densiti material, ukuran material, maksimum panas yang diizinkan, sifat fisika/kimia, kapasitas output/input dan sebagainya [6].

6. *Vacum Dryer*

Vakum berasal dari bahasa latin, *vacuus*, artinya kosong. Jadi vakum artinya menghampakan suatu ruangan atau suatu kemutlakan dibawah nol tekanan. Sistem ruang hampa dikepung oleh atmosfer bumi. Untuk menciptakan ruang hampa diperlukan pompa untuk mengeluarkan udara keluar dari sistem. Kebutuhan ini merupakan arti pekerjaan dasar dari vakum.

Analisa termodinamika hanya memperhatikan nilai tekan mutlak. Akan tetapi kebanyakan pengukuran tekanan hanya menunjukkan tekanan ukur (gauge)

yakni perbedaan tekanan mutlak suatu sistem dan tekanan mutlak atmosfer. Pengukuran bambung-bourdon, misalnya mengukur tekanan relatif terhadap atmosfer sekeliling.

Untuk pengeringan padatan berbentuk butiran atau sluri, pengering vakum dengan berbagai rancangan mekanis telah tersedia secara komersial. Pengeringan jenis ini lebih mahal dari pada pengering bertekanan atmosfer tetapi sesuai untuk bahan yang sensitif panas dan memerlukan pemulihan pelarut atau jika ada rasio kebakaran atau ledakan. Pencampuran berbentuk kerucut tunggal atau ganda dapat diterapkan untuk pengeringan dengan pemanasan selimut bejana dan pemakaian untuk mengeluarkan uap air. Gambar menunjukkan dua pengering vakum yang tersedia dipasar. Pengering vakum jenis pedal cocok untuk bahan seperti lumpur sedangkan pengering vakum jenis sabuk cocok untuk bahan berbentuk pasta. Gambar dapat dilihat pada gambar. 2.6.



Gambar 2.6. *Vacum Dryer*

Mesin *vacum drying* adalah mesin pengering dengan menggunakan teknologi vacuum. Proses pengeringan produk diatur pada suhu yang dikehendaki, disertai dengan proses vacuum untuk mempercepat pengeringan. Mesin vacuum drying ini biasanya digunakan untuk produk yang dikeringkan harus dengan suhu rendah, agar gizi tidak rusak.

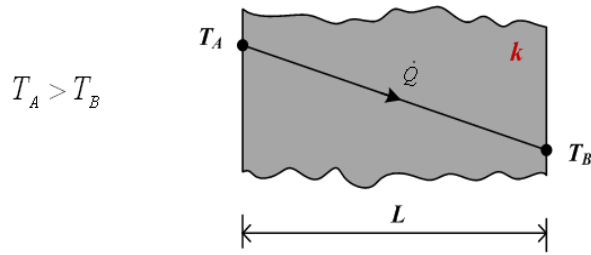
Vacuum drying ini bermanfaat untuk pengeringan sayur-sayuran dan produk lainnya sesuai dengan keinginan Anda. Mesin ini digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain mengeringkan sayur-sayuran pada suhu tidak terlalu tinggi, sehingga nilai gizi tidak hilang. Mesin ini juga bisa digunakan untuk produk makanan. Prinsip kerja mesin ini adalah memanaskan produk pada suhu yang bisa diatur, disertai dengan penyedotan (pempvakuman) uap air dari produk yang dipanaskan tersebut [6].

E. Perpindahan Panas

Perpindahan panas terjadi karena ada perbedaan temperatur, perpindahan panas dapat terjadi melalui 3 cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi, konduksi adalah perpindahan panas yang tidak melibatkan aliran mediumnya, sementara perpindahan panas konveksi melibatkan aliran mediumnya, dan radiasi tidak melibatkan medium perantara tetapi secara langsung menggunakan perambatan elektromagnetik [7].

1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas dari partikel bersuhu tinggi kepartikel bersuhu rendah sebagai hasil dari interaksi antara partikel tersebut, konduksi dapat terjadi pada benda padat, cair dan gas, pada konduksi perpindahan panas terjadi akibat interaksi antar partikel tanpa di ikuti perpindahan partikelnya.



Gambar 2.7. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Pada gambar 2.7 perpindahan panas dapat di hitung dengan menggunakan hukum fourier, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q_{kom} = -kA \frac{dT}{dX} = kA \frac{(T_A - T_B)}{L} \dots \dots \dots (2.1)$$

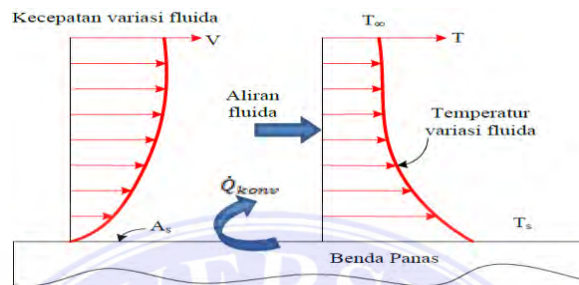
dimana:

- Q_{kom} = Laju perpindahan panas konduksi (W)
- k = Konduktivitas thermal bahan (W/m.K)
- A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)
- T_A = Temperatur pada titik A (K)
- T_B = Temperatur pada titik B (K)
- L = Ketebalan dinding benda (m)

2. Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat yang berbatasan dengan fluida yang mengalir, fluida ini bisa dalam fasa cair atau fasa gas, syarat utama mekanisme perpindahan panas konveksi adalah adanya aliran fluida, mekanisme ini secara lebih jelas dapat di lihat pada gambar 2.7. pada gambar tersebut di anggap temperatur permukaan (T_s) masih lebih tinggi daripada temperatur lingkungan (T_∞), anggap udara lingkungan mengalir menuju ke permukaan plat, partikel udara yang tepat bersentuhan dengan plat akan menerima perpindahan panas secara konduksi dari plat, akibatnya temperaturnya akan naik.

Kemudian aliran udara akan mengangkut udara yang lebih panas ini untuk di gantikan oleh udara berikutnya, fakta ini menunjukkan bahwa didalam perpindahan panas konveksi, sebenarnya terdapat perpindahan panas konduksi antar partikelnya, dapat di lihat pada gambar 2.8. [7].



Gambar 2.8. Proses Perpindahan Panas Konveksi

Secara matematis, perpindahan panas konveksi pada permukaan benda dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$Q_{konv} = hA_s(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

- Q_{konv} = Laju perpindahan panas konveksi (W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2.K$)
- A_s = Luas penampang perpindahan panas (m^2)
- T_s = Temperatur permukaan benda (K)
- T_∞ = Temperatur fluida yang mengalir (K)

3. Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah panas yang di pindahkan dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik, berbeda dengan mekanisme konduksi dan konveksi, radiasi tidak membutuhkan medium perpindahan panas, sampainya sinar matahari ke permukaan bumi adalah contoh yang paling jelas dari perpindahan panas radiasi, persamaan yang dapat di gunakan untuk menghitung

laju perpindahan panas radiasi antara permukaan plat dan lingkungannya adalah sebagai berikut: [7].

$$Q_r = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A(T_s^4/T_\infty^4) \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

Q_r = Laju perpindahan panas radiasi (W)

ε = Emisivitas permukaan plat, nilainya 0 - 1

σ = Konstanta Boltzman $5,67 \times 10^{-8} (W/m^2 K^4)$

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

T_s = Temperatur permukaan benda (K)

T_∞ = Temperatur lingkungan (K)

F. Pengeringan Biji Kopi

Penjemuran merupakan metode pengeringan kopi yang umum dilakukan petani, dengan cara ini biji kopi dijemur di bawah sinar matahari secara langsung, metode ini kurang efektif karena sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari, penjemuran terpaksa dihentikan jika cuaca mendadak mendung atau hujan, hal ini akan berdampak pada produksi kopi dan pendapatan petani, selain itu, metode ini membutuhkan waktu pengeringan yang relatif lama serta lahan yang luas untuk penjemuran.

Secara bahasa, pengeringan merupakan proses sederhana mengurangi kandungan air dari dalam suatu produk sampai pada tingkat tertentu, sehingga dapat mencegah pembusukan dan aman disimpan dalam jangka waktu yang lama,

kadar air produk harus dikurangi sampai hanya tersisa sekitar 5 sampai 10% untuk menonaktifkan mikroorganisme yang ada di dalam produk [8].

Beberapa keuntungan yang didapat, dari proses pengeringan biji kopi secara alami. antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi kerusakan dan pembusukan produk
2. Mengurangi biaya pengemasan dan kebutuhan akan pendinginan
3. Biaya transportasi dan penyimpanan lebih murah
4. Menjamin ketersediaan produk yang bersifat musiman.

Disamping keuntungan di atas, proses pengeringan juga mempunyai beberapa kelemahan yaitu:

1. Terjadi perubahan warna pada produk
2. Kandungan vitamin lebih rendah, karena vitamin rentan terhadap panas
3. Terjadi *case hardening*, yaitu suatu keadaan dimana permukaan bahan mengeras (kering) sedangkan bagian dalam masih basah (belum kering)
4. Mutu lebih rendah daripada bahan pangan segar

Berikut adalah foto saat pengeringan biji kopi secara alami dengan menggunakan panas sinar matahari dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.9. Proses Pengeringan Secara Alami

Ketika suatu produk basah mengalami proses pengeringan, maka pada produk akan terjadi dua proses secara simultan yaitu:

1. Perpindahan panas dari lingkungan untuk menguapkan air pada permukaan produk, Perpindahan massa berupa uap air dari permukaan produk tergantung pada temperatur udara lingkungan, kelembaban, kecepatan aliran udara, luas bidang kontak, tekanan udara dan sifat fisik produk.
2. Perpindahan air dari dalam produk ke permukaan produk dan selanjutnya mengalami proses penguapan seperti pada proses pertama, perpindahan air dari dalam produk dipengaruhi oleh sifat fisik produk, temperatur dan distribusi kandungan air di dalam produk.

Kadar air yang terkandung dalam produk dinyatakan dalam dua cara, yaitu basis basah dan basis kering, kadar air basis basah dapat didefinisikan sebagai perbandingan massa air pada produk dengan massa total produk, secara matematika kadar air basis basah ditulis sebagai berikut:

$$MC_{wd} = \frac{M_o - M_d}{M_o} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sedangkan kadar air basis kering adalah massa air pada produk persatuan massa kering produk, dinyatakan.

$$MC_{db} = \frac{M_o - M_d}{M_d} \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

MC_{wd} = kadar air basis basah (*kg*)

MC_{db} = kadar air basis kering (*kg*)

M_o = massa total produk (*kg*)

$$Laju\ pengeringan = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

m_{awal} = massa produk mula-mula (*kg*)

m_{akhir} = massa akhir produk kering (*kg*)

t =waktupengeringan (*s*)

Untuk memperoleh kualitas pengeringan yang bagus, ada beberapa parameter yang harus dikontrol selama proses pengeringan, yaitu kecepatan aliran udara, temperatur udara pengering dan kelembaban relatif udara

Kecepatan aliran udara yang tinggi dapat mempersingkat waktu pengeringan, kecepatan aliran udara yang disarankan untuk melakukan proses pengeringan antara 1,5 – 2,0 m/s. Disamping kecepatan, arah aliran udara juga memegang peranan penting dalam proses pengeringan, arah aliran udara pengering yang sejajar dengan produk lebih efektif dibandingkan dengan aliran udara yang datang dalam arah tegak lurus produk.

Secara umum, temperatur udara yang tinggi akan menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat, namun temperatur pengeringan yang lebih tinggi dari 50°C harus dihindari karena dapat menyebabkan bagian luar produk sudah kering, tapi bagian dalam masih basah.

Pengeringan umumnya dilakukan pada kelembaban relatif yang rendah, tujuannya adalah untuk meningkatkan kecepatan difusi air, kelembaban relatif yang rendah di dalam ruang pengering dapat terjadi jika udara pengering bersirkulasi dengan baik dari dalam ke luar ruang pengering, sehingga semua uap air yang diperoleh setelah kontak dengan produk langsung dibuang ke udara lingkungan, pengeringan kopi sebaiknya dilakukan pada temperatur antara 50-55

°C, karena pada temperatur ini perpindahan partikel air dan penguapannya berlangsung dengan baik, temperatur pengeringan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan permukaan biji (*case hardening*), perpindahan partikel air di dalam biji menjadi sulit dan berakibat pada penurunan mutu biji kopi yang di keringkan.

1. Perinsip Pengeringan Biji Kopi

Prinsip dari proses pengeringan biji kopi adalah pengurangan kadar air yang terkandung dalam material yang dikeringkan. Proses pengurangan kadar air ini dilakukan dengan mengalirkan udara panas ke permukaan material tersebut sehingga terjadi proses perpindahan panas secara konveksi dari udara panas ke permukaan material dan dilanjutkan dengan proses perpindahan massa dari material ke udara. Kadar air yang terkandung dalam material dapat diketahui dari tingkat kelembabannya. Tujuan dari pengeringan ini salah satunya adalah sebagai metode untuk pengawetan material uji. Terdapat tiga proses dalam pengeringan yaitu: [9].

a. Proses Pemanasan

Terjadi peningkatan temperatur dari material yang dikeringkan karena penambahan energi kalor dari luar. Energi yang ditambahkan pada proses ini adalah berupa *sensible heat*.

b. Proses Perubahan Fase

Dalam tahap ini terjadi pemanfaatan energi kalor yang berupa *latent heat* hanya untuk proses penguapan cairan yang terkandung material (perubahan fase dari cair menjadi uap air), dan tidak menimbulkan perubahan temperatur.

c. Proses Pembuangan Uap

pada tahap ini uap air yang terkandung dalam material dibuang keluar ruang pengering bersamaan dengan aliran udara [9].

2. Jenis-Jenis Proses Pengeringan

Proses pengeringan terdiri dari beberapa bagian, yaitu proses pengeringan basah dan proses pengeringan kering, yang memiliki keunggulannya masing-masing, dalam mengeringkan bahan baku berupa biji-bijian dan sebagainya adalah sebagai berikut:

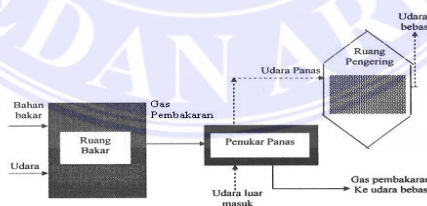
a. Pengeringan Dengan Udara Panas

Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air untuk mencegah tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk. Dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Perubahan kadar air dalam bahan pangan disebabkan oleh perubahan energy dalam system, Untuk itu, dilakukan perhitungan terhadap neraca energy untuk mencapai keseimbangan.

Proses pengeringan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme adalah untuk mempertahankan mutu produk terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang ditentukan oleh perubahan kadar air, mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan transportasi, untuk mempersiapkan produk kering yang akan dilakukan pada tahap berikutnya, menghilangkan kadar air yang ditambahkan akibat selama proses sebelumnya, memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kegagalan produk. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru.

Tujuan pengeringan biji kakao adalah menurunkan kadar air dari 60% menjadi 6%-7%. Ada beberapa cara pengeringan yaitu dengan sinar matahari, dengan alat pengering dan kombinasi keduanya. Pengeringan kombinasi yaitu pengeringan dengan panas sinar matahari dan panas buatan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung cuaca dan bahan bakar lebih sedikit. Pengeringan dengan sinar matahari menjadikan mutu biji lebih baik yaitu menjadi mengkilap.

Caranya adalah biji ditebarkan di lantai penjemuran dibawah terik matahari. Tetapi pengeringan ini membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak, waktu yang dibutuhkan juga sangat lama dan sangat bergantung dengan cuaca karena jika cuaca buruk misalnya cuaca sedang hujan atau tidak ada matahari maka pengeringan ini tidak dapat dilakukan. Untuk mengantisipasi cuaca yang tidak menentu tersebut maka pengeringan yang baik adalah pengeringan yang dilakukan dengan alat pengering yang dalam hal ini dipakai cabinet dryer. Prinsip pengeringan cabinet dryer menggunakan udara pengering sebagai medium panas dalam menurunkan kadar air biji hingga 6% [10].



Gambar 2.10. Skema Sistem Pengering Udara Panas

b. Pengeringan Dengan Uap Air

Uap air panas mempunyai sifat pindah panas yang lebih unggul dari pada udara pada suhu yang sama. Karena tidak ada tahanan terhadap difusi uap air dalam uap itu sendiri, laju pengeringan pada periode laju konstan hanya tergantung pada laju pindah panas. Pada prinsipnya, setiap pengering langsung

atau tak langsung (kombinasi konduksi dan konveksi) dapat dioperasikan sebagai pengering uap air panas.

Salah satu keuntungan nyata dari pengeringan dengan uap air panas adalah bahwa luaran pengering juga uap, meskipun pada enthalpi jenis lebih rendah. Dalam pengeringan dengan udara, panas laten dalam aliran gas luaran biasanya sukar dan mahal untuk digunakan kembali. Jika infiltrasi udara dapat dihindarkan (atau diminimumkan sampai tingkat yang dapat diterima), maka seluruh panas laten yang disuplai ke pengering uap air ini dapat dipulihkan dengan mengembungkan aliran buang atau meningkatkan enthalpi jenisnya secara mekanis atau dengan kompresi panas.

Karena pengering ini akan menghasilkan uap yang sama dengan jumlah air yang diuapkan di dalam pengering, maka pabrik perlu memanfaatkan kelebihan uap tersebut. Jika uap ini digunakan ditempat lain, panas laten yang dipulihkan tidak dibebankan pada alat pengering, dan menyebabkan konsumsi energi bersih sebesar 1000-1500 kJ/kg air yang diuapkan untuk alat pengering dibandingkan dengan 4000-6000 kJ/kg air yang diuapkan untuk pengering, udara panas. Jadi penurunan konsumsi energi merupakan keuntungan yang jelas dari alat pengering dengan menggunakan uap air panas, Keuntungan lain adalah:

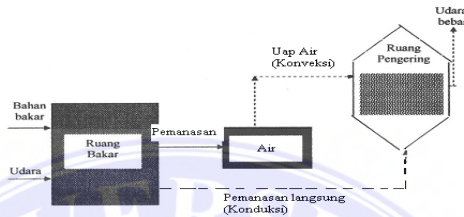
Tidak ada reaksi oksidasi atau pembakaran dalam alat pengering uap air panas. Hal ini berarti tidak ada bahaya kebakaran atau ledakan dan juga menghasilkan mutu yang lebih baik. Massa jenis uap pada temperatur tinggi lebih rendah daripada massa jenis udara pada temperatur yang sama, sehingga secara alami uap akan lebih mudah naik jika dipanaskan hingga pada temperatur tinggi.

Memungkinkan laju pengeringan yang lebih tinggi, baik dalam periode laju konstan maupun laju menurun, tergantung pada suhu uap. Pengeringan dengan uap dapat mencegah bahaya kebakaran atau ledakan pada saat pengeringan produk yang mengandung racun atau cairan organik mahal yang harus dipulihkan, sambil memungkinkan pengembunan aliran buang dalam kondenser kecil. Alat pengering uap air panas memungkinkan proses pasteurisasi, sterilisasi dan deodorisasi produk pangan.

Uap yang terbentuk dari produk dapat ditarik dari ruang pengering, diembunkan dan panas latennya digunakan kembali. Secara umum, pengeringan uap air dapat dipertimbangkan sebagai pilihan yang baik hanya jika satu atau lebih dari kondisi berikut ini dipenuhi:

- i.* Biaya energi sangat tinggi, nilai produk rendah atau dapat diabaikan.
- ii.* Mutu produk lebih unggul jika dikeringkan dalam uap dibandingkan dengan udara.
- iii.* Biaya kebakaran, ledakan atau kerusakan oksidatif sangat tinggi. Premi asuransi yang lebih rendah dapat menutupi sebagian tambahan biaya investasi pengering dengan uap.
- iv.* Jumlah air yang harus dibuang maupun kapasitas produksi yang diperlukan tinggi. Hal ini dapat memenuhi skala ekonomi. Jelasnya, pengering seperti ini hanya baik dipertimbangkan untuk operasi kontinyu karena masalah yang berkaitan dengan masalah penghidup-matian akibat pengembunan pada produk serta keberadaan zat tak dapat diembunkan (udara).

Air yang diuapkan dalam pengering uap, dengan asumsi tidak ada kehilangan, akan menjadi kelebihan uap, dengan enthalpi spesifik yang rendah. Penggunaan uap ini secara ekonomis umumnya merupakan kunci keberhasilan proses pengeringan uap. Uap ini biasanya pada tekanan atmosfer dan berdebu, yang perlu dibersihkan untuk penggunaan ulang [10].



Gambar 2.11. Skema Sistem Pengeringan Uap Air

3. Kinerja Termal

Performansi pengeringan terdiri dari beberapa bagian ialah sebagai berikut: [9].

a. Energi kalor masuk

(\dot{q}_{in}) yaitu energi yang masuk kedalam ruang pengering, dapat dihitung dengan persamaan:

$$\dot{q}_{in} = \dot{m}_{in} \cdot C_p \cdot T_{in} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\dot{m}_{in} = \rho \cdot A \cdot V \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:

\dot{q}_{in} = Laju energi udara pengering (watt)

\dot{m}_{in} = Laju aliran massa udara pengering (kg/s)

C_p = kalor spesifik udara pada tekanan konstan dilihat pada tabel udara pada temperatur tertentu (J/kg . K)

T_{in} = Temperatur udara pengering (K)

ρ = Massa jenis udara pengering(kg/m³)

- A = Luasan permukaan aliran udara masuk ruang pengering (m^2)
- V = kecepatan aliran masuk udara pengering (m/s)

b. Energi penguapan

(\dot{q}_p) yaitu jumlah energi kalor yang dipergunakan untuk menguapkan massa air pada material per satuan waktu dengan persamaan: [9].

$$\dot{q}_p = M_w \cdot L_h \dots\dots\dots(2.9)$$

$$M_w = \frac{m_a - m_i}{t} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana:

- \dot{q}_p = Laju energi panas penguapan (*watt*)
- M_w = Massa air dalam material yang pindah ke udara pengering (*kg*)
- L_h = Panas laten penguapan air diambil dari tabel uap jenuh air sesuai dengan temperaturnya (*J/kg*)
- m_a = Massa awal material (*kg*)
- m_i = Massa akhir material (*kg*)
- t = Waktu pengeringan (*s*)

c. Efisiensi termal

Yaitu perbandingan antara energi panas berguna pada proses pengeringan dengan energi panas yang memasuki rak pengering, dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{\dot{q}_p}{\dot{q}_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Setelah proses pengujian selesai, selanjutnya diukur massa akhir dari material yang dikeringkan untuk mendapatkan m_i [9].

4. Pengaruh Luas Penampang Pada Pipa Aliran Silang

Luas penampang sangat berpengaruh terhadap perpindahan panas hal ini tidak dapat dipisahkan kerana panjang ukuran penampang dapat mempengaruhi temperatur udara panas yang dikeluarkan. Luas penampang juga dapat mempengaruhi kecepatan perpindahan panas semakin luas penampang yang digunakan maka akan mempegaruhi kualitas temperatur udara yang dikeluarkan [11].

$$A = \frac{\pi \times D_1^2}{4} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana

- A := Luas penampang M^2
- π = diameter pipa ($3.14/\frac{22}{7}$)
- D_1^2 = Diameter pipa dalam pipa (m)

5. Kecepatan Udara Pada Blower

Kecepatan udara pnas sangat mepengaruhi terhadap laju alairan perpindahan panas dari udara masuk yang dihisap oleh blwer tarik maka untuk meggetahui kualitas udara panas yang keluar. [11].

$$v = \pi \times D_0 \times n \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana

- v = Kecepatan putaran m/s
- D_0 = Diameter luar pipa
- n = Kecepatan putaran blower RPM

G. Kopi (*coffee*)

Kopi merupakan salah satu diantara tiga minuman non alkoholik (kopi, teh, coklat) yang tersebar luas di Indonesia, sudah beberapa abad lamanya, kopi menjadi bahan perdagangan, karena kopi dapat diolah menjadi minuman, dengan kata lain kopi adalah sebagai penyegar badan yang lemah, dan rasa kantuk dapat hilang setelah minum kopi panas [12].

Lebih-lebih orang yang sudah menjadi pecandu kopi, bila tidak minum kopi rasanya akan lelah dan tak dapat berpikir, tanaman kopi juga mempunyai fungsi sosial, sebab dengan adanya perkebunan kopi yang besar, berarti pula memberi pekerjaan bagi masyarakat desa yang berdekatan misalnya saja satu perkebunan luasnya 1000 ha, kalau rata-rata, tiap ha satu buruh, dan tiap buruh satu istri dengan 2 - 3 anak, berarti satu perkebunan dapat memberi penghidupan 3000 - 4000 orang [13].

1. Sejarah Kopi Di Indonesia

Kopi berasal dari daerah Afrika yang mencakup wilayah negara Etiopia dan Eritrea, kopi merupakan salah satu barang yang menguntungkan untuk diperdagangkan setelah dibawa oleh pedagang Arab Keyaman, Arab mengambil alih perdagangan biji kopi dan mengendalikan perdagangan melalui sebuah pelabuhan Mocha yang terletak di Yaman [14].

Abad 17 Eropa mulai mengembangkan kopi dengan membuat perkebunan kopi sendiri, wilayah jajahan yang tersebar di berbagai penjuru bumi, salah satunya yaitu di Pulau Jawa, pada masanya secangkir kopi Jawa lebih populer dengan sebutan *cup of java* artinya secangkir Jawa.

Kopi masuk ke wilayah Indonesia pada tahun 1696 dibawa oleh Belanda dari Malabar, India ke Jawa, kopi ditanam oleh masyarakat setempat di perkebunan kedawung batavia (Betawi/Jakarta), tetapi perkebunan ini gagal karena gempa bumi dan banjir, pada tahun 1699 Belanda kembali mendatangkan stek pohon kopi dari malabar, kopi yang ditanam di Indonesia menghasilkan kualitas yang baik, hal ini diketahui dari sampel kopi yang diteliti di Amsterdam, biji kopi yang dikembangkan di pulau Jawa dijadikan bibit untuk perkebunan di seluruh Indonesia, ada beberapa jenis kopi yang ditanam tersebar di nusantara antara lain, kopi liberika, kopi robusta, dan juga kopi arabika, tetapi kopi Arabika dan kopi Robusta yang lebih dikenal oleh masyarakat.

Tanaman kopi yang dikembangkan di Indonesia, menjadi salah satu nilai ekonomis yang tinggi di pasaran dunia, kopi Indonesia mengalami peningkatan dalam omset perdagangan, contohnya kopi robusta dan juga kopi arabika karena memiliki karakteristik cita rasa (*acidity, aroma dan flavour*) [14].

2. Penanganan Paska Panen

Penanganan yang dilakukan ada beberapa fase tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan kopi yang baik yaitu, fase pengeringan merupakan salah satu fase yang wajib dilakukan untuk biji kopi sebelum dilakukannya penyangraian, Pengeringan biji terdapat beberapa jenis, yaitu:

a. Pengeringan dengan Menggunakan Matahari

Proses pengeringan biji kopi dapat dilakukan dengan menggunakan matahari untuk proses pengeringan biji kopi ini, untuk proses pengeringan menggunakan matahari, biji kopi akan mengalami fermentasi dan pada biji kopi

yang dikeringkan dengan menggunakan matahari akan menimbulkan aroma dan rasa yang khas, penggunaan matahari untuk pengeringan biji kopi merupakan cara yang bisa dilakukan dengan mudah tetapi juga pengeringan dengan matahari dapat menjadi hal yang sulit untuk mendapatkan kualitas baik dari suatu biji kopi, pengeringan dengan menggunakan matahari sudah dilakukan dengan mewakili biji kopi dari 80% biji kopi arabika yaman 60% biji kopi arabika brazil dan ethiopia, juga kepada biji kopi varietas Robusta. Proses menggunakan pengeringan dengan matahari termasuk salah satu yang sederhana.

b. Proses semi pengeringan

Pada proses semi pengeringan biji kopi ini juga menggunakan matahari sebagai bantuan untuk mengeringkan biji, tetapi bedanya pada biji kopi yang ada dalam proses pengeringan ini diberikan perlakuan seperti pelepasan kulit luar biji dan tetap meninggalkan daging buah dari biji kopi yang berupa lendir. Kemudian dengan proses semi kering ini biasa dilakukan untuk biji kopi tertentu yaitu kopi madu, lendir atau daging buah yang masih menempel pada biji kopi, juga memiliki tahapan pengeringan yang berbeda, misalkan pada biji kopi yang memiliki daging buah atau lendir yang sedikit akan mengalami pengeringan biji kopi yang cepat, sedangkan untuk biji kopi yang memiliki lendir atau daging buah yang tebal akan lama dalam proses pengeringannya tetapi proses pengeringan ini juga tergantung dari kondisi cuaca, kelembapan dari setiap daerah.

c. Proses pencucian atau proses basah

Proses ini biasa digunakan untuk pengolahan kopi arabika, dimana kulit buah dan daging dihilangkan dengan melakukan perendaman dalam air dan

terjadi fermentasi pada biji kopi, proses ini juga berlangsung pada biji kopi robusta hal ini dilakukan untuk meningkatkan aroma khas dari biji kopi [15].

3. Kandungan Kimia Biji Kopi Arabika Gayo

Indonesia menempati urutan negara keempat terbesar dalam mengekspor kopi setelah brazil, colombia dan vietnam, kopi arabika merupakan salah satu jenis kopi yang diekspor oleh Indonesia dengan nilai jual yang sangat tinggi, masing-masing varietas biji kopi arabika tersebut mempunyai sifat fisik berbeda satu sama lainnya, kopi jenis arabika hanya bisa dibudidayakan pada daerah ketinggian 1.200 di atas permukaan laut, sehingga menjadi kopi langka [16]

Tertua didunia kopi arabika gayo adalah satu diantara komoditi ekspor unggulan Indonesia yang telah dikenal di pasar domestik dan internasional, kopi arabika gayo dihasilkan dari tanaman kopi arabika yang ditanam di dataran tinggi dengan ketinggian tempat antara 900 – 1.700 mdpl, lahan kopi dengan ketinggian tersebut umumnya ditemukan di daerah pengunungan dan berlereng kopi Arabika Gayo dapat dilihat pada Gambar. 2.1



Gambar 2.12. Buah Kopi Arabika Dan Biji Kopi

Biji kopi mengandung jumlah polisakarida sekitar 50% yang tersusun membentuk dinding sel, polisakarida berkontribusi terhadap karakteristik organoleptik minuman kopi seperti *creaminess* (viskositas), *mouth-feel* (rasa dalam mulut), komponen aroma, dan stabilitas busa, tiga polisakarida utama dalam kopi yaitu *arabinogalactan*, *mannan* dan *cellulose*, kandungan lemak pada

biji kopi berkisar antara 12-18% tergantung varietas kop, biji kopi robusta memiliki kadar lemak yang lebih rendah jika dibandingkan dengan biji kopi arabika, komponen lemak terbesar dalam kopi adalah *diterpene* yang berupa *cafestol* dan *kahweol*, komposisi biji kopi arabika dapat dilihat pada tabel berikut:

Kandungan kopi yang dianggap paling penting adalah kafein yang memiliki efek farmakologis yang bermanfaat secara klinis untuk menstimulasi susunan syaraf pusat, relaksasi otot polos terutama otot polos bronkus dan stimulasi otot jantung, kafein termasuk salah satu derivat *xantin* yang mengandung gugus metil, kafein atau dengan nama lain *trimetilxantin* dengan rumus molekul $C_8H_{10}N_4O_2$ [17].

Tabel 2.1. Komposisi Biji Kopi Arabika Gayo

No	Komponen	Jumlah (%)
1.	Polisakarida	50-55
2.	Oligosakarida	6-8
3.	Lemak	12-18
4.	Protein	11-13
5.	Mineral	3-4
6.	Kafein	0.9-1.2
7.	Asam klorida	5-8

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu

1. Tempat

Penelitian secara eksperimen ini menggunakan alat pengering produk perkebunan biji kopi, di laksanakan di laboratorium Tenknik Mesin Universitas Medan Area.

2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini, dimulai dari persetujuan yang diberikan oleh dosen pembimbing, alat pengering ini menggunakan sistem laju alran udara panas yang berpotensi membantu produktifitas para petani, dan dilakukan pengambilan data pada alat pengering, hingga pengolahan data sampai dinyatakan selesai

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Jadwal Kegiatan	Bulan															
		Februari				April				Juli				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan Alat	■	■	■	■												
2.	Pengambilan Judul				■												
3.	Seminar Proposal					■											
4.	Pengambilan Data									■	■	■	■				
5.	Analisa Data												■				
6.	Seminar Hasil															■	■
7.	Sidang Sarjana																■

B. Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

Alat-alat yang dipergunakan, pada alat pengering yang berupa oven pemanas, adalah sebagai berikut:

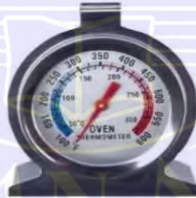
b. Blower Tarik



Gambar 3.1. Blower Tarik

Blower tarik berfungsi sebagai control udara diruang pengering yang bertujuan untuk menjaga tempratur suhu yang berada diruang pengering.

c. Thermometer



Gambar 3.2. Thermometer

Thermometer memiliki fungsi sebagai pengukur tempratur suhu baik diruang pengering dan dipipa penghubung.

d. Kaca Tempered 3 mm



Gambar 3.3. Kaca Tempered 3 mm

Kaca tempered memiliki fungsi untuk mengetahui proses pengeringan biji kopi didalam ruang pengering.

e. Pipa Diameter 12 cm



Gambar 3.4. Pipa Diameter 12 mm

Pipa diameter 12 mm berfungsi sebagai penyalur udara panas yang dihasilkan dari pemanasan dan dialirkan menuju keruang pengering.

f. Katup Control



Gambar 3.5. Katup Control

Katup control berfungsi untuk memutuskan dan menyalurkan udara panas keruang pengering dengan bertuan dapat mengontrol udara panas yang mengalir.

g. Barometer



Gambar 3.6. Barometer

Barometer berfungsi untuk mengetahui tekanan terhadap bahan dicontrol box dan dipipa 12 mm yang menghubungkan keruang pengering.

h. Control Box



Gambar 3.7. Control Box

Control box memiliki fungsi untuk menampung udara panas yang dihasilkan oleh pembakaran dipipa aliran silang.

i. Pipa Aliran Silang



Gambar 3.8. Pipa Aliran Silang

Pipa aliran silang berfungsi untuk menghasilkan udara panas yang dihembuskan melalui blower hisap yang bertujuan untuk menghasilkan udara panas karena pipa aliran silang memiliki sudut lengkung yang berfungsi untuk memperhambat udara yang dihembuskan oleh blower hisap.

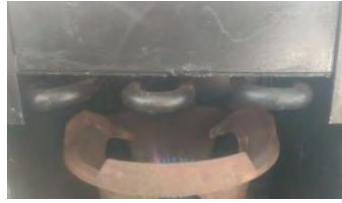
j. Blower Hisap



Gambar 3.9. Blower Hisap

Blower hisap berperan penting dalam menghasilkan udara panas karena memiliki fungsi untuk menghembuskan udara menuju pipa aliran silang.

k. Tungku Pembakaran



Gambar 3.10. Tungku Pembakaran

Tungku pembakaran adalah sumber energi panas yang memanaskan pipa aliran silang yang telah dihembuskan udara dengan mengunakan blower hisap.

2. Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan, pada alat pengering ini adalah biji kopi, yang sudah melalui, tahapan-tahapan proses pemetikan dan pemilihan mutu yang baiik, dan beberapa alat ukur atau alat uji, laju aliran udara panas pada alat pengering tersebut, adalah sebagai berikut:

a. Biji kopi paska panen

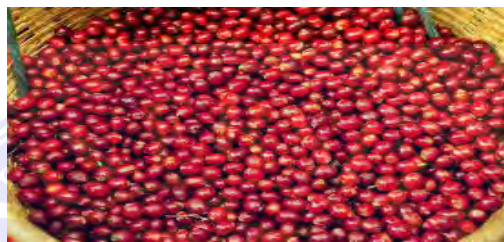
Biji kopi paska panen, adalah biji kopi yang belum melalui tapan pemilihan mutu terbaik, biji kopi yang baru saja dipetik dari kebun, dan belum dilakukan pemilihan atara biji kopi, yang buruk dan layak untuk diproduksi oleh petani, dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Biji Kopi Pasca Panen

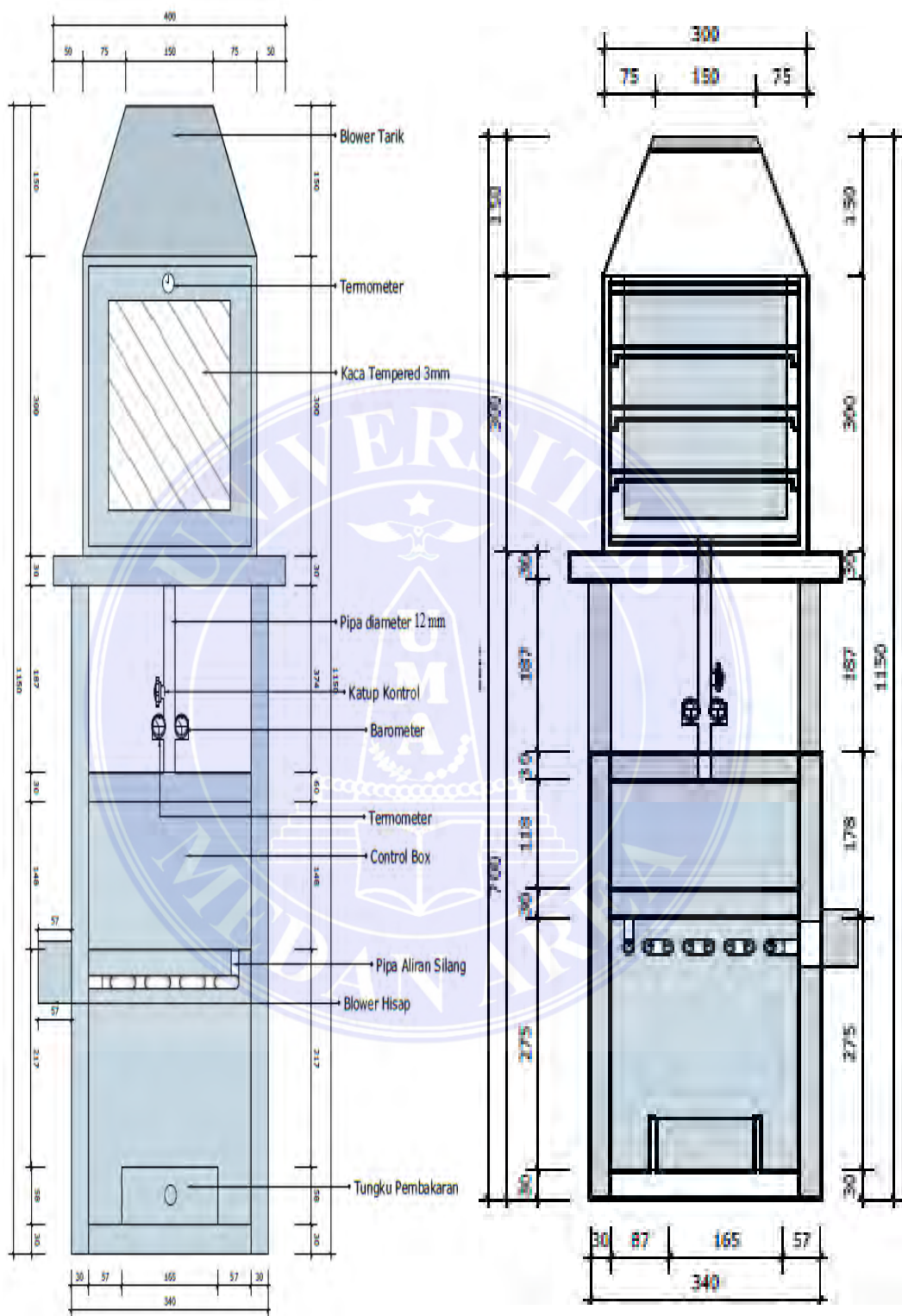
b. Biji kopi yang siap untuk di peroses

Biji kopi yang siap untuk diproses, ialah biji kopi yang sudah melalui tahapan pemilihan, antara biji kopi yang masih sedikit kemerah-merahan, cacat bentuk dan busuk, sedangkan biji kopi yang siap untuk diproses, adalah biji kopi yang berkualitas, dan berwarna merah, baik dari segala bentuk, dan tidak cacat dan busuk, dapat dilihat pada Gambar 3.12



Gambar 3.12. Biji Kopi Yang Siap Untuk Di peroses

C. Sketsa Alat Pengering



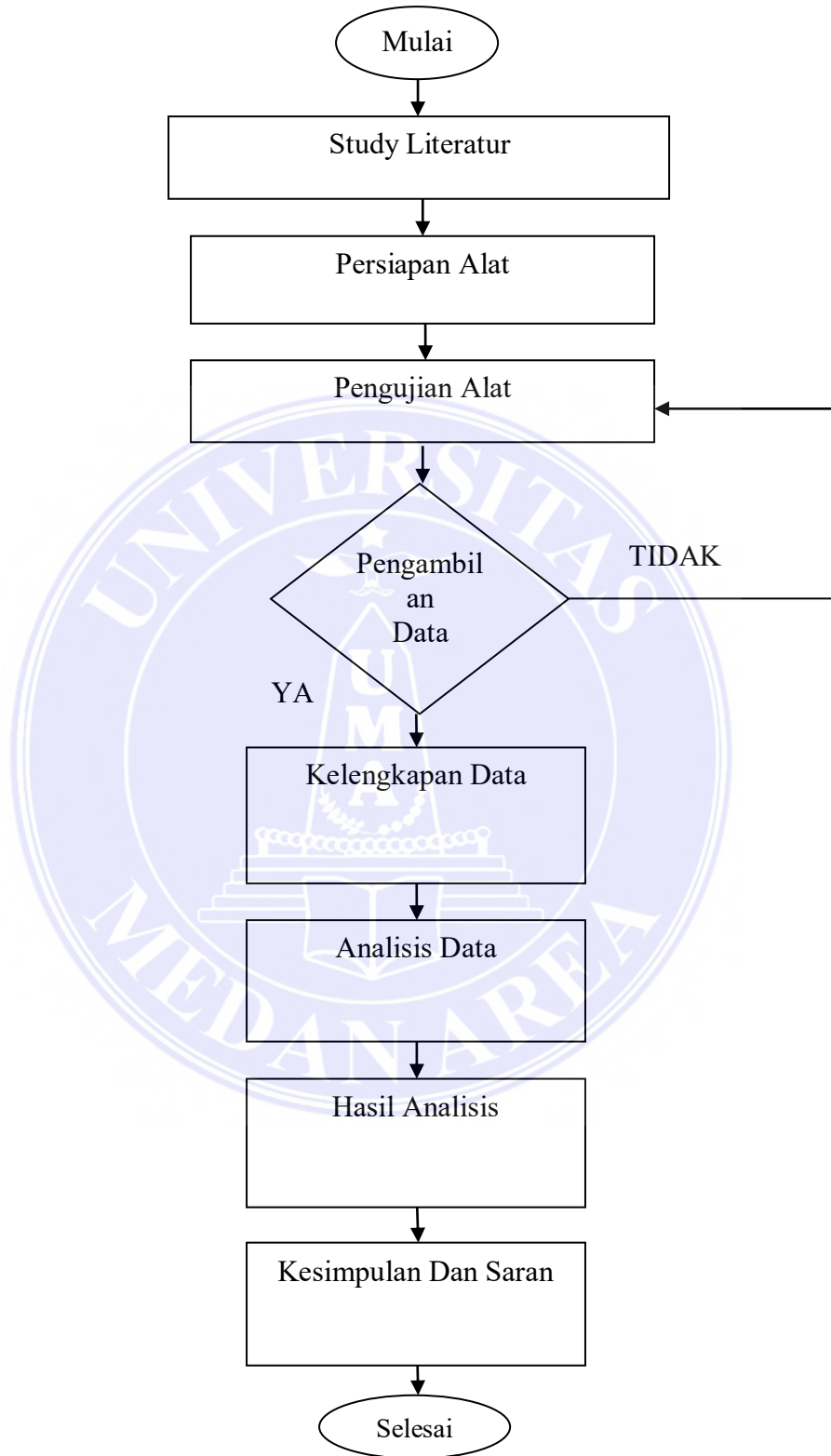
Gambar 3.13 Sketsa Alat Pengering

Keterangan sketsa gambar 3.16 adalah sebagai berikut:

1. blower tarik
2. thermometer
3. kaca tempered 3 mm
4. pipa diameter 12 mm
5. katup control
6. barometer
7. thermometer
8. control box
9. pipa aliran silang
10. blower hisap
11. tungku pembakaran



D. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.14 Diagram Alir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian ini, didapat data yang diperoleh dari penelitian secara eksperimen sehingga dapat diambil kesimpulan:

1. Dari hasil analisa perhitungan laju aliran udara panas pada alat pengering biji kopi didapat $q_{in} = 8660.2 \text{ J/s}$
2. Dari hasil analisa perhitungan laju aliran silang APK, pada alat pengering biji kopi didapat kecepatan sebesar 0.86 kg/s
3. Dari hasil eksperimen tersebut maka dapat dilihat pada grafik 4.2. dan grafik 4.4. bahwa pemanfaatan alat pengering berpengaruh besar dalam mengurangi nilai kadar air pada biji kopi.
4. Sedangkan proses pengeringan menggunakan sinar matahari dapat dilihat pada grafik 4.1. dan grafik 4.3. yang sangat membutuhkan jangka waktu panjang untuk menghasilkan kadar air biji kopi yang diinginkan.
5. Untuk mencari m_{in} terhadap luas penampang dan Kecepatan aliran udara panas pada alat pengering kopi, sebagai berikut 0.0337 kg/s

B. Saran

Untuk kelanjutan eksperimen alat pengering dengan aliran silang ini sebaiknya alat tersebut diperbaharui agar dapat digunakan untuk eksperimen mendatang dan melakukan perubahan-perubahan pada bagian control keamanan dan alaram tempratur suhu yang melebihi standar

DAFTAR PUSTAKA

1. Mujumdar AS and Devastin S. 2001. Prinsip dasar pengeringan. Penerjemah: Armansyah *et al.*, editor. Bogor: IPB Press. Terjemahan dari Mujumdar's practical guide to industrial drying.
2. Syah, H, Yusmanizar, dan Basyirul Walad. 2013. Kajian Kinerja Prototipe Pengering Tipe Bak Silinder dengan Pipa Perforasi untuk Pengeringan Kopi Arabika. Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Andalas Volume 17 No. 2 September 2013.
3. Gagelonia, E.C., et al. 2001. Flatbed Dryer Re-introduction in the Philippines. Agric Mech Asia Journal Vol 32 No, 3 hal 60-66.
4. Priyadi, I. 2008. Rancang Bangun Kolektor Surya Menggunakan Absorber Kuningan Sebagai Teknologi Alternatif Sumber Energi Thermal. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung, 17-18 November 2008.
5. Syahrul, dan Mirmanto dkk Juni 2017. Pengaruh kecepatan udara dan massa gabah terhadap kecepatan pengeringan gabah menggunakan pengering terfluidisasi. Dinamika Teknik Mesin, Vol. 7, No. 1, Juni 2017. *p.ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729*
6. <http://westryantindaon.blogspot.com/2013/07/pengeringan.html>
7. Ambarita, H. 2011. *Buku Kuliah Perpindahan Panas Konduksi (penyelesaian analitik dan numerik)*. Medan : Departemen Teknik Mesin FT USU
8. Endri Yani dan Suryadi Fajrin 2013. Karakteristik Pengeringan Biji Kopi Berdasarkan Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Solar Dryer Vol. 20 No. 1 April 2013. ISSN : 0854-8471
9. Catrawedarma dan Halil. Pengujian Termal Pengering Gabah *Unfixed Flat Bed* Staf Pengajar Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Staf Pengajar Program Studi Agribisnis, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jurnal Elemen Volume 5 Nomor 2, Desember 2018
10. Farel H. Napitupulu, Putra Mora Tua, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU, Perancangan Dan Pengujian Alat Pengering Kakao Dengan Tipe Cabinet Dryer Untuk Kapasitas 7,5 kg Per-siklus. Jurnal Dinamis, Volume II, No.10, Januari 2012
11. S. Syukran, "Kaji Efisiensi Temperatur Penukar Panas Dengan Variasi Aliran Untuk Aplikasi Pengering," J. POLIMESIN, vol. 16, no. 2, p. 39, 2018.

12. Anonim, 1988. *Budidaya Tanaman Kopi Kanisius*, Yogyakarta. 148 hal.
13. Anonim 1991. *Bercocok Tanam Kopi Kanisius*. Yogyakarta. 84 hal.
14. Afriliana, Asnak., 2018, *Teknologi Pengolahan Kopi Terkini*. Yogyakarta. CV Budi Utama.
15. Poltronieri, Palmiro,. Franca Rossi, 2016, *Challenges in Specialty Coffe Processing and Quality Assurance*, Challenges 2016, 7, 19; doi:10.3390/challe7020019
16. AEKI. 2012. *Peluang Pengembangan Komoditi Kopi Arabika di Indonesia*. Jakarta (ID). AEKI.
17. Ellyanti, Karim A, dan Basri H. 2012. Analisis Indikasi Geografis Kopi Arabika Gayo Ditinjau dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten. *Jurnal Agrista* Vol. 16 No. 2

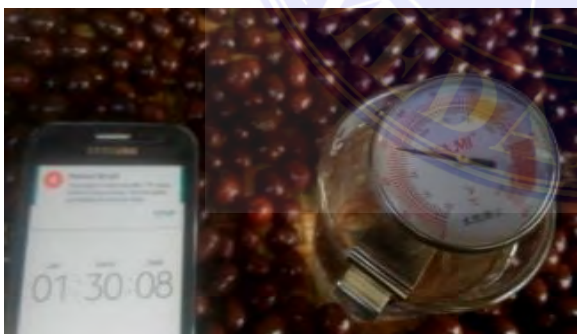
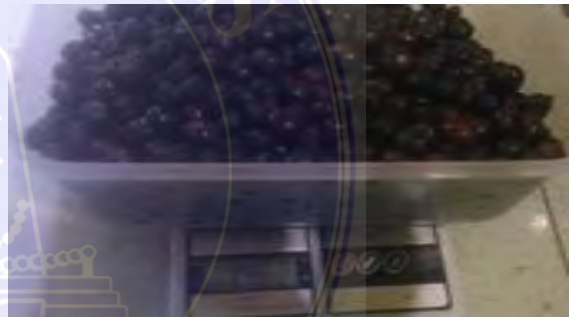
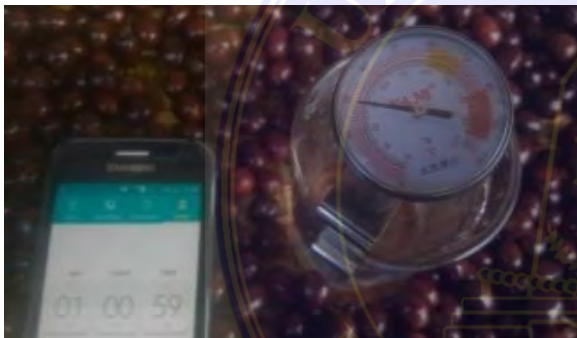
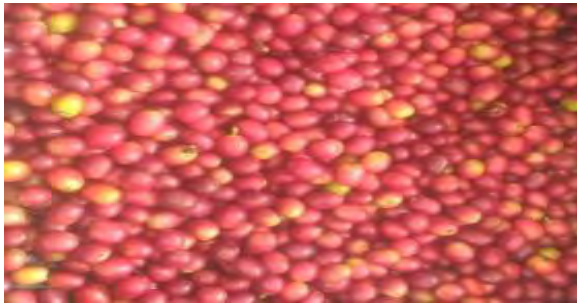


LAMPIRAN

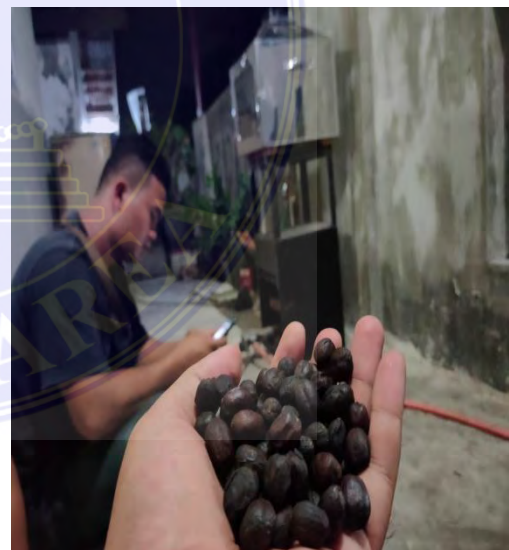
1. Proses Pemetikan Bahan Baku Biji Kopi



2. Proses Pengeringan Secara Alami



3. Proses Pengeringan Dengan Alat Pengering



4. Proses Perakitan Alat Pengering



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

TABLE A-9

Properties of air at 1 atm pressure

Temp. $T, ^\circ\text{C}$	Density $\rho, \text{kg/m}^3$	Specific Heat c_p $\text{J/kg}\cdot\text{K}$	Thermal Conductivity $k, \text{W/m}\cdot\text{K}$	Thermal Diffusivity $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Dynamic Viscosity $\mu, \text{kg/m}\cdot\text{s}$	Kinematic Viscosity $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Prandtl Number Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09589	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Note: For ideal gases, the properties c_p , k , m , and Pr are independent of pressure. The properties r , n , and a at a pressure P (in atm) other than 1 atm are determined by multiplying the values of r at the given temperature by P and by dividing n and a by P .

Source: Data generated from the EES software developed by S. A. Klein and F. L. Alvarado. Original sources: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198; and Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena, and P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.