

TUGAS SARJANA
BIDANG KONVERSI ENERGI
PENGEMBANGAN MESIN PENGKONDISIAN UDARA
HIBRIDA UNTUK PENDINGIN UDARA DAN PENGERING
TANAMAN HERBAL

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata (S1) Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

MUHAMMAD FARIS KHAN

NPM. 2110017211008



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG

2026

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS SARJANA
PENGEMBANGAN MESIN PENGKONDISIAN UDARA HIBRIDA
UNTUK PENDINGIN UDARA DAN PENDINGER TANAMAN HERBAL.

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata (S1) Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

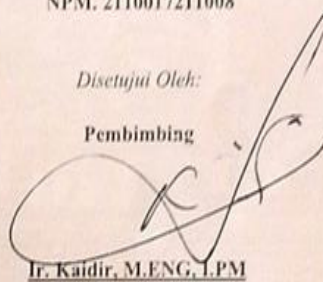
Oleh :

MUHAMMAD FARIS KHAN

NPM. 2110017211008

Disetujui Oleh:

Pembimbing



Ir. Kaidir, M.ENG, I.PM

NIDN: 0003076301

Mengetahui:

Dekan

Ketua

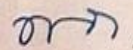
Fakultas Teknologi Industri

Jurusan Teknik Mesin



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.

NIDN: 1012097403



Prof. Dr. Ir. Hendra Suherman, S.T., M.T.

NIDN: 1001047101

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

TUGAS SARJANA

**PENGEMBANGAN MESIN PENGKONDISIAN UDARA HIBRIDA
UNTUK PENDINGIN UDARA DAN PENERING TANAMAN HERBAL**

*Telah Diuji Dan Dipertahankan Pada Sidang Tugas Sarjana Jurusan Teknik
Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Pada Tanggal 12
Februari 2026 Dengan Dosen-Dosen Penguji*

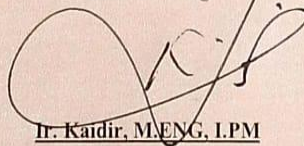
Oleh :

MUHAMMAD FARIS KHAN

NPM. 2110017211008

Disetujui Oleh:

Ketua Sidang

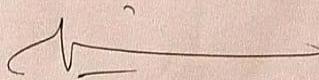


Ir. Kaidir, M.ENG, I.PM

NIDN: 0003076301

Mengetahui:

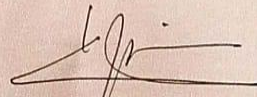
Penguji 1



Ir. Duskiardi, S.T., M.T.

NIDN: 10210167001

Penguji 2



Dr. Ir. Henry Nasution, S.T., M.T.

NIDN: 1027037002

KATA PENGANTAR



Dengan mengucapkan puji dan Syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya yang telah dilimpahkan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul **“PENGEMBANGAN MESIN PENGKONDISIAN UDARA HIBRIDA UNTUK PENDINGIN UDARA DAN PENERING TANAMAN HERBAL”**

Serta kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, yang telah membawa umatnya dari zaman jahilliyah dan keterbelakangan menjadi zaman yang serba canggih dan berpendidikan seperti sekarang ini.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi, Universitas Bung Hatta.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yang paling spesial sekali kepada Ibu Elmiwati, Ayah Zulfikri serta Adek-adek yang telah memberikan bantuan moral, serta do'a dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Dr. Ir. Hendra Suherman, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri.
4. Ibuk Dr. Ir. Wenny Marthiana, M.T selaku Kordinator Kerja Praktek di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri.
5. Bapak Ir. Kaidir, M.Eng, I.PM selaku Dosen Pembimbing penulis di Universitas Bung Hatta, yang telah sabar dan meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam pembuatan tugas akhir ini serta telah memberikan ilmu, inspirasi, nasehat serta waktu untuk

bertukar pikiran.

6. Seluruh Tenaga Pendidikan dosen, Staff dan Karyawan Universitas Bung Hatta.
7. Rekan-rekan Jurusan Teknik Mesin Angkatan 2021 Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta.
8. Terimakasih kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan namanya satu persatu, yang telah mendukung serta membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih banyak kekurangannya, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang positif demi kelengkapan dan kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat serta dapat menambah wawasan pembaca maupun bagi penulis sendiri.

Padang, 20 Januari 2026



MUHAMMAD FARIS KHAN

NPM : 2110017211008

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MUHAMMAD FARIS KHAN

NIM : 2110017211008

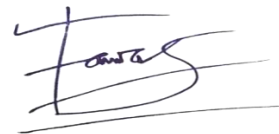
Program Studi : Strata-1 Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Pengembangan Mesin Pengkondisian Udara Hibrida
Untuk Pendingin Udara Dan Pengering Tanaman Herbal.

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul di atas adalah benar hasil karya sendiri
kecuali yang bereferensi dan dinyatakan sumbernya pada referensi yang tertera
dalam daftar pustaka.

Padang, 12 Februari 2026

Saya yang menyatakan,



MUHAMMAD FARIS KHAN

NPM: 2110017211008

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin pengkondisian udara hibrida dengan memanfaatkan panas buang kondensor sebagai sumber energi pengeringan tanaman herbal. Proses pengeringan merupakan tahap penting dalam penanganan pascapanen tanaman herbal untuk menurunkan kadar air, memperpanjang umur simpan, serta menjaga kualitas senyawa aktif. Metode pengeringan konvensional seperti penjemuran memiliki keterbatasan karena ketergantungan terhadap cuaca dan rendahnya efisiensi energi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Teknik Mesin Universitas Bung Hatta. Sampel tanaman herbal yang digunakan meliputi kunyit, jahe, kunyit putih, dan lengkuas. Parameter yang diamati meliputi temperatur udara pengering, waktu pengeringan, berat awal dan akhir bahan, serta energi panas yang masuk ke ruang pengering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panas buang kondensor mesin pengkondisian udara dapat dimanfaatkan secara efektif sebagai sumber panas pengeringan dengan temperatur yang relatif stabil dan sesuai untuk tanaman herbal. Sistem ini mampu menurunkan kadar air bahan hingga memenuhi standar pengeringan simplisia. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa pemanfaatan panas kondensor mesin pengkondisian udara dapat meningkatkan efisiensi energi dan menjadi alternatif sistem pengeringan yang ramah lingkungan.

Kata kunci: mesin pengkondisian udara, panas kondensor, pengeringan herbal, efisiensi energi

ABSTRACT

This study aims to develop a hybrid air-conditioning system by utilizing condenser waste heat as an energy source for drying herbal plants. Drying is a crucial post-harvest process to reduce moisture content, extend shelf life, and maintain the quality of bioactive compounds in herbal materials. Conventional drying methods, such as sun drying, have limitations due to weather dependency and low energy efficiency. This research employed an experimental method conducted at the Basic Phenomena of Machinery Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Universitas Bung Hatta. The herbal samples used in this study included turmeric, ginger, white turmeric, and galangal. The observed parameters consisted of drying air temperature, drying time, initial and final weight of the materials, and thermal energy supplied to the drying chamber. The results indicated that condenser waste heat from the air-conditioning system could be effectively utilized as a heat source for herbal drying, providing relatively stable and suitable drying temperatures. The system successfully reduced the moisture content of the materials to meet simplisia drying standards. In conclusion, the utilization of condenser heat from an air-conditioning system improves energy efficiency and offers an environmentally friendly alternative drying system.

Keywords: air-conditioning system, condenser waste heat, herbal drying, energy efficiency

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
TUGAS SARJANA.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian ini adalah.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Dan Pengenalan Pengering.....	5
2.2 Macam-Macam Pengering.....	7
2.3 Alat Mekanis Yang Digunakan Dalam Pengeringan	9
2.4 Pengeringan Menggunakan Panas Mesin Pengkondisian Udara	15
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi kecepatan pindah panas dan massa.....	17

2.6	Tanaman Herbal	19
2.7	Kadar Air	19
2.8	Parameter-Parameter Yang Dihitung	21
2.8.1	kalor yang dibuang dikondensor Q_k	21
2.8.2	Laju pengeringan yang masuk ruang pengering pengkondisian udara	21
2.8.3	Laju aliran massa masuk ke ruang pengering	21
2.8.4	Energi Panas Masuk Ke Pengering	22
2.8.5	Efisiensi Pengeringan	22
2.8.6	Laju Pengeringan Dan Laju Aliran Massa Udara	22
2.8.7	Persentase Kadar Air basis Basah	22
2.8.8	Persentase Kadar Air basis kering.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Tempat Dan Waktu	24
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.3	Alat Uji Dan Alat Ukur	25
3.3.1	Alat Pengondisian Udara	25
3.3.2	Spesifikasi Alat Uji.....	26
3.3.3	Alat Ukur Yang Digunakan	26
3.4	Bahan herbal yang digunakan.....	29
3.5	Prosedur Pengujian.....	31
3.6	Variabel Yang Diukur	31
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Tabel Hasil Pengujian Pertama.....	32
4.2	Tabel Hasil Pengujian Kedua	33

4.3	Tabel Hasil Pengujian Ketiga	34
4.4	Skema pengeringan tanaman herbal menggunakan panas kondensor mesin pengkondisian udara.....	34
4.5	Analisa dan pengolahan Data pada pengering Tanaman Herbal Menggunakan Panas Kondensor Mesin Pengkondisian Udara	35
4.6	Pembahasan dan Analisa	48
4.6.1	Data hubungan antara waktu pengujian pertama,energi masuk keruang pengering (Q_{in}).....	48
4.6.2	Data hubungan antara waktu pengujian kedua ,energi masuk keruang pengering (Q_{in}).	50
4.6.3	Data hubungan antara waktu pengujian ketiga ,energi masuk keruang pengering (Q_{in}).	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....		61
LAMPIRAN		63

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian pertama	32
Tabel 4.2 Pengujian kedua	33
Tabel 4.3 Pengujian ketiga	34
Tabel 4.4 Data hubungan antara waktu pengujian pertama,energi masuk keruang pengering (Qin).....	48
Tabel 4.5 Data hubungan antara waktu pengujian pertama dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.	49
Tabel 4.6 Data hubungan antara waktu pengujian kedua ,energi masuk keruang pengering (Qin).....	50
Tabel 4.7 Data hubungan antara waktu pengujian kedua dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.	52
Tabel 4.8 Data hubungan antara waktu pengujian ketiga ,energi masuk keruang pengering (Qin).....	53
Tabel 4.9 Data hubungan antara waktu pengujian ketiga dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.	54
Tabel 4.10 Tabel Data Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir Pada Pengujian Pertama Dengan Waktu 120 Menit.	56
Tabel 4.11 Tabel Data Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir Pada Pengujian Kedua Dengan Waktu 420 Menit.	57
Tabel 4.12 Tabel Data Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir Pada Pengujian Ketiga Dengan Waktu 420 Menit.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengering <i>Rotary dryer</i>	10
Gambar 2.2 Diagram of <i>Fluidized Bed Dryer</i>	11
Gambar 2.3 Skema poses pengeringan dengan <i>Spray dryer</i>	12
Gambar 2.4 <i>Vakum drayer</i>	13
Gambar 2.5 Penering <i>Flash Dryer</i>	15
Gambar 2.6 Cabiner dryer yang memanfaatkan panas terbuang kondensor AC ..	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 3.2 Mesin pengkondisian udara sebagai pengering material herbal.....	25
Gambar 3.3 Stopwatch.....	27
Gambar 3.4 Timbangan.....	27
Gambar 3.5 Termometer digital	28
Gambar 3.6 Termokopel tipe K.....	28
Gambar 3.7 Kunyit	29
Gambar 3.8 Kunyit putih.....	30
Gambar 3.9 Lengkuas	30
Gambar 3.10 Jahe	31
Gambar 4.1 Skema mesin pengering herbal	34
Gambar 4.2 Perbandingan waktu pengujian pertama (Qin).....	49
Gambar 4.3 perbandingan waktu pengujian pertama dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.....	50
Gambar 4.4 Perbandingan waktu pengujian kedua (Qin)	51
Gambar 4.5 perbandingan waktu pengujian kedua dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.	52
Gambar 4.6 Perbandingan waktu pengujian ketiga (Qin).....	54
Gambar 4.7 perbandingan waktu pengujian ketiga dengan temperatur Rak 1, 2, 3, dan 4.	55
Gambar 4.8 Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir	56
Gambar 4.9 Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir	57

Gambar 4.10 Perbandingan Berat Awal Dengan Berat Akhir	58
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, dimana mayoritas penduduknya menggantungkan kehidupannya dari bercocok tanam. Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, termasuk keanekaragaman tanaman herbal yang telah lama digunakan sebagai bahan pengobat tradisional sejak lama. Industri jamu, farmasi, dan kosmetik sangat bergantung pada tanaman herbal seperti jahe, kunyit, daun mint, dan temulawak. Langkah penting dalam proses pengeringan merupakan tahapan krusial dalam pengolahan tanaman herbal, yang dilakukan untuk menjaga kualitas bahan baku herbal. Pengeringan yang tepat dapat memperpanjang umur simpan, menjaga kandungan senyawa aktif, dan mengurangi kerusakan fisik dan biologis.

Metode pengeringan tanaman herbal mengalami kemajuan seiring dengan kemajuan teknologi. Teknologi pengering kontemporer tidak hanya mempercepat proses pengeringan tetapi juga menjaga kualitas herbal. Karena cuaca yang tidak menentu, pengering konvensional seperti penjemuran sinar matahari sering kali tidak efektif. Sebagian besar petani menggunakan penjemuran di bawah sinar matahari untuk mengeringkan hasil panen mereka. Pada musim kemarau, penjemuran dapat dilakukan setiap hari, tetapi pada musim hujan membutuhkan waktu yang lama. Mesin pengering berbentuk ruang pengering yang tertutup dan menggunakan panas dari sinar matahari dan udara (Tika, 2022).

Hasil pertanian berupa tanaman herbal membutuhkan perawatan yang tepat agar memungkinkan bahan herbal bisa disimpan lebih lama tanpa kehilangan aromanya, jadi pengeringan adalah opsi yang bagus untuk mengelola pasca panen. Ini terutama di negara-negara seperti Indonesia yang memiliki fasilitas yang buruk distribusi dan penanganan pasca panen. Dalam proses pengolahan pasca panen, menggunakan metode pengeringan dengan temperatur yang rendah diperlukan

untuk mengeringkan tanaman herbal agar tekstur produk akhir tidak terlalu berubah (Sudirman dkk., 2023).

Pengeringan memerlukan fluida udara kering yang dapat menyerap air di dalam material yang dikeringkan. Udara harus dipanaskan sebelum melintasi material yang dikeringkan agar menjadi panas dan kering. Ini dapat membuat udara panas maupun kering menyerap air, membuat material menjadi kering dalam waktu yang lebih singkat. Proses ini menggunakan kombinasi dua jenis energi.

Mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan dan waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan sangat penting karena proses ini memakan waktu dan boros energi. Jadi ada banyak cara untuk meningkatkan efisiensi sistem pengeringan. Salah satu cara terbaik untuk melakukan ini adalah dengan menggunakan unit pemulihan panas, yang menggunakan panas yang terbuang untuk meningkatkan efisiensi energi sistem (Aktas dkk., 2016)

Pengeringan ini secara fisik, terjadi akibat ada perbedaan kandungan uap air antara bahan dan udara pengering, air menguap dari bahan ke udara, menyebabkan panas berpindah dari lingkungan ke bahan. Proses awal terjadi karena perpindahan di dalam massa (air) (Tika, 2022). Secara umum, pengeringan sinar matahari digunakan untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kandungan fenol, piperin, dan antioksidan dalam barang. Pada umumnya Proses pengeringan menyebabkan terjadinya perubahan karakteristik seperti massa, panjang, lebar dan tebal (Yosika dkk., 2020).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan mesin pengkondisian udara hibrida untuk sistem pendingin ruangan dan pengering tanaman herbal melalui pemanfaatan panas buang kondensor. Dengan metode ini, panas yang biasanya terbuang dapat dialihkan menjadi sumber energi alternatif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal-hal yang disebutkan di atas, masalah yang dapat dibahas adalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah waktu yang diperlukan dalam proses pengeringan Tanaman Herbal menggunakan Pengkondisian Udara?
2. Berapakah energi yang masuk kedalam ruang pengering untuk mengeringkan tanaman herbal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengukur tingkat kadar air basis kering tanaman herbal menggunakan mesin pengkondisian udara
2. Untuk menentukan waktu pengeringan tanaman herbal dengan mesin pengkondisian udara di ukur setiap 15 dan 30 menit
3. Untuk menghitung energi panas buang yang dihasilkan kondensor mesin pengkondisian udara sebagai pengering tanaman herbal

1.4 Manfaat penelitian ini adalah :

Manfaat penelitian ini adalah pemanfaatan panas buang kondensor mesin pengkondisian udara sebagai sumber energi alternatif untuk proses pengeringan tanaman herbal, sehingga energi yang sebelumnya terbuang begitu saja dapat digunakan secara lebih efektif.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Alat yang digunakan adalah mesin Pengkondisian Udara
2. Tanaman herbal yang digunakan adalah kunyit, jahe, kunyit putih dan lengkuas dilakukan pengujian dalam skala kecil
3. Sumber energi panas yang digunakan pada proses pengering Tanaman herbal berasal dari panas buang kondensor mesin pengkondisian udara (AC).
4. Parameter pengujian yang diamati dari adalah temperatur pengeringan, waktu dan berat bahan yang dikeringkan

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam pendahuluan ini membahas tentang latar belakang penelitian, Perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan landasan teori-teori dasar yang menunjang dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini mencakup waktu dan tempat penelitian,serta prosedur perencanaan sistem dan format dalam pengambilan data, dan jadwal penelitian.

BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Berisi hasil mengenai hasil pengujian beserta analisis dan pembahasan data pengujian.

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian dan saran tentang pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dan Pengenalan Pengering

Pengeringan adalah proses menghilangkan kadar air dari bahan sehingga mencapai kadar air yang diinginkan sehingga kecepatan kerusakan bahan dapat diperlambat. Pengeringan terlalu cepat dapat merusak bahan karena permukaannya mengering terlalu cepat sehingga tidak dapat diimbangi dengan kecepatan pergerakan air dari bahan ke permukaannya. Dalam hal ini, permukaan bahan dapat mengeras, menghalangi air di dalamnya untuk menguap (Tika dalam Purnomo dan Fzahrudin, 2024).

Sebagian besar pengeringan produk pertanian dilakukan melalui proses termal dan hembusan angin. Proses pengeringan seperti ini memerlukan area yang sangat luas dan bergantung pada intensitas cahaya matahari. Kelemahan pengeringan seperti ini termasuk higienitas produk yang rendah, waktu pengeringan yang lebih lama, dan intensitas cahaya matahari yang tidak merata sepanjang hari. Semua ini berdampak pada proses pengeringan. produk, yang berdampak pada penurunan kualitas produk dan jumlah yang diproduksi. Pengeringan matahari memiliki kekurangan, yaitu memerlukan waktu pengeringan yang bergantung pada cuaca dan produk yang dihasilkan tidak lagi higienis karena bahan yang dikeringkan tidak memiliki ruang isolasi. sehingga bakteri dan zat pencemar lainnya dapat dengan mudah masuk ke bahan yang dikeringkan (Prayuda dkk., 2022).

Salah satu proses yang sangat penting dalam pengolahan hasil pertanian adalah pengeringan. Pengeringan yang salah dan buruk dapat menyebabkan kualitas produk kering rusak dengan cepat, seperti busuk, berjamur, atau berubah warna karena kadar air yang tinggi. Metode Pengering membutuhkan banyak energi, termasuk panas, untuk menurunkan kadar air bahan sampai tingkat yang diinginkan. Penjemuran secara langsung memiliki beberapa kelemahan, seperti mudah terkontaminasi dan terkena sinar ultraviolet dan air hujan, yang dapat

menyebabkan rusaknya hasil pertanian. Selain itu, pengeringan memerlukan waktu yang lama untuk dijemur karena pengaruh cuaca bervariasi. Mesin pengering digunakan untuk menurunkan kadar air dari suatu produk yang memiliki kadar air tinggi, berkisar antara 70-96% hingga 8-14% (Tika, 2022).

Pengeringan adalah proses pengambilan air dalam jumlah relatif kecil dari padatan atau campuran gas. Ini adalah proses yang melibatkan perpindahan panas, massa, dan momentum. Adanya panas fisik, atau penguapan, menyebabkan pengeringan. Dalam proses pengeringan ini, produk diperoleh dalam satu atau lebih bentuk yang diinginkan, seperti dalam bentuk fisiknya (bubuk, pipih, atau butiran) (Ahmadsyah dalam Purnomo dan Fzahrudin, 2024). Panas yang masuk melalui konveksi, konduksi, radiasi, dan pemanasan listrik adalah jenis dasar pengeringan. Ini juga dapat berasal dari kombinasi dari metode-metode ini. Teori perpindahan massa dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme pengeringan. Di mana molekul air lepas dari permukaan tergantung pada bentuk, luas, atau lapisan air yang begitu tebal di atas bahan yang basah. Ketika udara pengering dialirkan di antara bahan, molekul air akan ditarik ke permukaan butiran yang tidak rata, yang memperluas permukaan. Ini adalah salah satu dari dua mekanisme pengeringan (Putro dalam Purnomo dan Fzahrudin, 2024).

Selama periode laju konstan, biasanya selama pengeringan, material akan selalu basah dengan cairan hingga titik kritis, di mana permukaan material tidak sepenuhnya basah dengan cairan. Setelah titik kritis tercapai, periode penurunan kecepatan dimulai hingga cairan menguap sepenuhnya (Wibowo dan Rahayuningsih dalam Purnomo dan Fzahrudin, 2024). (Summarecon, 2016) mengatakan Selama proses ini, hubungan antara kadar air dan laju pengeringan dapat digambarkan sebagai garis lurus atau lengkung. Kecepatan penguapan selama periode tidak permanen bervariasi dari padatan ke cairan. Pengeringan yang lebih kasar akan terjadi pada permukaan padatan lebih cepat daripada permukaan yang lebih halus (Purnomo dan Fzahrudin, 2024)

Pengeringan terjadi melalui penguapan air bahan ke udara karena perbedaan tekanan potensial air dengan medium yang digunakan untuk pengeringan. Karena

tekanan potensial yang berbeda antara air dan medium yang digunakan untuk pengeringan, air dari bahan tersebut menguap ke udara, yang menyebabkan proses pengeringan terjadi. Perpindahan panas dan massa air terjadi bersamaan selama proses pengeringan. Suhu, kelembapan, dan debit aliran udara adalah faktor udara pengering. Bentuk, ukuran, kadar air, ketebalan bahan yang dikeringkan, dan tekanan parsial adalah komponen bahan yang dikeringkan.

Proses Pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara tersebut dilakukan dengan menurunkan kelembapan absolut udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan itu menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara.

2.2 Macam-Macam Pengering

Pengering digunakan untuk menguap suatu bahan, yang meningkatkan stabilitas produk, memperpanjang masa simpan, dan mempermudah pengangkutan dan penyimpanan. Dengan mengurangi kadar air suatu bahan hingga tingkat yang aman, pengering memainkan peran penting dalam menjaga kualitas bahan. Hal ini dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan ragi.

1. Pengering Alami (*sun drying*)

Pengeringan alami yang sederhana adalah dengan menggunakan sinar matahari, baik langsung maupun tidak langsung. Proses pengeringan alami menggunakan radiasi surya, suhu dan kelembapan udara, dan kecepatan. Penggunaan energi surya untuk pengeringan langsung sangat diminati, terutama di wilayah dengan sumber daya surya yang melimpah. Pengeringan ini dapat menghemat lebih banyak uang dan energi daripada pengering industri lainnya. Selain itu, pengeringan matahari dapat mengurangi emisi CO₂. Tempat terbaik untuk mengeringkan adalah di mana udaranya kering dan suhunya lebih dari 100°F. Proses pengeringan yang menggunakan energi matahari cenderung tidak dapat dikontrol dan selalu dipengaruhi oleh cuaca. Intensitas penyinaran matahari dan hembusan angin sangat memengaruhi jalannya pengeringan (Lestari dan Samsuar, 2022). Karena biayanya yang rendah dan memanfaatkan energi sinar matahari,

metode pengeringan tradisional dengan sinar matahari terbuka paling umum digunakan di daerah pedesaan. Namun, metode ini bergantung pada intensitas penyinaran dan kondisi iklim, yang membutuhkan lahan yang luas dan waktu pengeringan yang lama (Abidin dkk., 2022)

Pengeringan secara alami memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan yaitu:

- Keuntungan
 - Biaya rendah
 - Ramah lingkungan
 - Energi matahari melimpah dan praktis
- Kekurangan
 - Membutuhkan lahan yang luas
 - Bergantung pada cahaya matahari
 - Faktor kebersihan yang tidak terjamin beresiko terkontaminasi karena penjemuran dilakukan di tempat yang langsung terpapar sinar matahari.

2. Pengering mekanis atau buatan

Pengeringan buatan adalah pengeringan dengan alat seperti oven yang memiliki suhu kelembapan udara, kecepatan pengaliran udara, dan waktu pengeringan yang dapat diatur dan dipantau. Pengering mekanis, juga disebut pengering buatan, menggunakan panas tambahan untuk memanaskan alat pengering. Alat pengering mekanis ini biasanya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (heater), serta perangkat pengendali. Beberapa macam sumber energi panas yang digunakan untuk alat pengering dengan unit pemanas adalah gas, minyak bumi, batubara, atau elemen pemanas listrik. Motor listrik atau motor bakar dapat digunakan sebagai sumber tenaga untuk mengalirkan udara penggerak.

Pengeringan buatan memiliki beberapa keuntungan dan kekurangan yaitu:

- Keuntungan
 - Lebih efisien karena dapat mengatur suhu dan aliran udara sehingga waktu pengeringan dapat ditentukan dengan tepat
 - Lebih higienis

- Tidak tergantung cuaca
- Suhu dapat di kontrol sesuai kebutuhan
- Kekurangan
 - Membutuhkan biaya yang mahal
 - Memerlukan tempat khusus
 - Kapasitas terbatas

3. Pengeringan Beku

Pengeringan beku adalah ketika suatu zat sublimasi dari es menjadi uap air. Salah satu metode pengeringan bahan obat yang termolabil adalah pengeringan beku atau liofilisasi. Digunakan khususnya untuk mengeringkan Antibiotika, vitamin, hormon, plasma darah, dan serum, bahan pengimun, bagian tumbuhan, dan bahan lainnya. Konsep dasar pengeringan bekuan adalah bahwa air dapat dikeluarkan dari sistem melalui sublimasi karena masih memiliki tekanan uap saat membeku (Bajwa dan Mohammed, 2020).

2.3 Alat Mekanis Yang Digunakan Dalam Pengeringan

Beberapa alat mekanis yang biasa digunakan dalam proses pengeringan yang dapat membantu mempercepat dan mengoptimalkan proses pengeringan dari bahan atau produk:

1. *Rotary dryer*

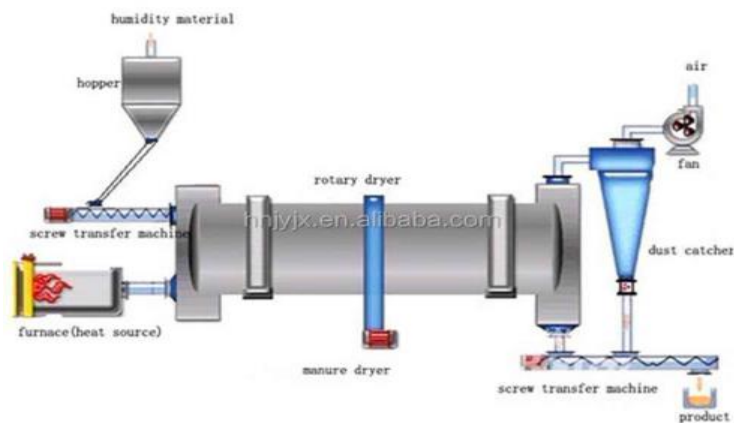
Rotary dryer adalah alat pengering dengan silinder yang berputar di mana bahan basah dimasukkan kedalam silinder. Biasanya, pemanas udara yang digunakan berasal dari pembakaran atau aliran udara panas. Aliran udara panas memanaskan bahan secara bertahap di sepanjang silinder, membuat air dalam bahan menguap dan bahan menjadi kering. Alat ini memiliki dua silinder: satu di dekat tempat memasukkan bahan yang akan dikeringkan, dan yang lain di dekat tempat mengeluarkan bahan yang telah dikeringkan. Masing-masing silinder tersebut terhubung dengan sayap-sayap, atau kipas, yang mengalirkan udara panas secara teratur dan berfungsi sebagai pengaduk selama proses pengeringan, memastikan pengeringan yang merata (Tumbel dkk., 2016).

- Kelebihan:

Kapasitasnya yang besar membuatnya ideal untuk industri yang membutuhkan pengeringan cepat. Ini bekerja dengan berbagai macam bahan, termasuk bahan granular, bubuk, dan partikel besar.

- Kekurangan:

Tidak cocok untuk bahan yang sangat sensitif terhadap panas karena membutuhkan banyak energi karena proses pengeringannya yang cepat.



Gambar 2.1 Pengering *Rotary dryer*

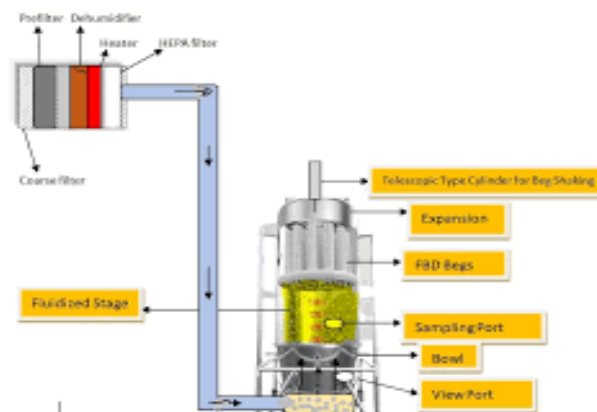
sumber : (www.greatwallcorporation.com)

2. *Fluidized Bed Dryer*

Salah satu jenis mesin pengering yang dirancang untuk mengurangi jumlah air partikulat basah adalah pengering *Fluidized Bed Dryer* (FBD). *Fluidized bed dryer* adalah metode pengeringan yang diperutukan untuk bahan berbobot relatif ringan seperti serbuk dan ganular. Prinsipnya adalah

bahwa udara panas dialiri dengan volume dan tekanan tertentu pada bahan yang akan dikeringkan, kemudian bahan yang telah kering karena bobotnya yang lebih ringan keluar dari ruang pengeringan menuju siklon dan dipisahkan dari udara. Untuk bahan atau material yang halus, puls udara akan menangkapnya.

Untuk menghindari gesekan bahan selama proses pengeringan, sistem pengeringan *bed fluidized* harus memastikan bahwa tekanan udara, tingkat perpindahan panas, dan waktu pengeringan diatur dengan benar. Keberhasilan proses pengeringan sangat ditentukan oleh dimensi ruang bakar, suhu yang digunakan, volume, dan tekanan udara. Karena itu, penting untuk mengetahui data pendukung untuk desain sistem ini, seperti kadar air input, kadar air output, kepadatan dan ukuran bahan, panas maksimum yang diizinkan, dan sifat fisikokimianya. Untuk serbuk, butiran, aglomerat, dan pelet dengan ukuran partikel rata-rata antara 50 dan 5.000 mikron, metode ini cocok. Kelebihan metode ini termasuk perpindahan panas yang lebih baik dan kontrol ukuran partikel yang lebih baik, serta pencampuran yang lebih efisien (S. Syahrul dkk., 2016).



Gambar 2.2 Diagram of *Fluidized Bed Dryer*

sumber : (<https://pharmaguddu.com>)

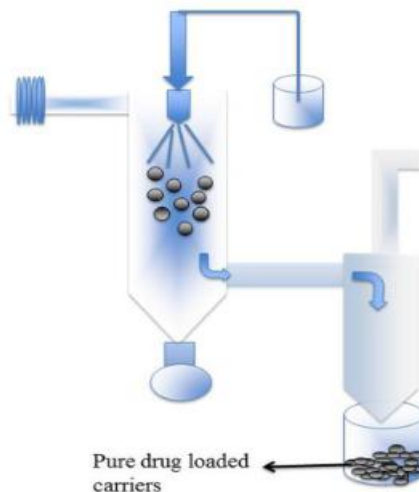
3. *Spray dryer*

Spray dryer biasanya digunakan untuk bahan cair yang akan diubah menjadi bubuk. Bahan cair disemprotkan ke ruang pengeringan dalam

bentuk partikel halus, dan udara panas membuat partikel menguap cepat. Pengeringan semprot (*Spray dryer*) adalah jenis pengeringan tertua dan paling umum di industri farmasi.

Metode ini dapat digunakan untuk membuat pasta, bubur, atau cairan yang tidak terlalu viskos menjadi padatan kering. Pengeringan dengan cara ini mengurangi interupsi karena proses pengeringan akan terus berlanjut selama bahan cair yang akan dikeringkan tersedia, sehingga terbentuk padatan kering terus-menerus. Seringkali, pengeringan dengan metode ini dapat bertahan selama bulan tanpa perlu dihentikan. Proses pengeringan semprot berlangsung dalam waktu yang sangat singkat, hanya beberapa milidetik hingga beberapa detik, tergantung pada jenis peralatan dan kondisi pengeringan.

Pengeringan dengan cara ini sangat hemat biaya, terutama untuk produk besar, dan dapat dilakukan secara otomatis dengan komputer. Dengan metode pengeringan ini, tidak dapat menghasilkan produk granul kering berukuran rata-rata di atas 200 μm (Septevani dkk., 2013).



Gambar 2.3 Skema poses pengeringan dengan *Spray dryer*

sumber : (www.sciencedirect.com)

4. *Vakum drayer*

Alat pengeringan vakum drayer bekerja dengan mengurangi tekanan di dalam ruang pengeringan. Ini secara signifikan mengurangi titik didih air, yang memungkinkan pengeringan pada suhu yang lebih rendah. Ini adalah alat yang sempurna untuk bahan yang sensitif terhadap panas. Karena waktu pengeringannya yang singkat, metode ini cocok untuk mengeringkan bahan yang sensitif terhadap panas atau bersifat volatil. Dengan menggunakan vakum, Anda juga dapat mengeringkan bahan yang tak bisa dikeringkan jika ada air. Ruang vakum (stationer atau berputar), pompa dengan katup dan gauge, dan sumber panas merupakan komponen sistem ini.

Proses pengeringan vakum biasanya terdiri dari beberapa langkah penerapan panas dan vakum. Mengurangi tekanan pada permukaan cairan akan membuatnya menguap tanpa mengikuti peningkatan suhu. *Rotary vacuum dryer* dengan dua cone dan cylindrical shell terdiri dari alat pemusing di dalam ruang pengering untuk mencampur dan mengaduk. Proses pengeringan dilakukan dengan memusingkan ruang pengering, yang memungkinkan gerakan jatuh turun. Jenis pengering vakum dengan dua cone dan cylindrical shell terdiri dari alat pemusing di dalam ruang pengering.



Gambar 2.4 *Vakum drayer*

sumber : (<https://blog.lambangjaya.com/>)

5. *Flash Dryer*

Flash dryer adalah alat pengering mekanis yang digunakan untuk mengeringkan material dengan sangat cepat menggunakan aliran udara panas berkecepatan tinggi. Cara kerjanya adalah dengan memasukkan bahan yang akan dikeringkan ke dalam aliran udara panas, yang hampir menguapkan air dari bahan tersebut. Metode ini ideal untuk bahan dengan kadar air tinggi atau bahan yang membutuhkan pengeringan cepat tanpa waktu tinggal yang lama.

Flash Dryer adalah alat pengering yang mengeringkan adonan basah dengan mendisintegrasikan adonan tersebut menjadi serbuk dan mengeringkannya dengan udara panas yang terus menerus. Selanjutnya, bahan yang dikeringkan dapat mengering dengan sangat cepat dalam hitungan milisekon. Flash Dryer berfungsi dengan baik untuk mengeringkan bahan yang sensitif terhadap panas namun, tidak disarankan untuk mengeringkan bahan yang dapat menyebabkan berminyak dan erosi pada alat (Hmadevi dkk., 2023).

➤ Kelebihan Proses Pengeringan *Flash Dryer*:

- *Flash dryer* sangat baik dalam mengeringkan bahan dalam waktu yang sangat singkat, biasanya hanya dalam beberapa detik.
- Konsumsi Energi yang Relatif Rendah: Jika dibandingkan dengan metode pengeringan yang lebih lama, jumlah energi yang dibutuhkan lebih rendah karena waktu pengeringan yang singkat.
- Mengurangi Kerusakan Termal: Bahan yang sensitif lebih rentan terhadap kerusakan akibat panas karena bahan hanya bersentuhan dengan udara panas untuk waktu yang singkat.
- Pengoperasian Berkelanjutan: Flash dryer ideal untuk penggunaan berkelanjutan di mana bahan secara teratur dimasukkan ke dalam sistem pengeringan.

➤ Kekurangan Proses Pengeringan *Flash Dryer*:

- *Flash dryer* tidak cocok untuk bahan yang berbentuk padat besar atau sangat lengket. Ini karena dapat menyumbat sistem atau mencegah pengeringan yang efektif.
- Membutuhkan Peralatan Tambahan: Untuk membedakan bahan kering dari udara pengeringan, *flash dryer* biasanya memerlukan alat tambahan seperti blower, siklon separator, atau filter.
- Kontrol Suhu yang Tepat: Untuk mencegah degradasi bahan yang sangat sensitif terhadap suhu, kontrol suhu yang tepat diperlukan.



Gambar 2.5 Pening *Flash Dryer*

sumber : (<https://onecpm.com/id/product/vertical-flash-dryer>)

2.4 Pengeringan Menggunakan Panas Mesin Pengkondisian Udara

Panas yang dibuang dari kondensor AC yang memiliki potensi energi tiga kali lebih besar daripada daya yang dimasukkan ke dalam sistem AC masih belum dimanfaatkan sepenuhnya, terutama dalam hal pengeringan produk pertanian. Suhu panas yang dibuang dari kondensor AC adalah 42,4-53,50°C. Suhu udara yang keluar dari kondensor AC ini sangat bagus untuk mengeringkan produk pertanian,

terutama bahan yang tidak ingin menggunakan suhu tinggi (Lestari dan Samsuar, 2023).



Gambar 2.6 Cabiner dryer yang memanfaatkan panas terbuang kondensor AC
sumber : (Lestari dan Samsuar, 2023)

Alat pengering tipe kabinet, juga dikenal sebagai pengering kabinet, dievaluasi berdasarkan konstruksi dan mekanisme kerjanya yang memungkinkannya dihubungkan ke kondensor AC untuk memanfaatkan panas yang dihasilkannya. Kisaran suhu panas buangan kondensor AC ini sangat cocok untuk pengeringan bahan pertanian karena mereka menghindari suhu tinggi (Lestari dkk., 2020).

Proses dehumidifikasi, di mana kandungan air dalam udara berkurang, menyebabkan udara yang keluar dari evaporator udara kering dan dingin. Selanjutnya, udara dipanaskan pada kondensor dengan mengambil panas dari refrigeran yang mengalir pada kondensor. Setelah itu, udara yang keluar dari kondensor dialirkan ke ruang pengering untuk mengalami proses pengeringan.

Alat yang digunakan untuk menghasilkan kondensasi refrigerant dari kompresor dengan suhu dan tekanan tinggi adalah kondensor. selama proses operasinya, AC menghasilkan panas yang terbuang pada bagian kondensor.

Refrigerant adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Karena melakukan fungsi pendinginan dan pemanasan pada mesin pendingin, ia merupakan bagian terpenting dari siklus refrigerasi. Salah satu fungsi kondensor adalah untuk melepaskan kalor uap refrigerant di sekitarnya. *Refrigerant* di dalam

kondensor dapat mengeluarkan panas yang ditambahkan oleh kompresor dan kalor yang diserap dari evaporator, sehingga mengubah *refrigerant* dari gas menjadi cair (Syam dkk., 2019).

Metode siklus refrigerasi kompresi uap menggunakan panas kondensor untuk mengeringkan tanaman herbal. Udara panas yang dihasilkan dari perubahan fase refrigeran di kondensor akan dialirkan ke ruang pengering, meningkatkan kadar air produk. Setelah itu, udara menjadi lembab. Udara yang terhasil dari pengeringan selanjutnya dialirkan ke evaporator untuk mengalami proses pendinginan dan penurunan kandungan uap air. Proses ini menyebabkan uap air mengalami kondensasi dan berubah menjadi cairan yang dikenal sebagai uap kondensat. Setelah mengalami proses pendinginan dan penurunan kandungan uap air, udara kering kembali ke kondensor untuk dipanaskan. Dengan cara yang sama, udara pengering bersirkulasi (Pramawiguna dkk., 2022).

Untuk mengeringkan hasil pertanian yang masih basah, udara kering bersuhu tinggi masuk ke dalam ruang pengering. Udara yang masuk ke evaporator mengandung uap air yang diambil dari bahan yang dikeringkan. Udara mengembun dan berubah menjadi air, kemudian ditampung di *safety tray* di bawah evaporator dan mengalir keluar melalui pipa pembuangan. Udara kering yang keluar dari evaporator dipanaskan oleh pemanas listrik. Udara panas yang mengandung uap air dari bahan kering dialirkan ke evaporator untuk dikondensasikan kembali, mengubah uap air menjadi air, dan dikeluarkan melalui pipa pembuangan. (Sudirman dkk., 2023). Memanfaatkan panas dari kondensor AC dapat meningkatkan efisiensi energi sistem secara keseluruhan. Ini karena panas dari kondensor AC, yang sebelumnya dianggap sebagai limbah, dapat digunakan sebagai energi yang berguna (Masykur dkk., 2023).

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi kecepatan pindah panas dan massa

1. Luas Permukaan

Untuk mempercepat proses pengeringan, bahan makanan yang akan dikeringkan harus dikecilkan ukurannya saat diiris, dipotong, atau digiling. Ini disebabkan oleh fakta bahwa permukaan bahan akan diperluas, yang

membuat air lebih mudah berdifusi dan mengurangi jarak yang harus ditempuh oleh panas.

2. Suhu

Semakin besar perbedaan suhu antara bahan pangan dan medium pemanas, semakin cepat panas pindah ke bahan pangan dan semakin cepat air menguap dari bahan pangan. Selama proses pengeringan, air dari bahan pangan dapat berupa uap air. Jika uap air tidak dikeluarkan segera dari udara di sekitar bahan pangan yang dikeringkan, udara akan menjadi jenuh oleh uap air, yang memperlambat penguapan air dari bahan pangan.

3. Kecepatan pergerakan udara

Semakin cepat pergerakan udara atau sirkulasi udara, maka proses pengeringan akan semakin cepat. Beberapa proses pengeringan yang menggunakan sirkulasi udara atau udara yang bergerak, seperti pengering semprot, pengering tunnel, pengering cabinet, dan lain-lain.

4. Kelembaban udara (RH)

Ketika udara menjadi lebih kering (memiliki kelembaban yang lebih rendah), kecepatan pengeringannya meningkat. Kadar air akhir bahan pangan setelah kering akan ditentukan oleh kelembaban udara. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah suhu di mana air tidak menguap dari bahan pangan ke udara dan air tidak diserap oleh bahan pangan. Pada suhu ini, proses penyerapan akan berhenti.

5. Tekanan atmosfer

Dalam kondisi vakum, tekanan atmosfer mengeringkan bahan pangan yang peka terhadap panas. Ini membuat pengeringan lebih cepat atau suhu yang digunakan untuk pengeringan dapat lebih rendah.

6. Penguapan air

Penguapan adalah proses menghilangkan air dari bahan pangan yang dikeringkan sampai diperoleh produk kering yang stabil. Penguapan terjadi selama proses pengeringan, tetapi tidak menghilangkan semua air dari bahan pangan.

2.6 Tanaman Herbal

Tanaman herbal adalah tanaman obat yang mempunyai kegunaan dan nilai lebih dalam pengobatan tradisional terhadap penyakit. Karena bahan bakunya mudah ditemukan di lingkungan sekitar, pengobatan tradisional yang menggunakan ramuan yang terbuat dari tumbuhan dan segala sesuatu yang ada di alam masih sangat diminati oleh masyarakat.

Tanaman herbal adalah jenis tanaman yang dikenal karena khasiatnya dalam pengobatan dan kesehatan. Tanaman obat memiliki kandungan metabolit sekunder, yang merupakan senyawa yang memiliki sifat obat. Tanaman ini telah digunakan selama ribuan tahun dan merupakan bagian penting dari berbagai tradisi pengobatan di seluruh dunia. Senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan terpenoid yang berkhasiat sering ditemukan dalam tanaman herbal. Tanaman herbal tidak hanya digunakan untuk pengobatan, tetapi juga untuk tujuan kuliner dan kosmetik.

Proses pengeringan tanaman obat biasanya dikenal sebagai simplisia, di mana bagian rimpang tanaman diiris tipis dan kemudian dikeringkan. Departemen Kesehatan Republik Indonesia mengatakan simplisia adalah bahan alami yang digunakan sebagai obat yang belum mengalami proses pengolahan apa pun, biasanya bahan yang telah dikeringkan. Ada tiga kategori simplisia: simplisia nabati, simplisia hewani, dan simplisia mineral (Tumbel dkk., 2016).

2.7 Kadar Air

Kadar air dalam bahan pangan adalah salah satu faktor yang sangat memengaruhi daya tahan bahan pangan. Kadar air yang lebih tinggi pada bahan pangan meningkatkan kecepatan kerusakan. Kadar air ini memengaruhi perubahan kimia dan sifat-sifat produk, seperti penampilan dan rasa yang disebabkan oleh mikroba, karena mikroorganisme menggunakan air untuk berkembang biak. Cara mencegah mikroba berkembang biak dapat dilakukan dengan mengubah lingkungan hidupnya. Ini dapat dilakukan dengan mengubah suhu, kadar air substrat (aw), pH, kadar oksigen, komposisi substrat, dan penggunaan bahan pengawet anti mikroba (Biksono dkk., 2022).

Salah satu karakteristik bahan pangan yang sangat penting adalah kadar air, karena jumlah air dalam bahan pangan dapat memengaruhi bagian lain, seperti penampilan, tekstur, dan rasanya. Bahan dengan kadar air tinggi biasanya lebih cepat busuk karena aktivitas mikroorganisme. Minimum kadar air di mana mikroba masih dapat berkembang biak adalah 14–15 persen.

Menurut Depkes (2008), kadar air akhir simplisia adalah 10%. Faktor-faktor yang paling berpengaruh pada proses pengeringan tanaman obat adalah suhu, kelembapan nisbi, laju aliran udara pengering, dan kadar air awal bahan. Kondisi pengeringan yang tepat akan menghasilkan kualitas simplisia yang baik sehingga tahan disimpan untuk waktu yang lama dan tidak mengalami perubahan bahan aktif di dalamnya.

Kadar air suatu bahan biasanya ditunjukkan dalam persentase bobot bahan tersebut misalnya, dalam gram air untuk setiap 100 gram bahan tersebut dan dikenal sebagai kadar air berat basah atau basis basah (bb). Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung kadar air basis basah.

$$M = \frac{wt - wd}{wt} \times 100\% = \frac{wm}{wt} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana:

M = kadar air basis basah (%bb)

Wm = berat air bahan (g)

Wd = berat bahan kering (g)

Wt = berat total (g)

Selain kadar air bobot basah, kadar air bahan juga dapat ditunjukkan dalam kadar air basis kering (bk) seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.

$$M = \frac{wm - wd}{wm} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

M = kadar air basis kering (%bk)

Wm = Berat akhir sampel + air (g)

W_d = Berat bahan kering (g)

yang dimaksud dengan bobot bahan kering adalah bobot bahan setelah dipanaskan selama suatu waktu sampai mencapai bobot konstan. Saat ini, air dalam bahan tidak teruapkan sepenuhnya, tetapi hasilnya disebut juga sebagai bobot bahan kering.

2.8 Parameter-Parameter Yang Dihitung

2.8.1 kalor yang dibuang dikondensor Q_k

$$Q_k = h_2 - h_3 \text{ (kJ/kg)} \quad (2.3)$$

Dimana :

h_2 dan h_3 = entalphi refrigeran pada sisi isap dan keluar kondensor (kJ/kg)

2.8.2 Laju pengeringan yang masuk ruang pengering pengkondisian udara

$$\dot{m} = \rho \cdot Q \quad (2.4)$$

Dimana :

$\dot{m}$ = Laju Aliran Massa Masuk Ruang Pengering (kg/s)

ρ = Massa jenis udara (1,3 kg/m³)

Q = Debit Aliran Udara (m³/s)

2.8.3 Laju aliran massa masuk ke ruang pengering

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D \quad (2.5)$$

Dimana :

π = 3,14

D = Diameter lubang masuk panas

$\dot{m} = \rho \cdot Q$

Dimana :

$\dot{m}$ = Laju aliran massa masuk ruang pengering (kg/s)

ρ = Massa jenis udara ($1,3 \text{ kg/m}^3$)

Q = Debit aliran udara (m^3/s)

2.8.4 Energi Panas Masuk Ke Pengereng

$$Q_{in} = \dot{m} \cdot C_v \cdot \Delta T \quad (2.6)$$

Dimana :

Q_{in} = Energi masuk ruang pengereng

$\dot{m}$ = Laju aliran massa masuk ruang pengereng

C_v = Panas jenis refrigeran (4,18)

$\Delta T = T_{in} - T_{out}$ (Dari Tabel Hasil Pengujian)

2.8.5 Efisiensi Pengeringan

$$\eta = \frac{Q_k}{Q_{total}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Dimana :

η = Efisiensi pengeringan

Q_k = Kalor yang di buang oleh kondensor (kJ/kg)

Q_{total} = Energi yang masuk ke pengereng (Watt)

2.8.6 Laju Pengeringan Dan Laju Aliran Massa Udara

$$m_3 \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (2.8)$$

Dimana :

m_3 = Laju Pengeringan, (gram/menit)

Δm = Perbedaan masa air (g)

Δt = Selang waktu, (menit)

2.8.7 Persentase Kadar Air basis Basah

$$M = \frac{wt - wd}{wt} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dimana:

M = kadar air basis basah (%bb)

W_d = berat bahan kering (g)

W_t = berat total (g)

2.8.8 Persentase Kadar Air basis kering

$$\frac{wt}{wd} = \frac{M}{a} \quad (2.10)$$

Dimana:

M = kadar air basah (%)

W_t = Berat total (g)

W_d = berat bahan kering (g)