

Dr. Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP



Buku Ajar

SATUAN OPERASI

**PENGOLAHAN
PANGAN**

Editor:

Prof. Ir. Herianus D. Lalel, M. Si., Ph. D

SATUAN OPERASI PENGOLAHAN PANGAN

Dr. Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

SATUAN OPERASI PENGOLAHAN PANGAN

Penulis:

Dr. Ir. Jemmy J. S. Dethan, MP

Desain Cover:

Tahta Media

Editor:

Prof. Ir. Herianus D. Lalel, M. Si., Ph.D

Proofreader:

Tahta Media

Ukuran:

viii, 170, Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-147-765-1

Cetakan Pertama:

Maret 2025

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Tahta Media Group

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT TAHTA MEDIA GROUP
(Grup Penerbitan CV TAHTA MEDIA GROUP)
Anggota IKAPI (216/JTE/2021)

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku "Satuan Operasi Pengolahan Pangan" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun dengan tujuan untuk memberikan wawasan yang komprehensif mengenai prinsip, konsep, dan aplikasi satuan operasi dalam industri pengolahan pangan.

Industri pangan modern sangat bergantung pada efisiensi dan efektivitas proses pengolahan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Oleh karena itu, pemahaman tentang satuan operasi menjadi esensial bagi mahasiswa, akademisi, serta praktisi yang berkecimpung dalam bidang teknologi pangan. Buku ini dirancang secara sistematis untuk menjelaskan berbagai aspek satuan operasi, seperti proses termal, mekanikal, transportasi massa, hingga penerapan teknologi otomasi dalam pengolahan pangan.

Penyusunan buku ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Kami juga sangat menghargai kritik dan saran dari para pembaca demi perbaikan dan pengembangan edisi selanjutnya. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat dalam dunia akademik dan industri, serta memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu dan teknologi pangan di Indonesia. Semoga ilmu yang terkandung dalam buku ini dapat memberikan manfaat luas dan menjadi bagian dari kemajuan industri pangan yang lebih inovatif, efisien, dan berkelanjutan.

Penulis

DAFTAR ISI

Prakata	iv
Daftar Isi	v
Satuan Operasi Pada Pengolahan Pangan.....	1
Bab 1 Pendahuluan Satuan Operasi.....	5
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	5
B. Konsep Dasar Satuan Operasi Dalam Pengolahan Pangan	8
C. Peran Teknologi Dalam Satuan Operasi	9
D. Tantangan Dan Peluang Dalam Satuan Operasi.....	10
E. Tujuan Dan Manfaat Pembelajaran Satuan Operasi.....	10
F. Struktur Bab Dalam Buku Ini.....	11
G. Rangkuman	11
H. Evaluasi	12
Bab 2 Proses Termal – Pengeringan.....	13
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	13
B. Pengertian Dan Konsep Pengeringan	13
C. Mekanisme Pengeringan	17
D. Jenis – Jenis Pengeringan	19
E. Rumus – Rumus Dasar Dalam Proses Pengeringan	24
F. Contoh Soal Dan Penyelesaian	25
G. Penutup.....	26
H. Rangkuman	26
Bab 3 Proses Termal – Sterilisasi Dan Pasteurisasi.....	28
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	28
B. Pengertian Dan Konsep Sterilisasi Dan Pasteurisasi.....	28
C. Perbedaan Utama Antara Sterilisasi Dan Pasteurisasi	29
D. Mekanisme Inaktivasi Mikroorganisme.....	32
E. Faktor - Faktor Yang Mempengaruhi Sterilisasi Dan Pasteurisasi	34
F. Rumus-Rumus Dasar Dalam Sterilisasi Dan Pasteurisasi.....	37
G. Contoh Soal Dan Penyelesaian	38
H. Penutup.....	39
I. Rangkuman	39
J. Evaluasi	39

Bab 4 Proses Mekanikal – Penggilingan & Pencampuran	40
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	40
B. Pengertian Dan Konsep Penggilingan.....	40
C. Jenis – Jenis Penggilingan.....	43
D. Rumus Energi Penggilingan.....	46
E. Pengertian Dan Konsep Pencampuran	46
F. Tujuan Pencampuran Dalam Industri Pangan	47
G. Contoh Penerapan Pencampuran Dalam Industri Pangan	48
H. Jenis-Jenis Pencampuran.....	48
I. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pencampuran.....	49
J. Rumus Untuk Pencampuran.....	49
K. Contoh Soal Dan Penyelesaian	50
L. Rangkuman	51
M. Evaluasi	51
Bab 5 Proses Mekanikal – Pemotongan Dan Penghancuran	52
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	52
B. Pengertian Dan Konsep Pemotongan	52
C. Jenis Alat Pemotong Yang Umum Digunakan.....	54
D. Jenis-Jenis Pemotongan.....	55
E. Pengertian Dan Konsep Penghancuran	58
F. Jenis-Jenis Penghancuran.....	59
G. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pemotongan Dan Penghancuran 60	
H. Rangkuman	62
I. Evaluasi	62
Bab 6 Proses Transportasi Massa – Difusi & Osmosis	63
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	63
B. Difusi.....	63
C. Pengertian Osmosis	65
D. Aplikasi Difusi Dan Osmosis Dalam Pengolahan Pangan	67
E. Rangkuman	70
F. Evaluasi	70
Bab 7 Pendinginan Dan Pembekuan	71
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	71
B. Pengertian Pendinginan.....	71

C. Pengertian Pembekuan	75
D. Aplikasi Pendinginan Dan Pembekuan Dalam Pengolahan Pangan ..	77
E. Kesimpulan	77
F. Rangkuman	78
G. Evaluasi	78
Bab 8 Pemanasan: Konduksi, Konveksi, Radiasi.....	79
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	79
B. Pengertian Pemanasan.....	79
C. Pemanasan Melalui Konduksi.....	80
D. Pemanasan Melalui Konveksi	83
E. Pemanasan Melalui Radiasi	85
F. Kesimpulan	88
G. Rangkuman	88
H. Evaluasi	88
Bab 9 Filtrasi Dan Ekstraksi.....	89
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	89
B. Pengertian Filtrasi Dan Ekstraksi.....	89
C. Proses Filtrasi.....	91
D. Proses Ekstraksi.....	95
E. Aplikasi Filtrasi Dan Ekstraksi Dalam Pengolahan Pangan.....	98
F. Rangkuman	99
G. Evaluasi	99
Bab 10 Aplikasi Peralatan Mekanisasi	100
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	100
B. Pengertian Mekanisasi.....	100
C. Jenis-Jenis Peralatan Mekanisasi Dalam Pengolahan Pangan.....	101
D. Prinsip Dasar Mekanisasi Dalam Pengolahan Pangan	105
E. Efisiensi Penggunaan Peralatan Mekanis.....	106
F. Analisis Kinerja Peralatan Mekanis	111
G. Rancangan Penggunaan Peralatan Mekanis	112
H. Rangkuman	114
I. Evaluasi	114
Bab 11 Otomasi Dalam Pengolahan Pangan	115
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah).....	115
B. Pengertian Otomasi Dalam Pengolahan Pangan	115
C. Jenis Teknologi Otomasi Dalam Pengolahan Pangan.....	117

D. Manfaat Otomasi Dalam Pengolahan Pangan	124
E. Prinsip-Prinsip Dasar Otomasi	127
F. Analisis Pengaruh Otomasi Terhadap Produktivitas Dan Biaya	128
G. Merancang Sistem Otomasi Sederhana	134
H. Kesimpulan	136
I. Rangkuman	136
J. Evaluasi	136
Bab 12 Teknologi Non-Termal: Iradiasi & Ultrasonik	137
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah)	137
B. Pengertian Teknologi Non-Termal	137
C. Iradiasi Dalam Pengolahan Pangan	139
D. Ultrasonik Dalam Pengolahan Pangan	141
E. Aplikasi Iradiasi Dan Ultrasonik Dalam Pengolahan Pangan	143
F. Kesimpulan	146
G. Rumus Dan Perhitungan Dalam Teknologi Non-Termal	146
H. Contoh Soal Dan Penyelesaian	148
I. Rangkuman	154
J. Evaluasi	154
Bab 13 Implementasi Industri Pengolahan Pangan	155
A. Sub-Cpmk (Sub Capaian Pembelajaran Mata Kuliah)	155
B. Pendahuluan	155
C. Implementasi 1: Pemanggangan Dan Pengasapan Daging Se'i Menggunakan Briket Daun Dan Ranting Kesambi	156
D. Implementasi 2: Pemanfaatan Mikrokontroler Dalam Pembuatan Tepung Daun Kelor	158
E. Implementasi 3: Pengolahan Pangan Olahan Berbasis Sereal	161
F. Rumus Dan Perhitungan Dalam Pengolahan Pangan	164
G. Contoh Soal Dan Penyelesaian	165
H. Rangkuman	166
I. Evaluasi	166
Daftar Pustaka	167
Profil Penulis	170

SATUAN OPERASI PADA **PENGOLAHAN PANGAN**

A. RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER

Deskripsi Mata Kuliah

Mata kuliah ini memberikan pemahaman tentang konsep, prinsip, dan aplikasi satuan operasi dalam proses pengolahan pangan. Mahasiswa akan mempelajari berbagai teknik dasar dalam pengolahan pangan, termasuk proses termal, mekanikal, transportasi massa, dan operasionalisasi alat pengolah pangan. Fokus utama pada mekanisasi dalam industri pengolahan pangan yang mencakup penggilingan, pencampuran, pendinginan, pemanasan, dan teknik lainnya yang umum digunakan di industri pangan.

Capaian Pembelajaran (Learning Outcomes)

Setelah mengikuti perkuliahan ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. CPL1: Memahami konsep dan prinsip satuan operasi dalam industri pengolahan pangan.
2. CPL2: Mampu menganalisis dan memilih metode satuan operasi yang tepat sesuai dengan karakteristik bahan pangan.
3. CPL3: Mampu menerapkan teknologi mekanisasi yang tepat dalam satuan operasi pengolahan pangan.
4. CPL4: Mampu merancang, mengoperasikan, dan mengoptimalkan peralatan satuan operasi di industri pengolahan pangan.
5. CPL5: Mampu bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan masalah di bidang pengolahan pangan.

B. BAHAN KAJIAN

Materi perkuliahan dibagi ke dalam beberapa topik utama:

1. Pendahuluan Satuan Operasi
 - a. Pengantar satuan operasi dalam pengolahan pangan
 - b. Definisi dan contoh-contoh proses satuan operasi
2. Proses Termal dalam Pengolahan Pangan
 - a. Pengeringan (drying)
 - b. Sterilisasi
 - c. Pasteurisasi
3. Proses Mekanikal
 - a. Penggilingan
 - b. Pencampuran (mixing)
 - c. Pemotongan dan penghancuran
4. Proses Transportasi Massa
 - a. Difusi
 - b. Osmosis
 - c. Perpindahan massa dalam pengolahan pangan
5. Proses Pendinginan dan Pembekuan
 - a. Prinsip pendinginan
 - b. Pembekuan pangan
6. Proses Pemanasan dan Pemanggangan
 - a. Pemanasan konduksi, konveksi, dan radiasi
 - b. Aplikasi pemanasan dalam p pangan
7. Filtrasi dan Ekstraksi
 - a. Prinsip filtrasi
 - b. Teknik ekstraksi dalam pengolahan bahan pangan
8. Aplikasi Peralatan Mekanisasi dalam Pengolahan Pangan
 - a. Desain dan pengoperasian alat mekanisasi
 - b. Otomasi dalam pengolahan pangan
9. Satuan Operasi Berbasis Teknologi Baru
 - a. Teknologi membran
 - b. Teknologi non-termal (misal: iradiasi, ultrasonik)

C. STRATEGI PEMBELAJARAN

1. Tatap Muka (Lectures): Penyampaian materi melalui kuliah tatap muka, menggunakan media presentasi dan video demonstrasi.
2. Diskusi Kelas: Diskusi kelompok untuk membahas studi kasus terkait aplikasi satuan operasi.
3. Praktikum: Penggunaan peralatan laboratorium untuk simulasi proses pengolahan pangan, seperti penggilingan, pengeringan, dan pendinginan.
4. Tugas Mandiri: Tugas analisis mengenai mekanisme proses satuan operasi dalam pengolahan pangan, baik secara manual maupun menggunakan perangkat lunak simulasi.

D. METODE PENILAIAN

1. Kuis dan Ujian Tengah Semester (UTS): 20%
2. Tugas dan Proyek Individu: 20%
3. Praktikum dan Laporan: 30%
4. Ujian Akhir Semester (UAS): 30%

E. RINCIAN MINGGU PERKULIAHAN

Minggu	Materi Pembelajaran	Metode Pembelajaran	Tugas / Penilaian
1	Pendahuluan Satuan Operasi	Kuliah, Diskusi	-
2	Proses Termal: Pengeringan	Kuliah, Video Demonstrasi	Kuis 1
3	Proses Termal: Sterilisasi & Pasteurisasi	Kuliah, Diskusi	Tugas 1
4	Proses Mekanikal: Penggilingan & Pencampuran	Kuliah, Diskusi	-
5	Proses Mekanikal: Pemotongan dan Penghancuran	Kuliah, Praktikum	Laporan Praktikum 1
6	Proses Transportasi Massa: Difusi & Osmosis	Kuliah, Diskusi	Kuis 2

7	Pendinginan dan Pembekuan	Kuliah, Video Demonstrasi	-
8	Ujian Tengah Semester (UTS)	Ujian	Ujian Tengah Semester
9	Pemanasan: Konduksi, Konveksi, Radiasi	Kuliah, Diskusi	-
10	Filtrasi dan Ekstraksi	Kuliah, Praktikum	Laporan Praktikum 2
11	Aplikasi Peralatan Mekanisasi	Kuliah, Video Demonstrasi	Tugas 2
12	Otomasi dalam Pengolahan Pangan	Kuliah, Diskusi	-
13	Teknologi Non-Termal: Iradiasi & Ultrasonik	Kuliah, Diskusi	Kuis 3
14	Studi Kasus Industri Pengolahan Pangan	Diskusi, Presentasi	Tugas Proyek
15	Review dan Pembahasan Persiapan UAS	Kuliah, Diskusi	-
16	Ujian Akhir Semester (UAS)	Ujian	Ujian Akhir Semester

F. REFERENSI UTAMA

1. Fellows, P.J. (2009). Food Processing Technology: Principles and Practice. Woodhead Publishing.
2. Toledo, R.T. (2007). Fundamentals of Food Process Engineering. Springer.
3. Singh, R.P. & Heldman, D.R. (2013). Introduction to Food Engineering. Academic Press.

BAB 1 PENDAHULUAN

SATUAN OPERASI

A. SUB-CPMK (SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH)

Pada akhir bab ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Memahami prinsip fisika dan teknik dalam pengolahan pangan.
2. Mengidentifikasi dan menerapkan satuan operasi sesuai jenis bahan pangan.
3. Memahami Konsep Satuan Operasi
4. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan ruang lingkup satuan operasi dalam industri pengolahan pangan.
5. Mahasiswa mampu mendeskripsikan pentingnya satuan operasi dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pengolahan pangan.

1.1. Latar Belakang

Satuan operasi merupakan salah satu konsep fundamental dalam berbagai industri, terutama dalam industri pengolahan pangan. Pada dasarnya, satuan operasi merujuk pada proses-proses fisik yang diperlukan untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang siap dikonsumsi atau digunakan. Proses ini tidak hanya mencakup langkah-langkah yang melibatkan perubahan bentuk atau komposisi bahan, tetapi juga berbagai proses yang mendukung efisiensi dan kualitas hasil akhir. Konsep satuan operasi diterapkan pada berbagai industri seperti kimia, farmasi, minyak bumi, hingga pangan, yang menggunakan prinsip-prinsip serupa namun dengan aplikasi yang berbeda.

Dalam industri pengolahan pangan, satuan operasi mencakup berbagai proses fisik seperti pemanasan, pendinginan, penggilingan, pencampuran, filtrasi, dan banyak lainnya. Setiap proses ini bertujuan untuk mengubah sifat fisik dan kimia bahan pangan sehingga mencapai kualitas yang diinginkan,

baik dari segi rasa, tekstur, aroma, maupun kandungan gizinya. Pengolahan pangan juga memerlukan pengetahuan mendalam mengenai karakteristik bahan pangan yang digunakan, seperti kandungan air, lemak, protein, dan karbohidrat, serta bagaimana setiap satuan operasi dapat mempengaruhi bahan-bahan tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknologi, mekanisasi dalam industri pangan semakin berkembang pesat. Satuan operasi yang dahulu dilakukan secara manual kini telah banyak digantikan dengan mesin dan teknologi yang lebih canggih untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi produk. Mekanisasi ini tidak hanya berfungsi untuk mempercepat proses produksi, tetapi juga untuk memastikan standar higienitas, keselamatan pangan, dan kepatuhan terhadap regulasi industri.

1.2. Definisi Satuan Operasi

Secara umum, satuan operasi didefinisikan sebagai serangkaian proses fisik yang terlibat dalam transformasi bahan baku menjadi produk akhir. Proses ini terdiri dari berbagai langkah yang dapat dikelompokkan berdasarkan jenis transformasi fisik yang terjadi pada bahan, seperti perubahan suhu, tekanan, atau kondisi fisik lainnya. Dalam pengolahan pangan, satuan operasi sering kali melibatkan proses pemanasan (misalnya pasteurisasi atau sterilisasi), pendinginan (misalnya pendinginan cepat atau pembekuan), penggilingan, dan pengeringan. Setiap satuan operasi ini memiliki tujuan spesifik dan memerlukan alat atau mesin yang dirancang khusus untuk mencapai hasil yang optimal.

Menurut literatur, satuan operasi dalam pengolahan pangan dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan jenis proses fisik yang terlibat:

1. Proses Mekanik: Proses yang melibatkan perubahan fisik bahan melalui mekanisme mekanik, seperti penggilingan, penghancuran, pencampuran, dan pengadukan.
2. Proses Termal: Proses yang melibatkan perubahan suhu bahan, seperti pemanasan (konduksi, konveksi, radiasi), pengeringan, pendinginan, dan pembekuan.
3. Proses Transportasi Massa: Proses yang melibatkan perpindahan materi dari satu bagian sistem ke bagian lain, seperti difusi, osmosis, dan filtrasi.

Setiap satuan operasi memiliki tujuan spesifik dalam rangka menghasilkan produk pangan dengan kualitas dan keamanan yang sesuai standar. Misalnya, dalam proses pasteurisasi, tujuan utamanya adalah untuk membunuh mikroorganisme patogen tanpa merusak kualitas nutrisi dan sensorik dari produk pangan. Di sisi lain, penggilingan bertujuan untuk mengubah ukuran partikel bahan pangan sehingga lebih mudah diolah pada tahapan berikutnya atau untuk meningkatkan tekstur produk akhir.

1.3. Pentingnya Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan

Satuan operasi memainkan peranan penting dalam industri pengolahan pangan karena menentukan efisiensi, kualitas, dan keamanan produk akhir. Di era modern, konsumen tidak hanya menuntut produk yang lezat dan bergizi, tetapi juga yang aman untuk dikonsumsi dan memiliki umur simpan yang panjang. Penerapan satuan operasi yang tepat dapat membantu mencapai hal-hal tersebut. Beberapa alasan mengapa satuan operasi sangat penting dalam industri pengolahan pangan meliputi:

1. Efisiensi Proses Produksi: Satuan operasi yang terintegrasi dengan baik dalam alur produksi akan meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Misalnya, pengaturan yang tepat dari suhu dalam proses pemanasan atau pendinginan dapat mempercepat produksi tanpa mengorbankan kualitas.
2. Kualitas Produk Akhir: Setiap tahapan dalam satuan operasi mempengaruhi kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi dari produk akhir. Sebagai contoh, proses pengeringan yang salah dapat mengakibatkan kerusakan nutrisi atau penurunan rasa, sementara proses sterilisasi yang tidak memadai dapat menyebabkan kontaminasi mikroba.
3. Keamanan Pangan: Dalam industri pangan, keamanan merupakan aspek yang sangat krusial. Satuan operasi seperti pasteurisasi, sterilisasi, dan filtrasi berfungsi untuk menghilangkan atau mengurangi mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Dengan demikian, penerapan satuan operasi yang tepat sangat penting untuk memastikan produk aman dikonsumsi oleh masyarakat.
4. Penghematan Energi: Penggunaan teknologi mekanisasi dan otomatisasi dalam satuan operasi memungkinkan penghematan energi yang signifikan. Misalnya, teknologi pemanasan menggunakan gelombang

mikro atau teknologi pendinginan dengan sistem refrigerasi yang efisien dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional.

5. Umur Simpan Produk: Proses satuan operasi seperti pengeringan, pendinginan, dan pembekuan sangat mempengaruhi umur simpan produk. Dengan mengontrol kelembaban, suhu, dan faktor-faktor lainnya, produk pangan dapat memiliki umur simpan yang lebih lama tanpa kehilangan kualitas.

B. KONSEP DASAR SATUAN OPERASI DALAM PENGOLAHAN PANGAN

Satuan operasi dalam pengolahan pangan berfokus pada pemahaman mengenai bagaimana perubahan fisik yang terjadi pada bahan pangan dapat dimanipulasi untuk mencapai hasil yang diinginkan. Konsep dasar dari satuan operasi meliputi beberapa prinsip utama yang terkait dengan perpindahan energi, perpindahan massa, dan perubahan fisik bahan.

1. Perpindahan Energi

Dalam pengolahan pangan, perpindahan energi sering terjadi melalui proses pemanasan dan pendinginan. Perpindahan energi ini penting untuk mengubah sifat bahan pangan, misalnya mengurangi kadar air, meningkatkan rasa, atau membunuh mikroorganisme. Ada beberapa mekanisme perpindahan energi yang biasa digunakan dalam satuan operasi, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Masing-masing mekanisme ini memiliki aplikasi yang spesifik tergantung pada jenis bahan pangan dan tujuan pengolahannya.

2. Perpindahan Massa

Perpindahan massa mengacu pada proses di mana suatu komponen dari suatu bahan berpindah dari satu fase ke fase lain atau dari satu bagian sistem ke bagian lain. Dalam pengolahan pangan, contoh perpindahan massa adalah proses pengeringan, di mana air berpindah dari bahan pangan ke udara sekitarnya. Perpindahan massa juga terjadi dalam proses osmosis, difusi, dan adsorpsi.

3. Perubahan Fisik Bahan

Satuan operasi sering kali melibatkan perubahan fisik pada bahan pangan, seperti ukuran partikel, tekstur, atau kekerasan. Proses penggilingan,

pencampuran, dan pengepresan merupakan contoh dari perubahan fisik yang sering dilakukan dalam satuan operasi. Perubahan ini dirancang untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya atau untuk menghasilkan produk dengan karakteristik tertentu.

C. PERAN TEKNOLOGI DALAM SATUAN OPERASI

Teknologi memainkan peran yang semakin besar dalam implementasi satuan operasi di industri pengolahan pangan. Penggunaan alat dan mesin modern memungkinkan proses pengolahan yang lebih cepat, efisien, dan konsisten. Berikut adalah beberapa contoh penerapan teknologi dalam satuan operasi:

1. Mekanisasi Proses Mekanikal

Dalam satuan operasi yang melibatkan proses mekanik seperti penggilingan dan pencampuran, penggunaan alat modern seperti hammer mill, roller mill, dan mixer otomatis dapat meningkatkan efisiensi proses dan konsistensi produk. Teknologi ini tidak hanya mempercepat proses, tetapi juga mengurangi kesalahan manusia dan menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih uniform.

2. Otomatisasi dalam Pengendalian Proses

Teknologi otomatisasi memungkinkan pengendalian yang lebih presisi terhadap variabel-variabel kritis dalam satuan operasi, seperti suhu, kelembaban, dan tekanan. Sistem otomatisasi ini sering dilengkapi dengan sensor dan aktuator yang dapat memonitor dan mengatur parameter proses secara real-time, sehingga meminimalkan kemungkinan kesalahan dan memastikan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3. Teknologi Non-Termal

Selain teknologi konvensional yang menggunakan panas untuk mengolah pangan, teknologi non-thermal seperti iradiasi, ultrasonik, dan teknologi membran juga semakin banyak digunakan dalam satuan operasi. Teknologi-teknologi ini menawarkan keuntungan seperti pemrosesan yang lebih cepat, penggunaan energi yang lebih rendah, dan kemampuan untuk mempertahankan kualitas nutrisi dan sensorik produk pangan.

D. TANTANGAN DAN PELUANG DALAM SATUAN OPERASI

Walaupun satuan operasi sudah menjadi bagian integral dari industri pengolahan pangan, masih ada sejumlah tantangan yang perlu dihadapi, seperti:

1. Efisiensi Energi: Banyak satuan operasi yang memerlukan energi dalam jumlah besar, terutama yang melibatkan proses pemanasan atau pendinginan. Tantangan dalam hal ini adalah bagaimana meminimalkan penggunaan energi tanpa mengorbankan kualitas produk.
2. Sustainability dan Lingkungan: Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan, industri pangan dituntut untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses satuan operasinya. Teknologi ramah lingkungan yang dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan limbah produksi menjadi peluang yang dapat dikembangkan.
3. Keamanan dan Kualitas Produk: Peningkatan permintaan akan produk pangan yang aman dan berkualitas tinggi memerlukan inovasi dalam satuan operasi untuk memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan pangan dan regulasi kesehatan.

E. TUJUAN DAN MANFAAT PEMBELAJARAN SATUAN OPERASI

Pembelajaran tentang satuan operasi sangat penting bagi mahasiswa yang mempelajari teknologi pangan atau bidang yang terkait, karena pengetahuan ini menjadi dasar untuk memahami proses-proses pengolahan bahan pangan secara ilmiah dan praktis. Tujuan utama dari pembelajaran satuan operasi antara lain:

1. Memahami prinsip-prinsip fisika dan teknik yang mendasari proses pengolahan pangan.
2. Mampu mengidentifikasi dan menerapkan satuan operasi yang sesuai dengan jenis bahan pangan dan hasil akhir yang diinginkan.
3. Mempelajari cara mengontrol variabel-variabel kritis dalam satuan operasi untuk memastikan efisiensi dan kualitas produk.
4. Mengembangkan kemampuan untuk merancang dan mengoptimalkan proses pengolahan pangan menggunakan satuan operasi.

Manfaat dari pembelajaran satuan operasi antara lain:

1. Meningkatkan kemampuan teknis dalam industri pengolahan pangan.
2. Memahami bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengolahan.
3. Menyiapkan mahasiswa untuk bekerja dalam lingkungan industri yang membutuhkan pemahaman mendalam tentang proses produksi pangan yang kompleks.

F. STRUKTUR BAB DALAM BUKU INI

Buku ini dibagi ke dalam beberapa bab yang masing-masing membahas aspek-aspek penting dari satuan operasi dalam pengolahan pangan. Bab-bab tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bab 1: Pendahuluan Satuan Operasi: Membahas konsep dasar satuan operasi, pentingnya dalam pengolahan pangan, serta peran teknologi dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas proses.
2. Bab 2: Proses Pemanasan dalam Pengolahan Pangan: Fokus pada berbagai metode pemanasan yang digunakan dalam industri pangan.
3. Bab 3: Proses Pendinginan dan Pembekuan: Menjelaskan mekanisme pendinginan dan pembekuan serta aplikasinya dalam industri pangan.
4. Bab 4: Proses Penggilingan dan Pencampuran: Membahas teknik-teknik penggilingan dan pencampuran yang umum digunakan dalam pengolahan pangan.

Dengan struktur ini, diharapkan pembaca dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai satuan operasi dalam industri pengolahan pangan dan bagaimana prinsip-prinsip ini dapat diterapkan secara praktis dalam berbagai konteks produksi pangan.

G. RANGKUMAN

Bab ini memperkenalkan konsep satuan operasi dalam pengolahan pangan. Mahasiswa diharapkan memahami prinsip fisika dan teknik yang digunakan, serta mampu mengidentifikasi satuan operasi sesuai jenis bahan pangan. Satuan operasi merupakan proses-proses fisik yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengolahan pangan.

H. EVALUASI

1. Apa yang dimaksud dengan satuan operasi dalam pengolahan pangan?
2. Sebutkan beberapa contoh satuan operasi yang sering digunakan dalam industri pangan.
3. Mengapa mekanisasi menjadi penting dalam satuan operasi modern?

BAB 2 PROSES TERMAL –

PENGERINGAN

A. SUB-CPMK (SUB CAPAIAN PEMBELAJARAN MATA KULIAH)

Pada akhir bab ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Memahami konsep dasar pengeringan sebagai salah satu satuan operasi dalam pengolahan pangan.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan efektivitas proses pengeringan.
4. Menganalisis berbagai metode pengeringan yang digunakan dalam industri pangan.
5. Menerapkan rumus-rumus dasar dalam perhitungan laju pengeringan, kandungan air, dan efisiensi energi.
6. Memecahkan masalah sederhana terkait dengan proses pengeringan menggunakan pendekatan matematis dan analisis teknis.

B. PENGERTIAN DAN KONSEP PENGERINGAN

Pengeringan adalah proses unit operasi yang digunakan untuk mengurangi kadar air dalam bahan pangan, sehingga menciptakan kondisi yang lebih stabil dan aman untuk penyimpanan jangka panjang. Proses ini sangat penting dalam pengolahan pangan karena sebagian besar bahan pangan mengandung air yang dapat memfasilitasi pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat reaksi kimia yang menyebabkan kerusakan produk. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kelembapan tersebut, menghambat pertumbuhan mikroba, dan meningkatkan ketahanan produk terhadap kerusakan fisik maupun kimiawi.

Secara teknis, pengeringan adalah proses yang melibatkan pemindahan air dari bahan pangan ke udara di sekitarnya melalui mekanisme evaporasi (penguapan) atau sublimasi (penguapan dari padat ke gas tanpa melalui fase

cair). Proses ini terjadi dalam beberapa tahapan yang terkait dengan karakteristik bahan pangan, seperti kadar air, suhu pengeringan, dan kelembapan relatif udara sekitar. Pengeringan melibatkan dua tahap utama:

1. Tahap Pemanasan (Heating Phase): Pada tahap ini, panas ditransfer ke bahan pangan, sehingga menyebabkan air yang ada di dalamnya menjadi uap. Pemanasan bisa dilakukan secara langsung (misalnya menggunakan sinar matahari) atau tidak langsung (seperti menggunakan udara panas).
2. Tahap Penguapan (Evaporation Phase): Setelah bahan pangan dipanaskan, air di dalamnya mulai menguap ke udara sekitar. Proses ini berlangsung secara berkelanjutan selama pengeringan dan tergantung pada intensitas panas dan kelembapan udara. Jika udara yang digunakan untuk pengeringan sangat jenuh dengan uap air, laju penguapan akan berkurang.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi efektivitas pengeringan:

1. Suhu Pengeringan: Suhu yang lebih tinggi akan mempercepat penguapan air, namun jika terlalu tinggi, dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bahan pangan dan hilangnya komponen nutrisi seperti vitamin dan protein. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah akan memperlambat proses pengeringan, meningkatkan kemungkinan pembusukan atau kerusakan selama proses berlangsung.
2. Kelembapan Udara: Semakin rendah kelembapan udara, semakin cepat air dapat menguap dari bahan pangan. Jika kelembapan udara sangat tinggi, laju penguapan akan berkurang karena udara sudah jenuh dengan uap air.
3. Kecepatan Aliran Udara: Kecepatan aliran udara atau ventilasi mempengaruhi laju pengeringan. Aliran udara yang cepat membantu membawa uap air jauh dari bahan pangan, mempercepat proses pengeringan dan mencegah kelembapan di sekitar bahan yang akan menghambat penguapan.
4. Kadar Air Awal: Bahan dengan kadar air yang lebih tinggi memerlukan waktu lebih lama untuk mengering. Proses pengeringan akan berlangsung lebih lama untuk mengeluarkan air yang terikat kuat dalam struktur sel bahan pangan.

5. Struktur dan Karakteristik Bahan Pangan: Bentuk dan ukuran bahan pangan mempengaruhi laju pengeringan. Bahan yang lebih tipis atau lebih kecil cenderung mengering lebih cepat karena air lebih mudah menguap. Di sisi lain, bahan yang padat atau memiliki struktur yang lebih kompleks memerlukan lebih banyak waktu untuk menghilangkan air.

Jenis-Jenis Pengeringan dan Teknologi yang Digunakan

Terdapat berbagai metode pengeringan yang digunakan dalam industri pengolahan pangan, masing-masing dengan keuntungan dan keterbatasannya:

1. Pengeringan Matahari (Solar Drying): Metode pengeringan yang paling sederhana dan murah, menggunakan sinar matahari langsung untuk menguapkan air dari bahan pangan. Walaupun hemat biaya, kelemahan utama dari pengeringan matahari adalah kontrol suhu yang terbatas dan ketergantungan pada kondisi cuaca yang tidak stabil.
2. Pengeringan Udara Panas (Hot Air Drying): Dalam metode ini, bahan pangan dikeringkan menggunakan udara panas yang dipompa melalui bahan tersebut. Pengeringan ini bisa dilakukan menggunakan oven atau mesin pengering. Metode ini lebih efisien daripada pengeringan matahari dan memungkinkan kontrol suhu yang lebih baik.
3. Pengeringan Vakum (Vacuum Drying): Pada proses ini, bahan pangan dikeringkan dalam ruang hampa udara (vakum), yang memungkinkan penguapan terjadi pada suhu yang lebih rendah. Hal ini sangat berguna untuk produk pangan yang sensitif terhadap panas, seperti buah-buahan dan sayuran yang kaya vitamin C. Proses vakum juga mengurangi kehilangan kualitas nutrisi dan aroma.
4. Pengeringan Freeze (Freeze Drying): Dalam metode ini, bahan pangan dibekukan terlebih dahulu, kemudian airnya diuapkan dalam keadaan beku melalui proses sublimasi. Freeze drying sangat cocok untuk produk yang ingin dipertahankan kualitasnya secara maksimal, seperti makanan untuk keperluan medis atau produk premium.
5. Pengeringan Inframerah (Infrared Drying): Teknologi ini menggunakan sinar inframerah untuk menghasilkan panas yang sangat terfokus, yang kemudian digunakan untuk menguapkan air dari bahan pangan. Keuntungan dari pengeringan dengan inframerah adalah kecepatan dan

kontrol suhu yang baik, serta kemampuannya untuk menjaga warna dan tekstur produk.

6. Pengeringan Microwave: Pengeringan microwave menggunakan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi untuk memanaskan bahan pangan secara merata. Salah satu kelebihan utama pengeringan microwave adalah kecepatan tinggi, namun teknologi ini masih terbatas pada produk tertentu karena mahalnya peralatan.

Pengaruh Pengeringan terhadap Kualitas Produk

Proses pengeringan harus dilakukan dengan hati-hati, karena jika tidak dikelola dengan baik, dapat menurunkan kualitas bahan pangan. Beberapa perubahan yang mungkin terjadi akibat pengeringan adalah:

1. Kerusakan Struktur: Pengeringan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sel bahan pangan, yang dapat mengakibatkan hilangnya tekstur yang diinginkan, terutama pada produk yang harus tetap renyah atau segar.
2. Pengurangan Nilai Gizi: Pengeringan yang dilakukan dengan suhu yang sangat tinggi atau terlalu lama dapat mengurangi kandungan vitamin, terutama vitamin yang sensitif terhadap panas, seperti vitamin C dan beberapa vitamin B. Selain itu, pengeringan yang berlebihan dapat menyebabkan kehilangan protein dan lemak sehat.
3. Perubahan Rasa dan Aroma: Pengeringan dapat mempengaruhi rasa dan aroma bahan pangan. Beberapa produk mungkin kehilangan rasa segarnya, sedangkan yang lainnya dapat mengembangkan rasa terbakar atau rasanya menjadi lebih pekat karena proses pemanasan.

Pengeringan adalah teknologi yang sangat penting dalam industri pengolahan pangan yang berfungsi untuk memperpanjang umur simpan produk, meningkatkan efisiensi penyimpanan dan distribusi, serta menjaga kualitas bahan pangan. Dengan memilih metode pengeringan yang tepat dan mengontrol kondisi proses dengan baik, kualitas produk dapat dipertahankan. Namun, harus diingat bahwa pengeringan juga memiliki tantangan terkait kerusakan yang dapat terjadi pada struktur fisik, nutrisi, rasa, dan aroma produk pangan. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang berbagai metode pengeringan sangat penting untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi.

C. MEKANISME PENGERINGAN

Proses pengeringan merupakan kombinasi dari dua mekanisme fisik utama, yaitu **perpindahan panas** dan **perpindahan massa**. Kedua mekanisme ini bekerja secara simultan dan saling mendukung dalam menghilangkan air dari bahan pangan, yang pada akhirnya memungkinkan pengawetan produk.

1. **Perpindahan Panas**

Perpindahan panas adalah tahap pertama dalam proses pengeringan. Pada tahap ini, energi termal (panas) dipindahkan dari medium pengering (seperti udara panas, sinar matahari, atau sumber panas lainnya) ke bahan pangan. Tujuan utama dari perpindahan panas adalah untuk meningkatkan suhu bahan pangan hingga mencapai titik di mana air yang ada dalam bahan tersebut bisa menguap. Proses pemanasan ini dapat terjadi melalui beberapa cara, seperti:

- a. **Konduksi:** Perpindahan panas melalui kontak langsung antara bahan pangan dan medium pengering. Misalnya, pada pengeringan dengan menggunakan panci atau pelat pemanas.
- b. **Konveksi:** Perpindahan panas melalui aliran udara panas yang mengelilingi bahan pangan. Di sini, udara panas berpindah ke permukaan bahan dan memanaskannya.
- c. **Radiasi:** Pemanasan melalui gelombang elektromagnetik, seperti sinar matahari atau pemanasan menggunakan lampu inframerah. Dalam pengeringan menggunakan radiasi, panas dipancarkan langsung ke permukaan bahan pangan tanpa adanya kontak langsung dengan udara atau media pengering lainnya.

Perpindahan panas ini sangat penting untuk meningkatkan suhu bahan hingga cukup tinggi agar air dalam bahan pangan bisa menguap, tetapi harus dijaga agar suhu tidak terlalu tinggi sehingga dapat merusak komponen gizi dan tekstur bahan.

2. **Perpindahan Massa**

Setelah bahan pangan dipanaskan dan suhu bahan meningkat, air yang terkandung di dalamnya akan berubah menjadi uap. Perpindahan massa adalah mekanisme yang mengatur penghilangan uap air ini dari bahan pangan ke lingkungan sekitarnya. Proses ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Kelembapan Relatif Udara: Kelembapan udara di sekitar bahan pangan menentukan seberapa cepat uap air dapat dipindahkan dari bahan ke udara. Semakin rendah kelembapan relatif udara, semakin cepat air akan menguap dari bahan pangan.
- b. Kecepatan Aliran Udara: Dalam pengeringan dengan aliran udara, kecepatan udara yang mengalir di sekitar bahan pangan juga mempengaruhi seberapa efisien uap air dibawa keluar. Aliran udara yang cepat membantu membawa uap air dari permukaan bahan dan menggantinya dengan udara yang lebih kering, mempercepat proses pengeringan.
- c. Luas Permukaan Kontak: Semakin luas permukaan bahan yang terkena udara panas, semakin cepat uap air dapat menguap. Oleh karena itu, bahan pangan yang lebih tipis atau terpotong kecil-kecil cenderung mengering lebih cepat dibandingkan dengan bahan yang lebih besar dan tebal.
- d. Kondisi Fisik Bahan Pangan: Bahan pangan dengan struktur yang lebih terbuka atau berpori memungkinkan uap air untuk lebih mudah keluar. Bahan dengan struktur padat atau sangat berair membutuhkan waktu lebih lama untuk menghilangkan air yang terkandung di dalamnya.
Perpindahan massa yang efisien memungkinkan penguapan air yang lebih cepat, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi keseluruhan proses pengeringan.

Interaksi Antara Perpindahan Panas dan Massa

Kedua mekanisme ini—perpindahan panas dan perpindahan massa—harus berlangsung secara bersamaan dan saling mendukung agar proses pengeringan dapat terjadi dengan efisien. Ketika energi panas diterapkan pada bahan pangan, suhu bahan akan naik, menyebabkan air yang ada dalam bahan berubah menjadi uap. Pada saat yang sama, uap ini harus dipindahkan dari bahan pangan ke udara di sekitarnya. Proses ini bergantung pada keseimbangan antara laju pemanasan (perpindahan panas) dan kemampuan udara untuk membawa uap air (perpindahan massa).

1. Jika perpindahan panas terjadi terlalu cepat tanpa diikuti dengan perpindahan massa yang cukup, uap air akan terjebak dalam bahan, menyebabkan pengeringan yang tidak merata.

2. Sebaliknya, jika perpindahan massa tidak cukup efisien, meskipun bahan dipanaskan dengan baik, uap air tidak akan terangkat secara efektif, mengakibatkan penurunan laju pengeringan.

Oleh karena itu, desain sistem pengeringan yang baik harus mempertimbangkan keseimbangan antara kedua mekanisme ini, agar pengeringan dapat berlangsung secara optimal.

Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Mekanisme Pengeringan

Beberapa faktor lingkungan juga memainkan peran penting dalam kedua mekanisme ini, yaitu:

1. Suhu Udara: Suhu udara mempengaruhi laju pengeringan karena suhu yang lebih tinggi memungkinkan perpindahan panas yang lebih cepat. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembusukan atau perubahan kimia yang merugikan dalam bahan pangan.
2. Kelembapan Relatif: Semakin rendah kelembapan udara sekitar, semakin besar kemampuan udara untuk menampung uap air, yang mempercepat proses pengeringan.
3. Kecepatan Angin atau Aliran Udara: Aliran udara yang cukup membantu untuk menghilangkan uap air dari bahan pangan, mencegah kondensasi yang dapat memperlambat proses pengeringan.

Pengeringan adalah proses kompleks yang melibatkan perpindahan panas untuk memanaskan bahan pangan dan perpindahan massa untuk menghilangkan uap air. Keseimbangan yang tepat antara kedua mekanisme ini sangat penting agar proses pengeringan dapat berjalan efisien tanpa merusak kualitas bahan pangan. Faktor-faktor seperti suhu, kelembapan, kecepatan aliran udara, dan karakteristik bahan pangan harus dipertimbangkan dalam merancang sistem pengeringan yang optimal.

D. JENIS – JENIS PENGERINGAN

Terdapat berbagai metode pengeringan yang dapat diterapkan tergantung pada jenis bahan pangan, kondisi proses, dan hasil yang diinginkan. Beberapa metode umum yang digunakan dalam industri pangan meliputi:

1. **Pengeringan Matahari**
Pengeringan ini merupakan metode yang paling sederhana dan tradisional, di mana bahan pangan dikeringkan dengan memanfaatkan sinar matahari. Metode ini digunakan untuk produk seperti rempah-rempah, buah-buahan, dan biji-bijian. Walaupun murah dan mudah diterapkan, pengeringan matahari memiliki kelemahan seperti ketergantungan terhadap kondisi cuaca dan kemungkinan kontaminasi.
2. **Pengeringan Udara Panas**
Pengeringan dengan udara panas adalah salah satu metode yang paling umum digunakan dalam industri pangan. Dalam proses ini, udara dipanaskan dan kemudian dialirkan ke permukaan bahan untuk memindahkan panas dan menguapkan air. Pengering udara panas sering digunakan dalam industri pengolahan biji-bijian, sayuran, dan buah-buahan.
3. **Pengeringan Vakum**
Pengeringan vakum dilakukan dengan menurunkan tekanan di sekitar bahan, sehingga air dapat menguap pada suhu yang lebih rendah. Metode ini sangat efektif untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas, seperti buah-buahan kering, herbal, dan produk farmasi.
4. **Pengeringan Beku (Freeze Drying)**
Pengeringan beku merupakan metode pengeringan yang dilakukan dengan cara membekukan bahan terlebih dahulu, kemudian air yang membeku tersebut dihilangkan melalui proses sublimasi (perubahan dari es menjadi uap tanpa melalui fase cair). Proses ini biasanya digunakan untuk produk-produk yang memiliki nilai tambah tinggi, seperti kopi instan dan makanan bayi.
5. **Pengeringan Semprot (Spray Drying)**
Spray drying merupakan teknik pengeringan untuk bahan cair atau suspensi, di mana bahan disemprotkan ke dalam ruang pengering dalam bentuk partikel-partikel kecil, dan kontak dengan udara panas menyebabkan air di dalamnya menguap secara cepat. Metode ini banyak digunakan untuk menghasilkan produk-produk seperti susu bubuk dan tepung telur.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengeringan

1. Suhu

a. Bagaimana suhu memengaruhi pengeringan?

Suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi kinetik molekul air di dalam bahan. Molekul ini menjadi lebih aktif dan lebih mudah menguap ke udara sekitar. Proses ini mengikuti prinsip termodinamika, di mana panas berpindah dari udara panas ke bahan yang lebih dingin, memanaskan air dalam bahan hingga berubah menjadi uap.

b. Batasan suhu tinggi:

- 1) Kerusakan termal: Komponen seperti vitamin (contoh: vitamin C), protein, atau pigmen alami dapat terdegradasi pada suhu tinggi, yang memengaruhi nilai gizi dan tampilan bahan.
- 2) Kerusakan fisik: Suhu tinggi dapat menyebabkan bahan menjadi keras atau rapuh, yang bisa merusak struktur produk (contoh: pada pengeringan buah atau kerupuk).

c. Contoh aplikasi

Pengeringan dengan suhu tinggi sering digunakan untuk biji-bijian, tetapi suhu lebih rendah digunakan untuk bahan sensitif seperti susu bubuk atau obat herbal.

2. Kelembapan Udara

a. Kelembapan relatif udara (RH):

RH adalah perbandingan antara jumlah uap air di udara dengan kapasitas maksimum udara pada suhu tertentu. Jika RH tinggi, udara memiliki kapasitas rendah untuk menyerap uap air dari bahan, memperlambat laju pengeringan.

b. Peran kelembapan dalam zona pengeringan:

- 1) Pada awal pengeringan, kelembapan bahan di permukaan menguap lebih cepat karena gradien kelembapan yang tinggi antara bahan dan udara.
- 2) Di tahap akhir, saat air bergerak dari dalam bahan ke permukaan, laju pengeringan menjadi lebih lambat karena kelembapan relatif udara mulai meningkat.

c. Cara mengontrol kelembapan

DAFTAR PUSTAKA

- Fellows, P.J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Woodhead Publishing.
- Toledo, R.T. (2007). *Fundamentals of Food Process Engineering*. Springer.
- Singh, R.P. & Heldman, D.R. (2013). *Introduction to Food Engineering*. Academic Press.
- Bunga, F. J. H., Dethan, J. J. S., Bullu, N. I., Hetharia, G. E., & Bunga, E. Z. H. (2024). Comparative analysis of predictive models for *Tamarindus indica* waste briquettes higher heating value. *Journal of Ecological Engineering*, 26(1), 345–354. <https://doi.org/10.12911/22998993/195883>
- Dethan, J. J. S. (2024). Statistical models for predicting the higher heating value of torrefied kesambi leaves. *Journal of Water and Land Development*, 86–90. <https://doi.org/10.24425/jwld.2024.151793>
- Dethan, J. J. S., Bale-Therik, J. F., Telupere, F. M. S., Lalel, H. J. D., & Adisasmito, S. (2024). Characteristics of Kesambi Leaf Torrefaction Biomass. *AIP Conference Proceedings*, 3073(1). <https://doi.org/10.1063/5.0193717>
- Dethan, J. J. S., Haba Bunga, F. J., Ledo, M. E. S., & Abineno, J. C. (2024). Characteristics of Residence Time of the Torrefaction Process on the Results of Pruning Kesambi Trees. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(1), 102. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v13i1.102-113>
- Dethan, J., & Lalel, H. (2024). Optimization of Particle Size of Torrefied Kesambi Leaf and Binder Ratio on the Quality of Biobriquettes. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 12(1), 1–21. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d12.0490>
- Haba Bunga, F. J., Beeh, N., Nubatonis, L. M. M., Dethan, J. J. S., Kristen, U., & Wacana, A. (2024). Peningkatan Kesejahteraan dan Gizi Masyarakat Melalui Pelatihan Pembuatan Kerupuk Ikan Cakalang dan Daun Kelor. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Desa*, 5(1), 1–13.

<https://www.jurnallpmukaw.com/index.php/abdimades/article/view/114>

Hetharia, G., Dethan, J., Nubatonis, L. M., & Bunga, F. J. H. (2024). Abon Ikan dan Nugget Daun Kelor : Upaya Kreatif dalam Mengatasi Gizi Kurang pada Anak Balita. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Desa*, 5(1), 34–39.

<https://www.jurnallpmukaw.com/index.php/abdimades/article/view/112>

Jemmy S Dethan, I. J. (2024). KEWIRUSAHAAN DAN BISNIS PERTANIAN. Penerbit Tahta Media.
<https://tahtamedia.co.id/index.php/issj/article/view/1155>

Jonson, J., & Dethan, S. (2024a). AUTOMATED DRYING OF MORINGA LEAVES USING AN ARDUINO UNO MICROCONTROLLER.
<https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i4>

Jonson, J., & Dethan, S. (2024b). Evaluation of an empirical model for predicting the calorific value of biomass briquettes from candlenut shells and kesambi twigs. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering (AFSSAAE)*, 7(3), 253–264. <https://doi.org/10.21776/UB.AFSSAAE.2024.007.03.6>

Jonson, S. J., Dethan, N. J., Lapinangga, S. P., Si, M., Nikodemus, P. P. E., Nainiti, S., & Makaborang, M. (n.d.). SISTEM PERTANIAN TERPADU.

Kerupuk, I., Lele, I., Daun, D., Dalam, K., Membantu, U., Kasus, P., Kurang, G., Kupang, K., Jonson, J., Dethan, S., Marlince Tamonob, A., & Krislayanto, I. (2024). Inovasi Kerupuk Ikan Lele dan Daun Kelor Dalam Upaya Membantu Pengentasan Kasus Gizi Kurang di Kabupaten Kupang. *SWARNA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(7), 547–552.
<https://doi.org/10.55681/SWARNA.V3I7.1402>

Kette, A. U. S., Dethan, J. J. S., Bunga, F. J. H., Banfatin, N., & Purwadi, R. (2024). Adding adhesive on making of waste bricket of eucalyptus oil refining. *THE 7TH BIOMEDICAL ENGINEERING'S RECENT PROGRESS IN BIOMATERIALS, DRUGS DEVELOPMENT, AND MEDICAL DEVICES: The 15th Asian Congress on Biotechnology in Conjunction with the 7th International Symposium*

on Biomedical Engineering (ACB-ISBE 2022), 3080.
<https://doi.org/10.1063/5.0195318>

- Kette, A. U. S., Dethan, J. J. S., & Tonfanus, R. J. (2023). PENGOLAHAN BRIKET ARANG KELAPA MENGGUNAKAN TEPUNG TAPIOKA DARI UBI KAYU. *SWARNA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1). <https://doi.org/10.55681/swarna.v2i1.272>
- S, D. J. J., F, B.-T. J., S, T. F. M., & D, L. H. J. (2023). The Effect of Smoking Duration Use of Kesambi Leaf Biobriquette-Processed Torrefaction on Cooking Shrinkage and Characteristics Organoleptic Sei's Meat. *East African Scholars Journal of Agriculture and Life Sciences*, 6(08), 150–156. <https://doi.org/10.36349/easjals.2023.v06i08.001>
- Sula Dethan, J. J. (2024). Predicting a Higher Heating Value for Torrefied Kesambi Leaf Biobriquettes through Ultimate Analysis. *International Journal of Current Science Research and Review*, 07(04). <https://doi.org/10.47191/IJCSRR/V7-I4-14>

PROFIL PENULIS



Dr. Ir. Jemmy Jonson Sula Dethan, MP

Penulis di lahirkan di Kupang pada tanggal 7 Januari 1968. Ketertarikan penulis terhadap bidang keteknikan pertanian dimulai pada saat penulis kuliah dengan mengambil program studi Mekanisasi Pertanian (S1) di Universitas Kristen Artha Wacana Kupang dan melanjutkan S2 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dalam bidang Teknik Pertanian pada tahun 1994. Penulis selesai S3 dari Universitas Nusa Cendana pada Desember 2023. Penulis saat ini (2023) menjabat ketua Program studi Mekanisasi Pertanian. Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Perhimpunan Teknik Pertanian. Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah dalam bidang keteknikan pertanian. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan book chapter dan buku referensi.

Google Scholar ID [rQyJrpsAAAAJ](https://scholar.google.com/citations?user=rQyJrpsAAAAJ)

Scopus ID: 57217129230

WOS Researcher ID: GPS-5328-2022

Garuda ID: 5760158

Sinta ID: 6663140

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6815-7341>

Email: jemmydethan19@gmail.com dan johnson@ukaw.ac.id



Buku ini merupakan panduan komprehensif yang mengupas tuntas konsep, prinsip, dan aplikasi satuan operasi dalam pengolahan pangan. Disusun secara sistematis, buku ini mencakup berbagai topik penting seperti proses termal (pengeringan, sterilisasi, pasteurisasi), proses mekanikal (penggilingan, pencampuran, pemotongan), proses transportasi massa (difusi, osmosis), hingga teknologi pendinginan, pemanasan, dan filtrasi.

Pembaca juga akan menemukan penjelasan mendalam mengenai mekanisasi dan otomatisasi dalam industri pengolahan pangan, termasuk teknologi terbaru seperti iradiasi dan ultrasonik. Buku ini dirancang untuk membantu mahasiswa, akademisi, dan praktisi memahami dan menerapkan teknologi pengolahan pangan secara efisien, aman, dan berstandar tinggi.

Disertai dengan contoh soal, rumus perhitungan, dan studi kasus, buku ini tidak hanya membangun fondasi teoritis yang kuat tetapi juga memberikan wawasan aplikatif untuk kebutuhan industri. Dengan pendekatan ilmiah dan praktis, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi utama dalam bidang teknologi pangan.



CV. Tahta Media Group
Surakarta, Jawa Tengah
Web : www.tahtamedia.com
Ig : tahtamedia group
Telp/WA : +62 896-5427-3996

