



# UNIT PROSES DALAM SINTESIS PANGAN

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU

UNPAR PRESS

No. Klass 664.02  
No. Induk. 140763 Tgl 11/03/2016  
Hadiah/Beli .....  
Dari Yayasan LIPAR .....

11/03/2016

# UNIT PROSES DALAM SINTESIS PANGAN

Oleh :

**Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU**

UNPAR **PRESS**



664.02

SUH

U

140763 - R/SB-FISIP

11/03/2016

**Tahun 2015**

# Unit Proses Dalam Sintesis Pangan

Oleh : Prof.Dr.Ir.Ign.Suharto,APU

Hak Cipta @ 2015 pada penulis

Editor : Melania Atzmarnani, S.T, M.T.

Desain Cover : Edi Ayudi, S.T.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

## **Suharto, Ignatius**

Unit Proses dalam Synthesis Pangan

Penerbit: UNPAR PRESS

xxxix + 520 halaman

ISBN: 978-602-71964-8-3

I. Unit Proses dalam Sintesis Pangan

II. Judul

III.Ign. Suharto

# KATA PENGANTAR

## Inovasi unit proses skala laboratorium ke industri pangan

Jumlah penduduk di Indonesia semakin bertambah padahal lahan tanaman pangan konstan oleh sebab itu marilah dilihat masa depan ilmu teknik/teknologi pangan menuju ketahanan pangan guna memenuhi salah satu kebutuhan dasar manusia bangsa Indonesia. Inovasi transfer teknologi dari skala laboratorium ke skala industri pada gilirannya akan memberi kontribusi kualitas produk pangan. Jika lahan tanaman pangan konstan, maka salah satu upaya ialah mengembangkan dan memanfaatkan pendekatan bioteknologi pangan. Sebagai contoh yaitu tanaman kedelai konvensional menghasilkan sekitar 1 ton kedelai per hektarnya, namun produksi kedelai dengan pendekatan bioteknologi pangan akan menghasilkan beratus-ratus kali produk kedelai per hektarnya. Dewasa ini sudah dikenal dan dikonsumsi kedelai impor dari USA adalah produk kedelai dengan pendekatan *Genetically Modified Organism (GMO Soybean)* dan di Indonesia kedelai impor ini sudah dimanfaatkan sebagai bahan baku kedelai untuk pembuatan susu kedelai, tahu atau *tofu*, tempe, dan produk olahan kedelai lainnya. Inilah salah satu masa

depan ilmu teknik/teknologi umumnya dan khususnya bioteknologi pangan yang perlu diadakan pendidikan seumur hidup. Cara pandang dunia pendidikan dan industri hendaknya diubah tentang pemahaman pelatihan (*training*) diganti dengan pembelajaran/pengetahuan (*learning*) dan pengajaran (*teaching*) diganti memfasilitasi sarana akademik kepada peserta didik. Kombinasi antara *learning* dan *teaching* akan menghasilkan peningkatan kemampuan dan penguasaan ilmu (*science*), pengetahuan (*knowledge*), dan teknologi. Ilmu (*science*) pasti pengetahuan (*knowledge*) namun pengetahuan (*knowledge*) belum tentu ilmu (*science*).

### **Unit proses dalam sintesis pangan**

Pertama-tama timbul isu bahwa bahan baku pangan baik nabati maupun hewani sudah dikenal, dikembangkan, dan dimanfaatkan, namun bahan baku pangan tersebut belum sepenuhnya diproses dan dikembangkan menjadi produk pangan berkualitas. Hal ini karena pengembangan proses dan produk belum mengacu kepada konsep unit proses, unit operasi, kimia hijau (*green chemistry*) dan perekayasa hijau (*green engineering*) belum sepenuhnya diterapkan dalam produksi pangan. Bahan baku pangan nabati dan pangan hewani diproses menjadi produk pangan setengah jadi ataupun produk pangan siap santap. Produk pangan setengah jadi misal tepung beras, tepung terigu, tepung singkong termodifikasi, rempah-rempah yang sudah

digiling yang dapat digunakan sebagai bahan baku pangan untuk industri pangan selanjutnya.

Konversi bahan baku pangan menjadi produk pangan diperlukan adanya unit proses yang mampu memproses secara sistematis dengan bantuan ilmu teknik/teknologi. Ilmu teknik/teknologi yang diperlukan diantaranya ialah kinetika kimia, hukum termodinamika, pencampuran dan emulsi, teknologi ekstrusi, teknologi pengeringan konvensional dan beku, aditif kimia, evaporasi, kristalisasi, ekstraksi padat-cair, dan iradiasi pangan guna memproses bahan baku pangan menjadi produk pangan berkualitas sesuai dengan standar nasional maupun internasional.

Unit proses dalam sintesis pangan merupakan transformasi kimia yang mengkonversi bahan baku pangan menjadi produk pangan. Alat dan mesin yang digunakan berbasis pada bahan konstruksi *stainless steel* 304 dan 316 untuk memproses bahan baku pangan menjadi produk pangan siap santap.

Laju reaksi kimia, kinetika, dan penerapan hukum termodinamika pada unit proses dalam sintesis pangan merupakan salah satu alat untuk proses pangan dan penetapan kedaluwarsa produk pangan.

Laju reaksi sintesis pangan digunakan pendekatan kinetika kimia termasuk pengaruh suhu, reaktan, dan biokatalisator/katalisator sehingga dapat diketahui berapa lama reaksi berlangsung. Salah satu contoh penggunaan reaksi kimia dalam menetapkan waktu kedaluwarsa

produk pangan baik berbasis pendekatan integrasi maupun pendekatan diferensial.

Produk pangan berkualitas sesuai standar, jika alat dan mesin pangan didesain, dikonstruksi, dan diterapkan berbasis bahan konstruksi *stainless steel* 304 dan 316 khusus untuk *food grade* yang memenuhi standar nasional dan internasional. Oleh karena itulah pemahaman unit operasi dalam produksi pangan menjadi sangat penting diterapkan dalam proses produksi pangan.

Penulis buku unit proses dalam sintesis pangan ini yakin bahwa berbagai macam teknologi sangat dibutuhkan masa depan diantaranya adalah *bioteknologi modern, teknologi pangan, teknologi material komposit, teknologi NANO yang didukung oleh teknologi informasi* sungguh merupakan revolusi teknologi global yang sangat signifikan dan potensi untuk dipelajari, dikembangkan, dimanfaatkan, dan dilakukan transfer teknologi ke dunia industri agar hidup manusia lebih nyaman, lebih sejahtera, berkualitas dan lebih sehat.

Kesemua fenomena tersebut akan mengubah perilaku dan gaya hidup umat manusia masa depan baik kehidupan sosial dan politik, keamanan, keselamatan, aspek komersial dan tarikan pasar tentang produk pangan, maupun aspek transfer teknologi ke dunia usaha.

Buku ini adalah salah satu ide dan gagasan awal guna mengetahui seberapa jauh isu bahwa Indonesia ingin swasembada pangan tanpa impor dari luar negeri.



## Tujuan

Tujuan penulisan buku ini ialah:

1. Memberikan pengenalan profil dan isu bahwa bahan baku pangan terdapat melimpah di Indonesia khususnya bahan baku pangan nabati dan hewani diproses menjadi produk pangan dan jasa pelayanan.
2. Memberikan pengenalan tentang ilmu teknik/teknologi tentang unit proses dalam sintesis pangan dan unit operasi pangan serta alat dan mesin pangan, pengawetan pangan, dan iradiasi pangan.

## Sasaran

Sasaran buku ini ialah tercapainya penguasaan ilmu teknik/teknologi unit proses dalam sintesis pangan bagi para pemegang kekuasaan, dosen dan mahasiswa jurusan ilmu teknik/teknologi maupun mahasiswa jurusan sosial-ekonomi dan politik serta, analisis inteligen komunitas, militer/kepolisian dan calon wirausaha baru.

## Produk pangan berbasis konsep *green chemistry* dan *green engineering*

Penerapan konsep *green chemistry* dan *green engineering* pada proses pangan guna menghindari penggunaan bahan beracun dan berbahaya misal penggunaan formalin dan zat warna non *food grade* pada jenis produk pangan tertentu yang mengakibatkan dampak buruk terhadap kesehatan konsumen pangan. Penerapan konsep *green engineering* pada proses pangan

tidak akan menimbulkan limbah, maka dalam desain konstruksi dan penggunaan alat dan mesin pangan wajib mempertimbangkan manajemen lingkungan hidup. Penerapan konsep *green chemistry* dan *green engineering* pada pengembangan proses dan produk pangan merupakan salah satu kontribusi Indonesia menuju swasembada pangan.

Pada tahap berikutnya diperlukan pengenalan, pengembangan, perekayasaan, rancang bangun, transfer teknologi vertikal, sehingga tumbuh komitmen menuju industri pangan berkelanjutan dengan kepedulian terhadap sosial masyarakat (*corporate social responsibility*) semakin dirasakan manfaatnya oleh semua penduduk. Adanya bahan baku pangan nabati dan pangan hewani, teknik/teknologi, sumber daya manusia cendekia dan professional, produk pangan sesuai dengan keinginan pasar, peluang pemasaran produk pangan dan jasa pelayanan ilmiah, undang-undang dan peraturan pemerintah diperlukan guna membangun industri pangan berkelanjutan tanpa limbah.

Pertumbuhan ekonomi nasional sangat dipengaruhi oleh salah satu diantaranya perkembangan industri pangan. Perkembangan industri pangan dipengaruhi oleh kompleksnya perubahan ilmu teknik/teknologi, reaksi kimia yang sangat kompleks, unit proses dalam sintesis pangan. Semakin kompleks reaksi kimia dan proses pangan dalam industri pangan, maka semakin dituntut keselamatan (*safety*) dan keamanan kerja yang tinggi

bagi operatornya dan keamanan pangan (*food safety*) bagi konsumen dan dampak lingkungan hidup.

### **Konsep kunci pembahasan isi buku**

Pada pembahasan buku ini terdiri atas beberapa bab:

Bab I Pengenalan unit proses dalam sintesis pangan

Bab II Pencampuran bahan pangan

Bab III Emulsi bahan pangan

Bab IV Ekstruksi bahan makanan campuran

Bab V Proses non fermentasi

Bab VI Proses fermentasi pangan

Bab VII Pengeringan konvensional

Bab VIII Pengeringan beku dan pemekatan

Bab IX Pembekuan pangan

Bab X Evaporasi bahan pangan

Bab XI Kristalisasi pangan

Bab XII Ekstraksi padat-cair

Bab XIII Pengawetan pangan dengan aditif kimia

Bab XIV Proses panas untuk pengawetan pangan

Bab XV Evaluasi telur, daging, dan ikan

Bab XVI Iradiasi pangan

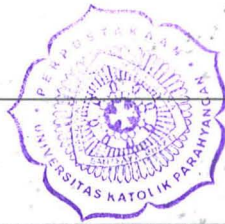
Bab XVII Soal pilihan ganda dan *essay*

Semoga buku ini memberikan informasi ilmiah untuk dipahami, dikembangkan, dan dimanfaatkan guna memberi kontribusi kepada semua pihak untuk memulai, mengembangkan, memanfaatkan sumber bahan baku pangan sebagai bahan baku industri pangan tanpa limbah menjadi produk pangan berkualitas.

Semoga karya tulis ilmiah buku ini berguna, bermanfaat, dan berharga bagi mencerdaskan anak bangsa Indonesia sekarang dan selama-lamanya. Apapun kritik yang membangun demi perbaikan buku ini, kami terima dengan senang hati. *Terima kasih dan Tuhan Selalu Beserta Kita. Amin.*

Bandung, 28 Februari 2015  
Penulis,

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, APU



## DAFTAR ISI

Pengantar .....	iii
Daftar isi .....	xi
Daftar Gambar .....	xxxii
Daftar Tabel .....	xxxix

## BAB I : PENGENALAN UNIT PROSES DALAM SINTESIS PANGAN..... 1

Pengantar .....	1
Kinetika reaksi kimia untuk penetapan kedaluwarsa produk pangan .....	2
Orde pertama untuk reaksi kimia .....	3
Orde kedua untuk reaksi kimia .....	3
Orde kedua untuk reaksi kimia $A + B \rightarrow C + D$ .....	4
Reaksi kimia orde tiga .....	4
Reaksi kimia orde nol .....	5
Reaksi kimia orde umum .....	5
Pengaruh suhu dalam sintesis pangan .....	6
Sumber bahan pangan .....	6
Sumber bahan pangan nabati.....	7
Pangan hewani .....	8
Konsumsi pangan .....	8
Sumber daya manusia.....	8
Teknologi tepat guna.....	9

Keamanan pangan .....	10
Penjelasan gambar I-1 .....	12
Model ketahanan pangan .....	16
Interaksi teknologi, kesehatan, dan produk pangan .....	21
Interaksi antara universitas dengan dunia industri ..	23

## **BAB II : PENCAMPURAN BAHAN PANGAN ..... 25**

Pengantar pencampuran .....	25
Proses pencampuran bahan pangan .....	26
Karakteristik kualitas pencampuran .....	26
Desain tangki pencampur berpengaduk .....	27
Penggunaan alat dan mesin pencampur dalam proses pangan .....	28
Pencampuran dan pembentukan adonan dengan kekentalan tinggi .....	28
Alat pencampur untuk adonan pangan .....	29
Karakteristik kualitas pencampuran .....	32
Alat pencampur adonan pangan .....	32
<i>Pan mixer</i> .....	32
Horizontal <i>mixer</i> .....	33
Campuran cair dengan cair .....	33
Cairan dengan kekentalanrendah kurang dari 50.000 Cp .....	33
Rumus waktu pencampuran $P = t^{-a}$ .....	34
Jenis alat pencampuran .....	35
Tekanan tangki pencampur .....	37
Penetapan tebal tangki pencampur .....	37
Perhitungan ukuran <i>impeller</i> .....	39
Alat <i>homogenizer</i> .....	40

Alat pencampuran .....	41
Jenis alat pencampur ( <i>mixer</i> ) .....	42
Campuran cairan dengan kekentalan tinggi dan pasta .....	45
Pencampuran gas dan cairan .....	45
Jenis alat untuk campuran padat dengan padat .....	48
<i>Open ribbon mixer</i> .....	49
<i>Vertical screw mixer</i> .....	50
Alat pencampur <i>thumbler mixer</i> .....	51

### **BAB III : EMULSI BAHAN PANGAN ..... 53**

Pengantar emulsi .....	53
Batasan emulsi .....	53
Larutan koloid .....	56
Surfaktan .....	56
<i>Stabilizer</i> dan pengental .....	56
Stabilitas .....	57
Emulsifikasi .....	57
Tahap emulsifikasi .....	57
Emulsi bahan pangan cair .....	58
Langkah-langkah produksi emulsi .....	59
Jenis <i>impeller</i> pada pencampuran .....	59
Campuran dengan <i>impeller</i> kecepatan rendah .....	59
Campuran dengan <i>impeller</i> kecepatan sedang .....	60
Campuran dengan <i>impeller</i> kecepatan tinggi .....	60
Kestabilan emulsi .....	62
Bahan aditif emulsi .....	62
Contoh emulsi dalam <i>mayonnaise</i> .....	63
Fungsi aditif emulsi .....	64

Seri <i>tween polyoxyethylene</i> turunan sorbitan ester...	64
Hukum stoke .....	64
Dekstrin .....	65
Pengecilan ukuran tetes-tetes fase dispersi .....	66
Jenis alat pengecilan ukuran titik-titik dispersi .....	66
<i>Homogenizer</i> bertekanan .....	66
<i>Colloid mills</i> .....	67
<i>Ultrasonic homogenizers</i> .....	67
Alat pencampur kecepatan rendah .....	67
Alat pencampur kecepatan medium .....	67
Dispersi padatan dalam cairan .....	68
<i>Scale up</i> alat pencampur .....	70

## BAB IV : EKSTRUSI BAHAN MAKANAN CAMPURAN ..... 73

Pengantar bahan makanan campuran .....	73
Proses ekstrusi untuk bahan makanan campuran ....	73
Batasan ekstrusi .....	73
Tujuan proses ekstrusi bahan makanan campuran ..	74
Tujuan produk bahan makanan campuran berbasis pangan nabati .....	75
Manfaat dan keuntungan ekstrusi .....	76
Bahan baku untuk proses ekstrusi .....	76
Pembuatan asam amino <i>lysine</i> .....	77
Contoh komposisi kimia tempe .....	78
Asam amino <i>methionine</i> .....	78
Protein nabati .....	79
Teksturisasi protein kedelai .....	80
Penyusunan formula bahan makanan campuran ....	81
Landasan teori pembuatan formula berbasis	



---

program linear .....	81
Contoh 1 tentang soal program linear metode grafik	82
Jawaban .....	83
Contoh 2 tentang soal program linear metode grafik	86
Jawaban .....	86
Contoh 3 soal minuman ringan .....	87
Jawaban .....	88
Alasan sumber protein dari kedelai .....	89
Kecukupan kalori dan protein .....	90
Bahan baku untuk bahan makanan campuran .....	90
Keuntungan proses ekstrusi .....	91
Alat dan mesin ekstruder .....	92
Alat ekstruder berdasarkan metode operasi .....	93
Ekstruder suhu tinggi waktu singkat ( <i>High     Temperature Short Time - HTST extrusion</i> ) .....	93
Ekstruder dingin ( <i>cold extrusion</i> ) .....	94
Alat ekstruder menurut jenis konstruksi .....	94
Ekstruder ulir tunggal ( <i>single screw extruder</i> ) .....	94
Ekstruder ulir ganda/kembar ( <i>twin-screw extruder</i> ) .....	94
Ekstruder pasta .....	95
Ekstruder tekanan tinggi .....	95
Ekstruder tipe <i>low shear cooking</i> .....	95
Ekstruder <i>collet</i> .....	96
<i>High shear cooking extruder</i> .....	96
Jenis ulir .....	97
Penyusunan formula bahan makanan campuran .....	98
Persiapan bahan baku untuk unit proses ekstrusi .....	98
Persiapan bahan baku tepung .....	98
Persiapan bahan baku kedelai bebas kulit ari .....	99
Energi untuk penggilingan .....	101
Hukum Rittinger .....	101
Hukum Kick .....	101

Hukum Bond .....	102
Tipe pola makan .....	102
Pola menu makanan keluarga .....	103
Norma kecukupan gizi .....	104
Regional .....	105
Nasional .....	105
Analisis komposisi kimia bahan baku .....	105
Tepung tempe sebagai bahan baku bahan makanan campuran .....	106
Proses pembuatan protein kedelai rendah lemak ...	107
Proses pembuatan tepung tempe .....	108
Proses pembuatan protein pekatan kedelai .....	108
Penyusunan formula bahan makanan campuran ....	110
Unsur dasar kecukupan gizi .....	111
Pendampingan usaha kecil dan menengah .....	113
Penelitian skala laboratorium .....	114
Unit proses sintesis karbohidrat, protein, dan lemak	114
Sumber karbohidrat .....	115
Sumber protein nabati .....	116
Fungsi protein .....	119
Protein memiliki 21 asam amino .....	119
<i>Lipid</i> , lemak, dan steroid .....	122
Asam lemak .....	123
Asam lemak jenuh .....	124
Titik lebur asam lemak .....	125

## **BAB V : PROSES NON FERMENTASI PANGAN ..... 126**

Pengantar proses non fermentasi .....	126
Unit proses dalam sintesis pangan non fermentasi ..	127

Jenis produk pangan non fermentasi .....	128
Tujuan proses non fermentasi .....	131
Proses dan pengembangan produk kedelai .....	131
Pengantar pengembangan proses dan produk kedelai .....	131
Manfaat kedelai .....	132
Manfaat minyak kedelai .....	132
Manfaat daging kedelai untuk pangan .....	133
Manfaat kedelai utuh .....	133
Manfaat tepung kedelai rendah lemak .....	133
Manfaat kedelai goreng tanpa minyak .....	134
Manfaat tepung kedelai .....	134
Olahan kedelai .....	134
Tujuan olahan kedelai .....	136
Pengantar proses dan produk olahan kedelai .....	136
Transfer teknologi vertikal .....	138
Turunan olahan kedelai dengan produk tempe murni .....	138
Manfaat produk turunan tempe murni .....	139
SNI dan <i>Standard International</i> tempe .....	139
Proses pembuatan tepung tempe .....	140
Pengirisan tempe segar .....	140
<i>Blanching</i> .....	141
Pengeringan .....	141
Penggilingan dan pengayakan .....	143
Pengemasan tepung tempe .....	144
Proses <i>tofu</i> atau tahu .....	144
Pelecet/pengupasan dan pengecilan kedelai .....	145
Pemisahan kulit ari kedelai dari daging kedelai .....	146
Pembuatan susu kedelai dari kedelai bebas kulit ari .....	148
Perebusan susu kedelai .....	149
Pengemasan susu kedelai .....	150

Proses pembuatan tahu atau <i>tofu</i> .....	150
Jenis koagulan tahu atau <i>tofu</i> .....	151
Kalsium sulfat atau $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....	151
Kalsium klorida atau $\text{CaCl}_2$ .....	151
Magnesium sulfat, atau $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , .....	152
Magnesium <i>chloride</i> , $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .....	152
<i>Glucono-delta-lactone</i> ( $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6$ ) .....	152
Penetapan dosis GDL .....	153
Proses koagulasi dalam tahu atau <i>tofu</i> .....	153
<i>Tofu</i> atau tahu halus .....	154
Bahan pengawet aditif tahu atau <i>tofu</i> .....	155
Pembuatan keripik tempe .....	157
Proses non fermentasi protein rendah lemak .....	158
Proses non fermentasi protein pekatan kedelai .....	158
Proses non fermentasi protein isolat tepung tempe .	159
Jenis kadar protein produk kedelai protein .....	160
Proses non fermentasi susu sapi .....	160
Pemeriksaan <i>flavour</i> .....	161
Analisis mikrobiologi .....	161
<i>Pra-processing</i> .....	161
Proses <i>Ultra High Temperature</i> (UHT) .....	162
Proses non fermentasi sari buah jambu mete .....	162
Proses non fermentasi sari buah asam <i>tangerine</i> ....	163
Proses non fermentasi tepung pisang .....	163
Proses non fermentasi mangga .....	163
Proses non fermentasi tepung kacang hijau .....	163
Proses non fermentasi <i>flavour</i> daun pandan .....	164
Proses non fermentasi kunyit ( <i>curcumin</i> ) .....	164
Proses non fermentasi pasta tomat .....	164
Pengering kabutan untuk bahan makanan campuran	164
Proses non fermentasi mie ikan .....	165
Proses non fermentasi ikan laut.....	165

## BAB VI : PROSES FERMENTASI PANGAN ..... 168

Pengantar .....	168
Mikroba pangan .....	169
Fermentasi pangan .....	170
Proses fermentasi tempe .....	173
Pengantar fermentasi tempe .....	173
Perendaman dan faktor kegagalan fermentasi tempe	173
Kegagalan fermentasi tempe .....	173
Perebusan kedelai hasil rendaman .....	174
Pendinginan dan penirisan .....	175
Inokulasi kedelai dengan ragi tempe <i>Rhizopus sp.</i> ....	175
Jenis pengemasan tempe beragi .....	176
Kemasan plastik .....	176
Kemasan daun pisang .....	177
Kemasan kantong plastik bentuk silinder panjang 2 meter .....	177
Inkubasi kedelai beragi dalam berbagai kemasan ....	178
Panen produk tempe .....	178
Proses fermentasi <i>nata de soya</i> .....	179
<i>Nata de coco</i> dari air kelapa .....	179
<i>Yoghurt</i> susu kedelai .....	180
Produk fermentasi karoten .....	181
Produk fermentasi enzim .....	182
Produk fermentasi asam asetat ( <i>vinegar</i> ) .....	183
Produk fermentasi asam sitrat .....	183
Produk fermentasi sirup fruktosa .....	184
Produk asam glukonik .....	184
Produk asam laktat .....	184
Produk protein sel tunggal ( <i>single cell protein</i> ) .....	185
Kecap ikan .....	185

Tauco .....	185
Tape .....	185
Sake .....	185
Oncom .....	186
<i>Natto</i> .....	186
Miso .....	187
Olahan susu sapi .....	188
Manfaat susu sapi .....	188
Pekatan susu sapi ( <i>evaporated milk</i> ) .....	188
<i>Condensed milk</i> .....	189
<i>Yoghurt</i> susu sapi .....	189
Sufu ( <i>chinese cheese</i> ) .....	189
Mono Sodium Glutamate (MSG) .....	189
<i>Nata de coco</i> .....	189
<i>Dextran</i> .....	189
Produk roti tawar .....	190
Produk ragi roti .....	190
Produk jamur ( <i>mushrooms</i> ) .....	190
Fermentasi kecap kedelai .....	191

## BAB VII : PENDINGINAN KONVENSIONAL ..... 192

Pengantar <i>psychromatic</i> .....	192
Batasan-batasan .....	195
Suhu titik embun .....	195
Suhu bola basah .....	196
Suhu bola kering .....	196
Kelembaban .....	196
Kelembaban absolut .....	196
Kelembaban relatif .....	196

---

Tekanan uap parsial .....	196
Volume spesifik .....	197
Pengeringan konvensional .....	197
Batasan dan kadar air dalam pengeringan .....	201
Manfaat pengeringan .....	202
Siklus pengeringan .....	203
Persamaan perpindahan massa .....	207
Persamaan perpindahan panas .....	207
Pengeringan adiabatik .....	209
Aliran udara panas vertikal melalui permukaan bahan pangan .....	211
Pengeringan non adiabatik .....	211
Metode pengeringan bahan .....	212
Alat pengering unggun tetap .....	213
Alat pengering konveyor .....	213
Faktor-faktor pengendalian pengeringan .....	214
Suhu dan kelembaban relatif pengeringan .....	214
Kecepatan aliran udara .....	215
Volume dan kecepatan aliran udara .....	216
Daur ulang udara panas .....	216
Perpindahan massa dan panas .....	217
Luas permukaan pangan .....	217
Pra-perlakuan bahan pangan sebelum pengeringan .....	217
Pengantar jenis alat pengering .....	218
Jenis alat pengering untuk bahan pangan padat .....	219
Alat pengering untuk bahan pangan cair, <i>pulpy</i> .....	219
Metode pengeringan bahan pangan .....	220
Alat pengering surya .....	220
Alat pengering <i>tray</i> atau kabinet .....	221
Pengeringan busa dengan alat pengering <i>tray</i> .....	223
Kasus pengeringan busa sari buah-buahan .....	224
Alat pengering lorong ( <i>tunnel dryer</i> ) .....	227

Alat pengering truk .....	231
Alat pengering konveyor .....	232
Alat pengering putar ( <i>rotary dryer</i> ) .....	234
Alat pengering kabutan ( <i>spray dryer</i> ) .....	236
Komponen alat pengeringan kabutan .....	237
Manfaat alat pengering kabutan ( <i>spray drying</i> ) .....	238
Jenis alat pengering kabutan .....	238
Alat pengering pneumatik .....	240
Alat pengering drum .....	241
Alat pengering drum tunggal .....	242
Alat pengering drum ganda .....	232
Contoh <i>scale-up</i> .....	244

## **BAB VIII : PENGERINGAN BEKU DAN PEMEKATAN..... 248**

Pengantar pengeringan beku ( <i>freeze drying</i> ).....	248
Perbedaan pengeringan konvensional dengan beku.	250
Pengeringan beku ( <i>lyophilisation</i> ) .....	251
Laju perpindahan panas .....	253
Perpindahan panas melalui lapisan beku .....	253
Perpindahan panas melalui lapisan bahan pangan kering .....	254
Laju perpindahan panas oleh <i>microwave</i> .....	254
Laju perpindahan massa .....	255
Alat pengeringan beku ( <i>freeze drier</i> ) .....	255
Alat pengering beku <i>batch</i> .....	255
Alat pengering beku kontinu .....	256
Alat pengering beku kontak .....	257
Alat pengering beku dipercepat .....	258
Alat pengering beku radiasi .....	258



Alat <i>microwave</i> dan <i>dielectric</i> .....	259
Radiasi <i>infrared</i> .....	259
Alat pemekatan beku ( <i>freeze concentration</i> ) .....	259
Pemekatan fluida pangan .....	260
Manfaat pemekatan beku .....	261
Viskositas produk .....	262
<i>Chilling</i> dan <i>controlled atmosphere storage</i> .....	262
Pembagian suhu penyimpanan .....	263

## **BAB IX : PEMBEKUAN PANGAN ..... 265**

Pengantar pembekuan pangan .....	265
Perlakuan pembekuan pangan .....	266
Pemilihan alat pembekuan .....	266
Syarat pemilihan alat pembekuan .....	267
Klasifikasi berbasis laju gerakan es .....	267
Alat dan metode pembekuan dengan udara dingin ..	268
Pembekuan pada kamar dingin ( <i>chest freezer</i> ) .....	268
Pembekuan dengan pendingin embusan ( <i>blast freezer</i> ) .....	268
Pembekuan spiral ( <i>belt freezer</i> ) .....	269
Alat <i>fluidizer bed freezers</i> .....	270
Alat pembekuan dengan cairan dingin .....	270
Pembekuan immersi .....	270
Pendingin permukaan dingin .....	270
Pembekuan dengan pendingin plat ( <i>plate freezer</i> )...	270
<i>Scraped-surface freezer</i> .....	272
Pendingin <i>cryogenic</i> .....	272
Pembekuan dengan udara dingin .....	273
Pengaruh parameter terhadap kualitas pangan beku	274
Kerusakan pangan beku .....	275

## BAB X : EVAPORASI BAHAN PANGAN..... 277

Pengantar evaporasi.....	277
Batasan evaporasi .....	278
Fungsi evaporasi .....	278
Manfaat evaporasi dalam bahan pangan .....	278
Faktor kecepatan perpindahan panas .....	279
Komponen pendukung alat <i>evaporator</i> .....	280
Jenis alat <i>evaporator</i> .....	283
<i>Evaporator</i> panci terbuka .....	283
Evaporasi tabung pendek horizontal .....	284
Evaporasi tabung pendek vertikal .....	284
Alat <i>climbing film evaporator</i> .....	288
Alat <i>falling film evaporator</i> .....	289
Alat <i>evaporator</i> sirkulasi paksa .....	291
Alat <i>evaporator</i> plat .....	292
Alat <i>evaporator</i> efek tunggal .....	292
Alat <i>evaporator</i> efek <i>triple</i> .....	294
<i>Evaporator effect triple</i> dengan umpan dari belakang .....	294

## BAB XI : KRISTALISASI PANGAN .... 295

Pengantar kristalisasi .....	295
Jenis kristalisasi .....	296
Kristalisasi dan pemisahan .....	297
Kristalisasi tanpa pemisahan .....	298
Sistem sukrosa dan air .....	298

**BAB XII : EKSTRAKSI PADAT CAIR 301**

Pengantar ekstraksi padat-cair.....	301
Faktor-faktor ekstraksi .....	301
Ekstraksi dengan pelarut air .....	302
Ekstraksi cara perendaman .....	302
Contoh ekstraksi cara perendaman .....	305
Alat ekstraksi <i>soxhlet</i> dengan pelarut mudah menguap .....	305
<i>Scale up</i> alat ekstraksi <i>soxhlet</i> .....	307
Alat ekstraktor tangki tunggal .....	309
Ekstraksi semi kontinu lawan arah .....	311
Unit proses dalam ekstraksi soda kostik .....	312
Manfaat soda kostik untuk industri pangan .....	313

**BAB XIII: PENGAWETAN PANGAN  
DENGAN ADITIF KIMIA .... 315**

Pengantar pengawetan .....	315
Batasan pengawetan .....	316
Prinsip pengawetan bahan pangan .....	317
Mencegah mikroba pembusuk .....	318
Pengawetan berbasis komoditi pangan .....	318
Pengawetan berbasis teknologi .....	319
Pengawetan bahan pangan dengan garam dapur dan asam .....	320
Pengaruh parameter terhadap pengawetan bahan pangan .....	320
Suhu .....	320
Oksigen .....	322
<i>Water activity</i> ( $a_w$ ).....	322
Nilai $a_w$ antara 0,98 - 1.00 .....	323

Nilai $a_w$ antara 0,93 - 0,98 .....	323
Nilai $a_w$ antara 0,85 - 0,93 .....	324
Nilai $a_w$ antara 0,60 - 0,85 .....	324
Nilai $a_w$ dibawah 0,60 .....	325
Penetapan nilai $a_w$ .....	325
Nilai pH bahan pangan .....	325
Rentang nilai pH pangan .....	326
Nutrien .....	327
Pengaruh kondisi lingkungan terhadap pengawetan bahan pangan .....	327
Garam dapur dan asam .....	329
Pengawetan sayur mayur oleh aktivitas mikroba ....	330
Pengaruh garam dapur terhadap pengawetan pangan .....	331
Asam asetat dan asam laktat .....	332
Pengawetan sayur mayur dengan NaCl .....	333
Pengawetan sayuran dengan fermentasi anaerobik ..	335
Pengawetan dengan aditif gula.....	336
Pengawet asam organik dan garamnya .....	336
Asam sorbat .....	337
Asam benzoat .....	338
Sulfur dioksida, sulfit, bisulfit, metabisulfit .....	338
Asam propionat .....	339
Asam asetat .....	340
Etanol .....	340
Formaldehida .....	340
Asap kayu .....	341
Rempah-rempah .....	341
Antibiotika .....	342
Halogen .....	342
Nitrat dan nitrit .....	342
<i>Ethylene dan propylene oxide</i> .....	343

Ringkasan aditif pangan .....	343
Aditif zat warna pangan .....	343
Aditif pengawet pangan .....	344
Aditif antioksidan pangan .....	345
Aditif asam untuk menjaga pangan asam konstan ..	345
Aditif <i>gum</i> untuk menjaga konsistensi pangan .....	346
Aditif <i>emulsifiers</i> menjaga campuran homogen .....	347
Aditif pengental untuk menjaga konsistensi .....	347
Aditif <i>flavour</i> .....	348
Aditif mineral untuk perbaikan tekstur pangan .....	348
Aditif perlakuan pati untuk perbaikan roti .....	349
Aditif anti kerak untuk meningkatkan aliran fluida pangan .....	349
Aditif pemutih pangan .....	349
Aditif <i>propellant</i> untuk <i>aerosol containers</i> .....	349
Aditif lain dan penolong proses .....	350
Bahan anti mikroba .....	351

## BAB XIV: PROSES PANAS UNTUK PENGAWETAN PANGAN .... 352

Pengantar proses panas .....	352
Metode pemakaian sumber panas .....	353
Proses <i>blanching</i> .....	354
Bahan kimia untuk <i>blanching</i> .....	354
Perubahan <i>blanching</i> pada bahan pangan .....	354
Nilai pH bahan pangan .....	355
Suhu termofilik 35°C sampai 55°C .....	355
Suhu <i>mesophilic</i> 10°C sampai 40°C .....	356
Suhu <i>psychrophilic</i> -5°C sampai 1,5°C .....	356
Pasteurisasi .....	356

Tujuan pasteurisasi .....	357
Pasteurisasi pada nilai pH lebih besar 4,5 .....	357
Pasteurisasi pada nilai pH kurang dari 4,5 .....	358
Alat pasteurisasi .....	359
Pengaruh pasteurisasi terhadap nilai gizi bahan pangan .....	361
Metode pasteurisasi .....	361
Metode pasteurisasi <i>batch</i> .....	361
Metode pasteurisasi kontinu .....	362
Sterilisasi .....	362
Faktor-faktor sterilisasi .....	363
Nilai D .....	364
Sterilisasi mikroba patogen .....	364
Faktor resistensi panas mikroba dan spora .....	364
Konsep <i>decimal reduction</i> .....	365
Contoh penerapan konsep D .....	366
Evaluasi proses panas pada pangan rendah asam ....	367
Nilai F proses .....	367
Nilai Fo proses .....	367
<i>Lethal rate</i> .....	367
Mikroba yang tahan terhadap panas.....	368
Sterilisasi media cair dengan teknologi membran....	369

## **BAB XV: EVALUASI TELUR, DAGING, DAN IKAN ..... 370**

Pengantar .....	370
Telur unggas .....	372
Pengantar telur ayam .....	372
Kualitas telur ayam .....	372
Uji kualitas telur ayam dengan cahaya <i>candling</i> ....	373

Pengawetan telur dengan <i>chilling</i> .....	374
Pengawetan telur dengan cara <i>freezing</i> dan pengeringan .....	374
Pengawetan telur dengan pengeringan .....	375
Manfaat telur ayam .....	375
Daging ruminan .....	376
Penyimpanan suhu dingin dan <i>chilling</i> daging sapi	376
<i>Chilling</i> daging sapi .....	376
Pengasapan daging sapi .....	378
Bahan baku ikan .....	378
<i>Chilling</i> dan <i>freezing</i> ikan .....	379
Faktor yang mempengaruhi kerusakan ikan .....	380
Proses ikan .....	381
Jenis produk ikan dan olahan ikan .....	383

## **BAB XVI: IRADIASI PANGAN ..... 386**

Pengantar spektrum elektromagnetik .....	386
Energi infra merah .....	387
Sinar X .....	388
Ultraviolet iradiasi .....	389
Faktor yang mempengaruhi ultraviolet .....	389
Energi untuk radiasi .....	390
Pengaruh radiasi terhadap mikroba .....	390
Dosis iradiasi .....	391
Iradiasi sinar ultraviolet dalam industri pangan .....	392
Radiasi ionisasi.....	393
Pengawetan pangan dengan sinar X .....	393
Sinar gamma .....	394
Sinar beta .....	394
Sinar katode .....	394

Batasan-batasan .....	395
Elektron volt dan <i>gray</i> .....	395
Iradiasi pangan .....	396
Pengaruh radiasi terhadap mikroba .....	397

**BAB XVII : SOAL PILIHAN GANDA ... 398**

**SOAL ESSAY ..... 470**

**DAFTAR PUSTAKA ..... 484**

**INDEKS ..... 488**

**DAFTAR ISTILAH/GLOSARIUM ..... 496**

**RIWAYAT HIDUP ..... 513**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1.	Unsur-unsur perbaikan unit proses dalam sintesis pangan .....	14
Gambar I-2.	Model ketahanan pangan sebagai fungsi bahan baku <i>processing</i> dan distribusi, dan pemasaran produk pangan.....	17
Gambar I-3.	Interaksi antar perguruan tinggi, dunia industri pangan, dan teknologi pangan baru .....	22
Gambar II-1.	Pencampuran cair dengan cair dalam bioreaktor .....	36
Gambar II-2.	Tangki pencampur .....	36
Gambar II-3.	Struktur <i>impeller</i> .....	39
Gambar II-4.	Komponen kecepatan fluida .....	41
Gambar II-5.	Alat pengaduk pedal .....	43
Gambar II-6.	Tangki berpengaduk tanpa <i>baffle</i> ....	43
Gambar II-7.	Alat pengaduk <i>propeller</i> .....	43
Gambar II-8.	Posisi pengaduk untuk pengaduk cairan .....	44
Gambar II-9.	Pengaduk jangkar ( <i>anchor agitator</i> )	45
Gambar II-10.	Pola aliran air mancur panas ( <i>geysering</i> ) dimana $power > Hp$ mixer .....	47
Gambar II-11.	Tenaga ekspansi gas lebih besar dari tenaga untuk menggerakkan pengadukan .....	47
Gambar II-12.	Dispersi intimate dari 1 sampai 3 kali ekspansi gas $Hp$ .....	48
Gambar II-13.	Dispersi gas seragam dan sempurna	48
Gambar II-14.	<i>Ribbon mixer</i> .....	50

Gambar II-15. <i>Vertical screw mixer</i> .....	50
Gambar II-16. Jenis <i>thumbler mixer</i> .....	52
Gambar III-I. Jenis emulsi .....	58
Gambar III-2. Campuran dengan <i>impeller</i> kecepatan tinggi untuk kekentalan rendah .....	61
Gambar III-3. Kolom ekstraksi lawan arah pada aliran kontinu .....	68
gambar III-4. Alat pencampur skala besar dan skala kecil .....	71
Gambar III-5. <i>Scale-up</i> alat pencampur ( <i>mixer</i> ) skala laboratorium ke <i>pilot plant</i> dan berakhir ke industri .....	72
Gambar IV-1. Penyelesaian program linear metode grafik .....	85
Gambar IV-2. Penambahan keterbatasan dengan penurunan daerah kelayakan.....	86
Gambar IV-3. Ekstruder tipe ulir tunggal .....	96
Gambar IV-4. Meningkatnya diameter akar .....	97
Gambar IV-5. Menurunnya <i>pitch</i> , dengan diameter .....	97
Gambar IV-6. Diameter akar ulir konstan .....	97
Gambar IV-7. Diameter akar konstan, menurunnya ulir dalam <i>barrel</i> diikuti menurunnya diameter .....	97
Gambar IV-8. Diameter akar konstan dan ulir .....	97
Gambar IV-9. Penggiling tipe bola ( <i>ball mill</i> ) .....	98
Gambar IV-10. Pengecilan dan pengupasan/ pelecetan hasil kedelai dengan alat penggiling piring tunggal .....	99
Gambar IV-11. Hasil konstruksi alat pengecilan dan pelecet ari kedelai cara basah	100

Gambar IV-12. Masalah pengadaan pangan dari kuantitas menuju kualitas pangan berprotein tinggi berbasis protein nabati .....	104
Gambar IV-13. Diagram alir proses ekstrusi bahan makanan campuran .....	112
Gambar IV-15. Transfer teknologi vertikal bahan makanan campuran dari hasil penelitian skala laboratorium ke skala industri .....	113
Gambar V-1. Gambar kedelai dan tempe murni.....	135
Gambar V-2. Tangki SS 304 untuk <i>blanching</i> .....	142
Gambar V-3. Alat pengering <i>tray</i> .....	144
Gambar V-4. Tangki SS 304 <i>food grade</i> sebagai tangki perebus kedelai .....	145
Gambar V-5. Hasil konstruksi alat pelecet atau pengupas dari SS 304 kedelai hasil rebusan cara basah .....	146
Gambar V-6. Alat dan mesin fluidisasi untuk pemisah kulit ari kedelai .....	148
Gambar V-7. Mesin penggiling kedelai bebas kulit ari <i>stainless steel</i> 304 menjadi (a) susu kedelai dan (b) susu kedelai sebagai bahan baku pembuatan tahu atau <i>tofu</i> atau (c) susu kedelai untuk <i>yoghurt</i> .....	149
Gambar V-8. Mesin pengepress tahu dari bahan konstruksi <i>stainless steel</i> menjadi cetakan tahu atau <i>tofu</i> siap diiris .....	155
Gambar V-9. Tahu siap iris untuk dijual dipasar	

	dan supermarket .....	156
Gambar VI-1.	Hasil konstruksi alat tray <i>stainless steel</i> berlubang untuk penirisan kedelai hasil sterilisasi/perebusan dan tray tanpa lubang untuk inokulasi ragi dengan kedelai yang baik dan benar .....	175
Gambar VI-2.	Proses pembuatan <i>nata de coco</i> .....	180
Gambar VI-3.	Alat pengaduk susu kedelai dengan susu skim .....	181
Gambar VI-4.	Diagram alir pembuatan <i>yoghurt</i> dari susu kedelai .....	182
Gambar VII-1.	Jenis alat pengeringan .....	202
Gambar VII-2.	Contoh letak suhu titik embun, suhu bola basah, dan suhu bola kering .....	203
Gambar VII-3.	Arah pemanasan dan pendinginan dalam peta <i>psychromatic</i> .....	203
Gambar VII-4.	Model kurva pengeringan bahan pangan basah pada kondisi suhu dan kelembaban konstan .....	206
Gambar VII-5.	Perpindahan massa air dalam bahan pangan ke permukaan bahan pangan oleh gaya <i>Van Der Waals</i> .....	207
Gambar VII-6.	Aliran udara panas terhadap air dipermukaan bahan pangan menjadi bahan pangan kering ...	208
Gambar VII-7.	Jenis aliran udara panas sejajar dengan permukaan bahan pangan pada pengeringan adiabatik .....	210

Gambar VII-8. Aliran udara panas tegak lurus dengan bahan pangan yang dikeringkan .....	211
Gambar VII-9. Alat pengering konveyor dua tahap .....	214
Gambar VII-10. Alat pengering almari atau <i>tray drier</i> .....	223
Gambar VII-11. Alat pengering kabinet dilengkapi dengan bahan isolasi panas .....	225
Gambar VII-12. Pengering kabinet dengan (a) tampak depan dan (b) tampak samping .....	226
Gambar VII-13. Alat pengering lorong ( <i>tunnel drier</i> ) dengan arah aliran udara panas dan bahan searah .....	228
Gambar VII-14. Alat pengering lorong ( <i>tunnel drier</i> ) dengan arah aliran udara panas searah dengan bahan pangan yang dikeringkan .....	228
Gambar VII-15. Alat pengering lorong ( <i>tunnel drier</i> ) dengan arah udara panas berlawanan arah dengan bahan pangan dikeringkan .....	229
Gambar VII-16. Alat pengering lorong ( <i>tunnel drier</i> ) dengan aliran udara keluar terpusat .....	229
Gambar VII-17. Alat pengering lorong ( <i>tunnel drier</i> ) dengan aliran udara berpotongan dengan truk .....	230
Gambar VII-18. Alat pengering truk dengan aliran melalui permukaan <i>tray</i> .....	231
Gambar VII-19. Alat pengering <i>tray</i> dengan daya	

	dorong sirkulasi udara panas pada tray .....	232
Gambar VII-20.	Alat pengering kontinu dilengkapi dengan truk bergerak melalui lorong .....	232
Gambar VII-21.	Alat pengering konveyor dua tahap .....	233
Gambar VII-22.	Pemanasan langsung pada pengering putar .....	234
Gambar VII-23.	Pengering putar ( <i>rotary dryer</i> ) .....	235
Gambar VII-24.	Alat pengering kabutan tipe aliran searah .....	239
Gambar VII-25.	Alat pengering kabutan tipe aliran searah .....	240
Gambar VII-26.	Alat pengering drum tunggal.....	242
Gambar VII-27.	Alat pengering drum ganda .....	243
Gambar VII-28.	Dimensi <i>scale-up</i> alat pengering dari skala laboratorium ke skala industri.....	244
Gambar VIII-1.	Fase diagram untuk air menunjukkan sublimasi es.....	252
Gambar VIII-2.	Perpindahan panas melalui lapisan beku .....	253
Gambar VIII-3.	Perpindahan panas dari lapisan panas melalui lapisan kering ....	253
Gambar VIII-4.	Penciptaan panas dalam es oleh <i>microwave</i> .....	254
Gambar VIII-5.	Struktur <i>porous</i> pangan dari hasil pengeringan beku .....	254
Gambar VIII-6.	Alat pengering beku kontinu .....	257
Gambar VIII-7.	Metode pengeringan beku dengan konduksi melalui <i>tray</i> .....	257

Gambar VIII-8. Alat pengering beku dipercepat .....	258
Gambar VIII-9. Alat pengering beku radiasi.....	258
Gambar VIII-10. Alat pemekatan beku .....	260
Gambar IX-1. Alat pembekuan ban berjalan .....	269
Gambar IX-2. Diagram <i>plate freezer horizontal</i> .....	271
Gambar IX-3. Alat pendingin dengan nitrogen cair	273
Gambar X-1. Evaporasi panci terbuka.....	283
Gambar X-2. Evaporasi tabung pipa pendek datar atau horizontal .....	284
Gambar X-3. Evaporasi pipa pendek vertikal .....	286
Gambar X-4. Alat <i>evaporator</i> pipa pendek vertikal menggunakan <i>basket</i> <i>calandria</i> .....	287
Gambar X-5. Alat evaporasi pipa panjang vertikal tipe <i>climbing film evaporator</i> .....	288
Gambar X-6. <i>Evaporator</i> pipa panjang <i>vertical tipe falling film</i> <i>evaporator</i> .....	290
Gambar X-7. Alat <i>evaporator</i> sirkulasi paksa .....	291
Gambar X-8. Alat <i>evaporator</i> efek tunggal.....	292
Gambar X-9. <i>Evaporator effect triple</i> dengan umpan dari depan .....	294
Gambar X-10. Alat <i>evaporator effect triple</i> dengan umpan dari belakang .....	294
Gambar XI-1. Alat kristalisasi <i>batch</i> berpengaduk..	298
Gambar XI-2. Diagram keseimbangan untuk sistem air sukrosa.....	300
Gambar XII-1. Alat ekstraktor tangki terbuka dengan pelarut air.....	304
Gambar XII-2. Alat <i>soxhlet</i> skala kecil di laboratorium.....	307
Gambar XII-3. <i>Scale-up</i> alat ekstraksi <i>soxhlet</i>	

	kapasitas 10 kg biji-bijian per <i>batch</i> operasi .....	308
Gambar XII-4.	<i>Scale-up</i> alat ekstraksi <i>soxhlet</i> kapasitas 10 kg biji-bijian per <i>batch</i> dilengkapi dengan alat penyangga atau statif .....	309
Gambar XII-5.	Alat ekstraktor tangki tunggal untuk ekstraksi biji-bijian nabati menjadi minyak .....	310
Gambar XII-6.	Alat ekstraksi semi kontinu lawan arah .....	313
Gambar XII-7.	Gambar tiga dimensi alat ekstraksi semi kontinu lawan arah .....	314
Gambar XIII-1.	Alat bioreaktor tepat guna untuk fermentasi anaerobik .....	335
Gambar XIV-1.	Alat pasteurisasi <i>plate heat</i> <i>exchanger</i> searah .....	360
Gambar XIV-2.	Pasteurisasi dengan <i>plate heat</i> <i>exchanger</i> lawan arah .....	360
Gambar XIV-3.	Sterilisasi media cair dengan teknologi membran .....	368
Gambar XVI-1.	Spektrum elektromagnetik pada Berbagai macam radiasi .....	387



**DAFTAR TABEL**

Tabel I-1.	Hubungan orde reaksi kimia dengan laju reaksi kimia .....	6
Tabel III-1.	Emulsi dan ukuran <i>droplet size</i> fase dispersi .....	56
Tabel IV-1.	Hasil analisis kimia produk tempe segar .....	78
Tabel IV-2.	Karakteristik campuran makanan A dan B .....	82
Tabel IV-3.	Perhitungan biaya produk BMC berbasis program linear .....	86
Tabel IV-4.	Komposisi kimia bahan baku legum untuk proses ekstruksi .....	109
Tabel VII-1.	Nilai $a_w$ berbagai macam bahan pangan .....	198
Tabel VIII-1.	Perbedaan pengeringan konvensional dengan pengeringan beku .....	250

## BAB I PENGENALAN UNIT PROSES DALAM SINTESIS PANGAN

### Pengantar

Reaksi kimia sangat penting dalam proses pangan misal pengembangan *flavour* dan proses panas baik pasteurisasi maupun sterilisasi bahan pangan memerlukan reaksi kimia. Dalam desain proses pangan untuk mencapai efisiensi diperlukan reaksi kimia jika dibandingkan dengan *trial-error*. Pada proses pangan diperlukan variabel fisika dan variabel kimia, maka reaksi kimia dalam proses pangan menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Unit proses dalam sintesis pangan melibatkan teknologi proses kimia, teknologi fermentasi, teknologi enzimatis, alat dan mesin pangan yang sangat penting dalam industri pangan. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh suhu, tekanan, konsentrasi substrat, konsentrasi inokulum, dan juga jenis mikroba penghasil enzim. Peranan kinetika reaksi kimia dan termodinamika menjadi sangat penting dalam unit proses dalam sintesis pangan dan juga dalam desain alat dan mesin pangan.

Kinetika reaksi kimia dalam unit proses diantaranya untuk menetapkan nilai kedaluwarsa produk pangan

melalui pendekatan model integrasi dan model diferensial.

*Kinetika reaksi kimia mempelajari laju reaksi kimia dan perubahan reaksi kimia pada kondisi lingkungan proses dalam sintesis pangan misal pengaruh suhu, tekanan, konsentrasi reaktan. Reaksi kimia dalam sintesis pangan sangat kompleks.*

Pengetahuan termodinamika menjadi sangat penting untuk memahami unit proses dalam sintesis pangan dan penerapan kinetika reaksi kimia, desain, dan konstruksi alat dan mesin pangan untuk dipelajari.

Kinetika reaksi kimia adalah mempelajari laju reaksi kimia dan pengaruh kondisi unit proses dalam sintesis pangan. Misal reaksi kimia  $A \rightarrow B \rightarrow C$  dimana secara termodinamika bahwa reaksi kimia ini tidak praktis karena pada keseimbangan terdapat kelebihan C, namun dalam bioteknologi khususnya dalam sel hidup, maka keseimbangan termodinamika jarang terjadi.

### **Kinetika reaksi kimia untuk penetapan kedaluwarsa produk pangan**

Data kinetika yang teliti dapat digunakan untuk menetapkan orde reaksi kimia misal  $A + B \rightarrow C$ , maka diperoleh informasi bahwa

$$r = kC_A^a C_B^b$$

### Orde pertama untuk reaksi kimia

Dari reaksi kimia  $A \rightarrow B$ , maka diplot antara nilai  $\frac{\Delta C_A}{\Delta t}$  dengan konsentrasi  $C_A$ , maka diperoleh garis lurus untuk reaksi kimia orde pertama, yaitu;

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A \quad (1)$$

Jika persamaan nomor (1) diintegrasikan, maka diperoleh

$$\ln C_A = -kt + I,$$

dengan nilai  $I$  sebagai konstanta. Jika diplot antara konsentrasi  $C_A$  dengan waktu  $t$ , maka diperoleh garis lurus dengan slop yang negatif.

### Orde kedua untuk reaksi kimia

Jika reaksi kimia mempunyai laju reaksi kimia seperti pada persamaan nomor (2) berikut, maka reaksi kimia ini mempunyai orde reaksi dua.

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^2 \quad (2)$$

Jika diplot nilai  $\frac{\Delta C_A}{\Delta t}$  versus  $C_A^2$ , maka diperoleh garis lurus. Jika persamaan nomor 2 diintegrasikan, maka diperoleh persamaan:

$$\frac{1}{C_A} = kt + \frac{1}{C_{A_0}} \text{ atau}$$

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{A_0}} = kt$$

Jika diplot antara  $\frac{1}{C_A}$  versus waktu  $t$ , maka diperoleh garis lurus dengan nilai slop =  $k$

### Orde kedua untuk reaksi kimia $A + B \rightarrow C + D$

Pada reaksi kimia:  $A + B \rightarrow C + D$ , maka diperoleh nilai laju reaksi kimia:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A C_B \quad (3)$$

Jika persamaan reaksi kimia nomor (3) diintegrasikan, maka diperoleh persamaan:

$$\frac{1}{a-b} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} = kt$$

Jika diplot antara nilai:

$$\frac{1}{a-b} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \text{ versus waktu } t$$

maka diperoleh hasil garis lurus dengan nilai slop =  $-k$

### Reaksi kimia orde tiga

Jika persamaan reaksi kimia seperti  $A \rightarrow C$  adalah orde tiga untuk reaksi kimia, maka diperoleh laju reaksi kimia adalah:

$$-\frac{dC_A}{dt} = kC_A^3 \quad (4)$$

Jika terjadi konversi, maka laju reaksi kimia menjadi:

$$\frac{dx}{dt} = k(a - x)^3 \quad (5)$$

Jika persamaan nomor (5) diintegrasikan, maka diperoleh nilai:

$$\frac{2ax - x^2}{2a^2(a-x)^2} = kt \quad (6)$$

Jika diplot antar nilai  $\frac{(2ax - x^2)}{2a^2(a-x)^2}$  versus waktu,  $t$ , maka diperoleh garis lurus.

### Reaksi kimia orde nol

Pada reaksi kimia orde nol, maka laju reaksi kimia tidak tergantung pada konsentrasi reaktan.

$$-\frac{dC_A}{dt} = k \quad (7)$$

Jika diplot antara konsentrasi reaktan dengan waktu, maka diperoleh garis lurus.

### Reaksi kimia orde umum

Persamaan umum untuk laju reaksi kimia dengan satu reaktan, maka diperoleh persamaan:

$$\frac{dC_A}{dt} = kC_A^n \quad (8)$$

atau 
$$\frac{dx}{dt} = k(a - x)^n \quad (9)$$

Jika persamaan nomor (9) diintegrasikan, maka diperoleh hasil:

$$\frac{1}{(n-1)} \left( \frac{1}{(a-x)^{n-1}} - \frac{1}{a^{n-1}} \right) = kt$$