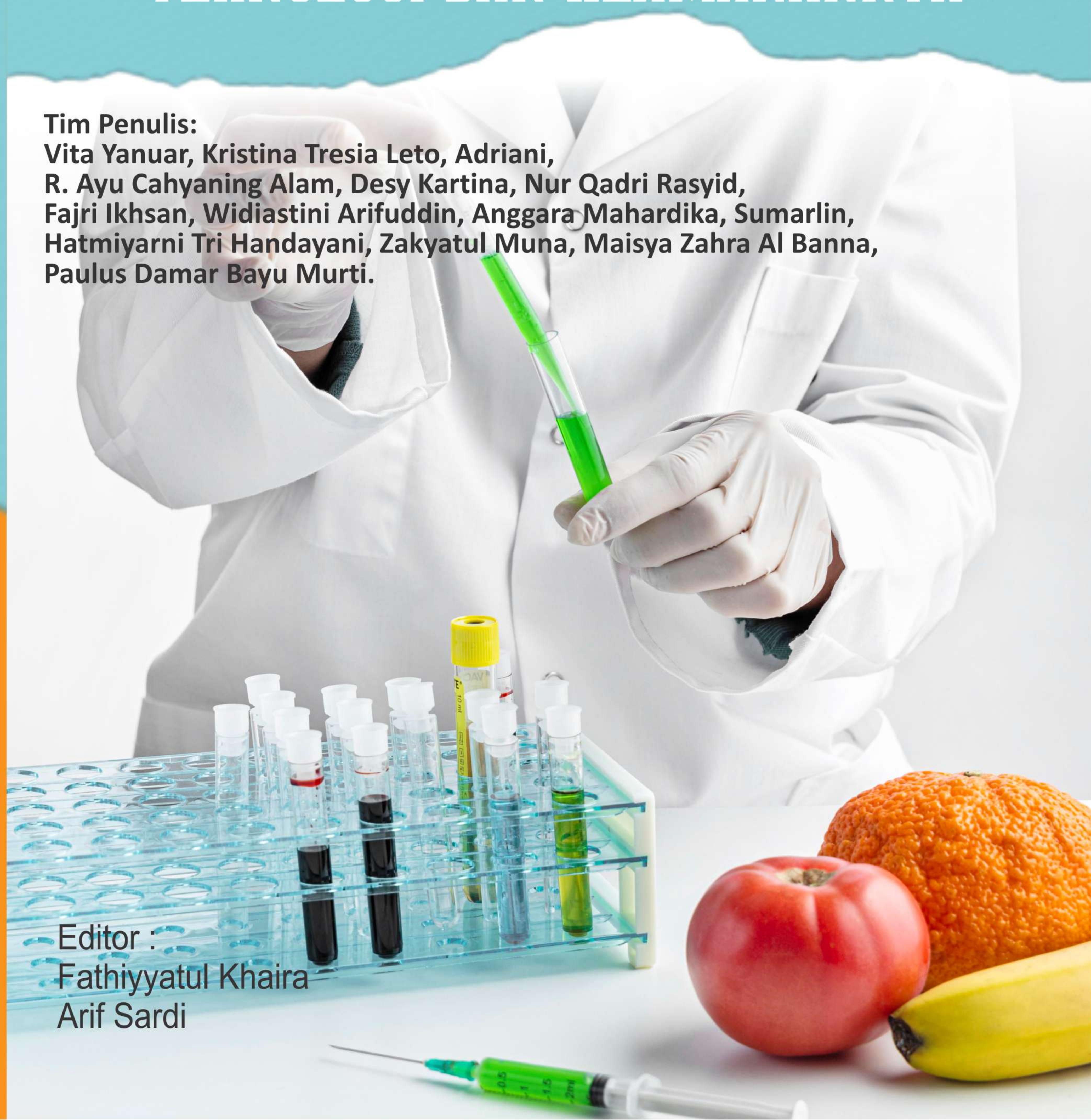


# **BIOKIMIA PANGAN**

## **TEKNOLOGI DAN KEAMANANNYA**

**Tim Penulis:**

**Vita Yanuar, Kristina Tresia Leto, Adriani,  
R. Ayu Cahyaning Alam, Desy Kartina, Nur Qadri Rasyid,  
Fajri Ikhsan, Widiastini Arifuddin, Anggara Mahardika, Sumarlin,  
Hatmiyarni Tri Handayani, Zakyatul Muna, Maisya Zahra Al Banna,  
Paulus Damar Bayu Murti.**



**Editor :**

**Fathiyyatul Khaira  
Arif Sardi**

# **BIOKIMIA PANGAN**

## **TEKNOLOGI DAN KEAMANANNYA**

**Tim Penulis:**

Vita Yanuar, Kristina Tresia Leto, Adriani, R. Ayu Cahyaning Alam,  
Desy Kartina, Nur Qadri Rasyid, Fajri Ikhsan, Widiastini Arifuddin,  
Anggara Mahardika, Sumarlin, Hatmiyarni Tri Handayani,  
Zakyatul Muna, Maisya Zahra Al Banna,  
Paulus Damar Bayu Murti.



## **BIOKIMIA PANGAN (TEKNOLOGI DAN KEAMANANNYA)**

Tim Penulis:

**Vita Yanuar, Kristina Tresia Leto, Adriani, R. Ayu Cahyaning Alam,  
Desy Kartina, Nur Qadri Rasyid, Fajri Ikhсан, Widiastini Arifuddin,  
Anggara Mahardika, Sumarlin, Hatmiyarni Tri Handayani,  
Zakyatul Muna, Maisya Zahra Al Banna,  
Paulus Damar Bayu Murti.**

Desain Cover:  
**Septian Maulana**

Sumber Ilustrasi:  
**www.freepik.com**

Tata Letak:  
**Handarini Rohana**

Editor:  
**Fathiyyatul Khaira  
Arif Sardi**

ISBN:  
**978-623-459-490-4**

Cetakan Pertama:  
**Mei, 2023**

Tanggung Jawab Isi, pada Penulis

---

**Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang  
by Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung**

---

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT:**  
**WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG**  
**(Grup CV. Widina Media Utama)**  
Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas  
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat

**Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020**

Website: [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)

Instagram: @penerbitwidina  
Telepon (022) 87355370

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul Biokimia Pangan (Teknologi Dan Keamanannya) telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan tentang Biokimia Pangan (Teknologi Dan Keamanannya).

Buku ini merupakan salah satu wujud perhatian penulis terhadap Biokimia Pangan (Teknologi Dan Keamanannya). Pemahaman tentang biokimia pangan yang diikuti dengan perkembangan bioteknologi pangan dalam beberapa dekade terakhir menghasilkan produk pangan yang lebih berkualitas, peningkatan gizi manusia serta tingkat keamanan pangan yang lebih baik. Peningkatan pengetahuan ini telah memperkaya pemahaman kita tentang dasar molekuler dari sistem kehidupan dan telah membuka banyak bidang aplikasi baru dalam produksi, pemrosesan, penyimpanan, distribusi, konsumsi, dan keamanan pangan. Memahami biokimia pangan adalah dasar untuk semua penelitian dan pengembangan lainnya di bidang ilmu pangan, teknologi, dan nutrisi.

Buku ini menyajikan informasi mengenai karakteristik dasar dan fungsional bahan pangan yang meliputi: biokima sel, kimia air, protein, karbohidrat, lemak, asam nukleat, enzim, vitamin dan mineral, bioenergetika serta karakteristik bahan pangan. Pada buku ini juga dipaparkan juga teknologi rekayasa enzim, pencernaan dan penyerapan makanan, mikrobiologi dan fermentasi pangan serta keamanan pangan. Dengan demikian, tujuan dari buku ini adalah untuk memberikan gambaran pangan yang terpadu dari sudut pandang biokimia. Penekanan utama adalah pada teknologi, nutrisi, fungsi kesehatan, keamanan pangan dan juga perubahan yang terjadi selama proses pengolahan, penyimpanan, penyiapan, dan konsumsi bahan pangan. Kami percaya bahwa buku ini akan memberikan wawasan berharga dan berfungsi sebagai titik awal bagi para akademisi maupun peneliti dalam mengenal dan mempelajari biokimia pangan.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan “tiada gading yang tidak retak” dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang. Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Mei, 2023

penulis

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
<b>BAB 1 BIOKIMIA SEL.....</b>	<b>1</b>
A. Biologi Sel .....	1
B. Kimia Sel.....	1
C. Konsep Teori Sel .....	2
D. Anatomi dan Fisiologi Sel.....	3
E. Klasifikasi Sel.....	17
<b>BAB 2 KIMIA AIR .....</b>	<b>21</b>
A. Pengertian Air.....	21
B. Karakteristik Air .....	22
C. Larutan Dalam Air .....	23
D. Jenis Air Dalam Bahan Pangan.....	24
E. Aktivitas Air.....	25
F. Kandungan Air .....	26
G. Penggunaan Air Dalam Industri Pangan.....	27
<b>BAB 3 PROTEIN .....</b>	<b>29</b>
A. Asam Amino.....	29
B. Struktur Protein .....	31
C. Sifat Protein .....	32
D. Fungsi Protein.....	32
E. Klasifikasi Protein.....	33
F. Sumber Protein.....	35
G. Pencernaan Protein Dalam Tubuh.....	35
H. Defisiensi Protein.....	36
I. Uji Kualitatif Protein .....	37
<b>BAB 4 KARBOHIDRAT .....</b>	<b>39</b>
A. Definisi Karbohidrat.....	39
B. Jenis-Jenis Karbohidrat .....	39
C. Metabolisme Karbohidrat .....	47
D. Energi Yang Dihasilkan Pada Metabolisme Karbohidrat .....	50
<b>BAB 5 LEMAK .....</b>	<b>51</b>
A. Trigliserida .....	52
B. Fosfolipid .....	53
C. Degradasi Lemak Pada Makanan.....	53
D. Autoksidasi .....	54
E. Lemak Dalam Hidangan Laut .....	55
F. Lemak Dalam Buah .....	58
G. Metabolisme Lemak .....	58
<b>BAB 6 VITAMIN DAN MINERAL .....</b>	<b>61</b>
A. Vitamin .....	61
B. Mineral .....	74

<b>BAB 7 ASAM NUKLEAT .....</b>	<b>77</b>
A. Nukleotida dan Nukleosida .....	78
B. Struktur Asam Nukleat .....	85
<b>BAB 8 ENZIM .....</b>	<b>97</b>
A. Struktur Enzim .....	98
B. Penamaan dan Klasifikasi Enzim.....	99
C. Mekanisme Kerja Enzim .....	102
D. Kofaktor .....	105
E. Inhibitor Enzim .....	106
F. Konsentrasi Substrat Mempengaruhi Kerja Enzim.....	107
G. Enzim Memiliki pH Optimum.....	109
H. Tetapan Michaelis-Menten .....	110
I. Hewan, Tumbuhan, dan Mikroorganisme Sebagai Sumber Enzim .....	113
<b>BAB 9 TEKNOLOGI REKAYASA ENZIM.....</b>	<b>115</b>
A. Penamaan Enzim .....	116
B. Struktur Enzim .....	117
C. Teori Katalisis dan Mekanisme Enzim .....	118
D. Produksi Enzim .....	119
E. Rekayasa Enzim .....	120
F. Imobilisasi Enzim .....	121
<b>BAB 10 BIOENERGETIKA .....</b>	<b>125</b>
A. Bioenergetika dan Termodinamika .....	125
B. Bioenergetika dan Metabolisme Sel.....	127
C. Bagaimana Sel Memperoleh Energi Dari Makanan?.....	128
D. Peran ATP .....	132
E. Mekanisme Fosforilasi Oksidatif dan Transport Elektron .....	133
F. Molekul “Tinggi-Energi”.....	137
<b>BAB 11 KARAKTERISTIK BAHAN PANGAN .....</b>	<b>141</b>
A. Karakteristik Fisik Bahan Pangan .....	142
B. Karakteristik Kimia Bahan Pangan .....	143
C. Karakteristik Fisiologis Bahan Pangan .....	148
<b>BAB 12 PENCERNAAN DAN PENYERAPAN PANGAN.....</b>	<b>151</b>
A. Alat Pencernaan Makanan .....	151
B. Proses Pencernaan dan Penyerapan Makanan .....	153
<b>BAB 13 MIKROBIOLOGI DAN FERMENTASI PANGAN .....</b>	<b>157</b>
A. Mikroorganisme Dalam Fermentasi Bahan Pangan .....	159
B. Tipe-Tipe Fermentasi.....	164
C. Taksonomi Sebagai Alat Bantu Mengungkap Keragaman Mikroorganisme Dalam Produk Fermentasi .....	168
<b>BAB 14 KEAMANAN PANGAN.....</b>	<b>169</b>
A. Pengertian Keamanan Pangan.....	169
B. Bahaya Pangan .....	170
C. Kondisi Keamanan Pangan di Indonesia .....	173
D. Higiene Sanitasi .....	174
E. Manajemen Mutu Pangan Terpadu .....	175

F. Analisis Risiko.....	176
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>178</b>
<b>PROFIL PENULIS .....</b>	<b>190</b>



## BIOKIMIA SEL

---

Ilmu biokimia menghubungkan ilmu biologi dan kimia untuk menggambarkan bagaimana kehidupan berfungsi (Hawab, 2003). Biokimia berkaitan dengan struktur dan fungsi komponen seluler seperti protein, karbohidrat, lipid, asam nukleat, dan komponen lainnya. Biokimia adalah ilmu yang mempelajari sifat-sifat kimia dan biologi dari zat-zat penyusun sel, termasuk zat kimia, reaksi kimia, dan interaksi kimia yang berlangsung pada makhluk hidup.

### A. BIOLOGI SEL

Sel merupakan unit terkecil penyusun kehidupan (Sipayung, 2003). Semua makhluk hidup termasuk tumbuhan dan hewan disusun oleh sel. Tubuh manusia tersusun dari sekitar  $10^{14}$  sel atau 10 trilyun sel. Sel terdiri atas sitoplasma dan sitosol atau organel sel. Tiap sel dikelilingi oleh membran tipis yang membuatnya terpisah satu dengan yang lain, disebut selaput sel. Organel merupakan benda padat di dalam sel yang memiliki fungsi berbeda.

Umumnya, sel-sel dalam tubuh mengalami reaksi kimia. Komponen paling kecil dari organisme yang memiliki fungsi biologis adalah sel. Banyak jaringan, termasuk epitel, jaringan ikat, otot, dan jaringan saraf, tersusun oleh sel. Sel umumnya memiliki kemampuan untuk menyerap nutrien, mengoksidasi bahan bakar, mengeliminasi zat yang sulit dicerna, serta tumbuh dan bereproduksi. Selain itu, sel terus mensintesis zat baru, memindahkan zat, dan menghasilkan panas (Ischak dkk., 2017).

### B. KIMIAWI SEL

Suatu organisme disusun oleh sel yang terdiri dari senyawa-senyawa organik dan empat molekul besar yang disebut makromolekul. Keempat makromolekul tersebut dikenal juga sebagai biomolekul. Hal ini karena molekul-molekul tersebut sebagai penyusun suatu makhluk hidup, baik organisme sederhana maupun yang paling kompleks. Keempat molekul tersebut adalah protein, asam nukleat, karbohidrat, dan lipid yang merupakan bahan dasar pembangun sel atau organisme hidup (Hawab, 2003).

Setiap biomolekul memiliki karakteristik berdasarkan bentuk dan fungsinya. Biomolekul disusun oleh senyawa-senyawa sederhana yang disebut mikromolekul. Contohnya protein, disusun oleh 20 asam amino, asam nukleat disusun oleh delapan komponen utama, karbohidrat disusun oleh tiga monosakarida utama, dan lipid disusun oleh tujuh komponen utama



## KIMIA AIR

---

Kita sering mendengar ungkapan, “tanpa air, kehidupan di muka Bumi ini tidak mungkin pernah ada”. Terlepas dari akurat tidaknya pernyataan di atas, ungkapan seperti ini sebenarnya hendak menggambarkan betapa krusialnya peranan air bagi kehidupan organisme. Bagi tumbuhan, misalnya, air mutlak diperlukan untuk proses fotosintesis. Tumbuhan memerlukan air dan energi cahaya untuk menghasilkan makanan dan melepaskan O<sub>2</sub> ke atmosfer. Pengalaman empiris kita menunjukkan bahwa manusia dan hewan jelas tidak dapat hidup tanpa air. Manusia, tumbuhan dan hewan membutuhkan air untuk melakukan sekresi, mengaliri sel, melarutkan mineral, melakukan impuls, dan untuk proses pelarutan kalsium dalam tulang. Singkatnya, tanpa keberadaan air, kelangsungan hidup seluruh makhluk hidup sudah pasti akan terancam.

Pentingnya peranan air yang lain dapat dijumpai dalam reaksi biokimia bahan pangan yang mana air berperan vital terutama dalam menentukan sifat-sifat makromolekul bahan pangan. Air dalam bentuk mineral sangat dibutuhkan oleh bahan makanan dan garam agar dapat bersirkulasi dengan baik dan dapat pecah dan bergabung dengan cairan lainnya. Masih terdapat banyak contoh lain yang menggambarkan betapa krusialnya peranan air dalam kehidupan kita.

Dalam bagian ini akan dibahas beberapa poin penting yang berkaitan dengan Kimia Air antara lain mengenai Pengertian Air, Sifat Kimia dan Fisika Air, Kualitas Air, Larutan dalam Air, Bentuk Air dalam Bahan Pangan, Tipe Air, Aktivitas Air, Kadar Air, dan Penggunaan Air dalam Industri Pangan.

### A. PENGERTIAN AIR

Air atau H<sub>2</sub>O terbentuk dari molekul kimia yang memiliki struktur yang sederhana, yaitu terdiri dari sebuah atom O dan dua atom H. Berdasarkan strukturnya, molekul air terbentuk dari ikatan kovalen antara sebuah atom O dan dua atom H (terdapat dua ikatan kovalen). Pada ikatan kovalen ini, posisi kedua atom H dan sebuah atom O sedemikian sehingga sudut HOH yang terbentuk hampir mendekati 105° (**Gambar 2.1**). Berdasarkan distribusi electron, oksigen yang ada pada molekul air akan jauh lebih kaya elektron dibandingkan dengan hidrogen. Distribusi elektron juga dipengaruhi oleh perbedaan keelektronegatifan. Sifat keelektronegatifan atom O lebih besar dibandingkan dengan atom hidrogen sehingga elektron pada atom hidrogen akan lebih tertarik ke atom oksigen.



## PROTEIN

---

Protein adalah salah satu makronutrien yang dibutuhkan oleh makhluk hidup termasuk manusia. Hal ini disebabkan karena protein terlibat dalam sejumlah proses metabolisme dan fisiologi tubuh manusia seperti metabolisme lemak dan karbohidrat, menjaga sistem imun dan membentuk struktur tubuh. Selain itu protein merupakan elemen penyusun sel yang fungsional pada setiap makhluk hidup. Apabila tubuh kekurangan protein maka akan rentan terhadap sejumlah penyakit dan juga terjadi gangguan metabolisme.

Protein tersusun atas sejumlah asam amino yang saling berikatan dan dihubungkan dengan ikatan peptida. Apabila terjadi hidrolisis protein di dalam tubuh, maka asam amino akan terlepas dari ikatan peptida dan diserap oleh pembuluh darah untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Jumlah protein yang dibutuhkan setiap orang berbeda tergantung usia, berat badan, jenis kelamin, aktivitas fisik, *lifestyle* dan kondisi kesehatan. Setiap hari orang dewasa membutuhkan protein sebanyak 0,8-1,0 gram per berat tubuh (kg), ibu hamil (1,1 gr/kg), ibu menyusui (1,3 gr/kg) dan bayi yang baru lahir (1,2-1,52 g/kg) (IOM, 2005). Melihat peran penting dari protein, maka bab ini akan membahas lebih jauh mengenai komponen penyusun protein yaitu asam amino, sifat dan jenis protein serta metabolism protein dalam tubuh.

### A. ASAM AMINO

Asam amino merupakan komponen utama penyusun protein. Asam amino sendiri merupakan senyawa organik yang memiliki gugus karboksilat (-COOH), rantai samping (gugus R), hidrogen (H) dan amina (NH<sub>2</sub>), terkadang juga memiliki gugus hidroksil (OH) atau belerang (S). Keberadaan atom N pada gugus asam amino menjadi ciri khas protein dan tidak ditemukan pada karbohidrat maupun lemak. Terdapat lebih dari 300 jenis asam amino yang terdapat di alam, namun hanya 20 asam amino yang mampu mensintesis protein. Asam amino tersebut terdiri atas asam amino esensial dan non esensial.

Asam amino esensial adalah asam amino yang diperoleh dari makanan karena tubuh tidak mampu mensintesis asam amino tersebut. Sebaliknya, asam amino non esensial adalah asam amino yang tidak diperoleh dari makanan karena dapat disintesis oleh tubuh. Contoh asam amino esensial dan non esensial dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.



## KARBOHIDRAT

---

### A. DEFINISI KARBOHIDRAT

Polihidroksi aldehida dan polihidroksi keton atau zat yang diubah, menjadi turunan dari senyawa ini disebut juga dengan Karbohidrat. Karbohidrat adalah aldehida ( $C_2H_4O$ ), apabila oksigen karbonil terikat pada salah satu karbon terminal dan keton ( $C=O$ ) serta oksigen karbonil terikat pada karbon internal. Karbohidrat adalah padatan putih yang larut dengan pelarut anorganik tetapi mudah larut dengan air (kecuali beberapa sakarida). Selain itu, karbohidrat juga dikenal sebagai sakarida. Rumus kimia Karbohidrat yaitu  $C_n(H_2O)_n$ . Karbohidrat diproduksi oleh tumbuhan melalui fotosintesis (Raharjo, 2008). Glukosa yang merupakan karbohidrat tersusun atas karbon dioksida dan air yang memanfaatkan cahaya matahari serta klorofil daun (Ischak dkk., 2017). Selain itu, karbohidrat juga terdapat pada hewan bermanfaat untuk sumber energi pada metabolismenya (Sediaoetama, 2004). Karbohidrat secara umum banyak berasal dari tanaman dan sedikit bersumber dari hewan (Afriza dan Ismanilda, 2019). Dalam jaringan tanaman dan hewan, karbohidrat tersebar sebagai senyawa penyusun struktur tanaman (kitin, selulosa, mannan dan xilan) atau cadangan makanan (pati) (Feri, 2020).

### B. JENIS-JENIS KARBOHIDRAT

Karbohidrat dibagi menjadi empat kelompok utama yang terdiri dari monosakarida, disakarida, oligosakarida, dan polisakarida.

#### 1. Monosakarida

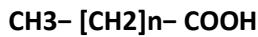
Gula sederhana atau biasa disebut monosakarida merupakan karbohidrat paling sederhana dan tidak bisa dihidrolisis. Monosakarida bersifat larut air (polar) dan tidak larut dengan pelarut non polar umumnya berbentuk padatan tidak berwarna. Struktur monosakarida tersusun atas gugus aldehid dan keton dengan dua atau lebih gugus hidroksil. Umumnya monosakarida memiliki rasa manis. Rumus empiris monosakarida yaitu  $(CH_2O)_n$ , di mana n sama dengan 3 atau lebih besar. Berdasarkan jumlah atom karbon dalam molekulnya, Monosakarida digolongkan menjadi triplet (3 C), tetrosa (4 C), pentosa (5 C), heksosa (6 C), dan heptosa (7 C). Monosakarida berdasarkan gugus fungsi karbonilnya, digolongkan atas aldosa yang mempunyai gugus aldehida dan ketosa yang mempunyai gugus keton (Kurniawati & Banowati, 2017). Gliseraldehida yang merupakan aldosa paling sederhana tersusun tiga atom karbon sedangkan dihidroksiaseton merupakan ketosa paling sederhana (Wibawa, 2017).



## LEMAK

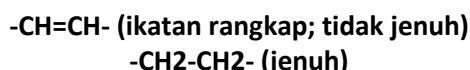
---

Lemak (lipid) adalah bahan organik yang memiliki sifat tidak larut atau sangat sedikit larut dalam air. Mereka merupakan bagian penting dari seluruh membran organisme, substitusi lipoprotein dan menjadi sumber energi utama bagi hewan. Dasar dari lemak adalah asam lemak (AL), yaitu rantai hidrokarbon sederhana dengan ukuran yang beragam dan memiliki gugus asam karboksilat pada ujung satunya. Karbon karboksilat ini diidentifikasi sebagai karbon nomor satu (C1).



Nama asam lemak biasanya ditentukan berdasarkan jumlah karbon dalam rantai hidrokarbon mereka. Contohnya, asam lemak yang memiliki empat karbon disebut asam butanoat, sedangkan asam lemak dengan lima karbon disebut asam pentanoat. Asam lemak dengan enam karbon disebut asam heksanoat, dan seterusnya. Sistem penamaan menggunakan angka digit, dimana angka pertama menunjukkan jumlah karbon dan angka kedua menunjukkan jumlah ikatan rangkap. Contohnya, asam lemak 16:0 adalah asam heksadekanoat, sedangkan 16:1 menjadi asam heksadekenoat. 16:2 disebut asam heksadekadienoat, yang menunjukkan dua ikatan rangkap, dan 16:3 disebut asam heksadekatrienoat. Untuk menunjukkan posisi ikatan rangkap, konvensi menggunakan sistem seperti 7-heksadekenoat, jika asam 16:1 memiliki ikatan rangkap antara C7 dan C8.

Saat ini, istilah 'omega' sering digunakan dalam menyebutkan asam lemak. Dalam hal ini, ujung metil dalam asam lemak disebut karbon omega ( $\omega$ ). Oleh karena itu, asam 9,12-oktadekadienoat (18:2) menjadi 18:2 $\omega$ -6 karena ikatan rangkap pertama terletak enam karbon dari karbon  $\omega$ . **Tabel 5.1** memperlihatkan beberapa asam lemak yang umum dan karakteristik panjang serta ikatan rangkap mereka. Dalam membahas asam lemak, istilah "ikatan rangkap sederhana" mengacu pada kurangnya hidrogen dalam melewati ikatan hidrokarbon.



Secara bentuk geometri, ikatan rangkap dapat berupa cis atau trans. Konfigurasi cis bersifat alami, memiliki bentuk lebih besar dan rentan terhadap oksidasi. Sedangkan konfigurasi trans memiliki bentuk yang lebih linier dan mirip dengan asam lemak jenuh, namun tidak ditemukan dalam alam (**Gambar 5.1**).



## VITAMIN DAN MINERAL

---

Nutrisi dikelompokkan menjadi dua kelas utama yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah banyak sedangkan mikronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil. Makronutrien seperti karbohidrat, protein, dan lipid menyediakan molekul untuk aktivitas struktural dan metabolisme tubuh manusia, sedangkan mikronutrien (vitamin dan mineral) sangat penting untuk berfungsiannya tubuh. Kebutuhan mikronutrien tergantung pada aktivitas metabolisme serta pada siklus hidup individu (Akram dkk., 2020). Bahkan dalam kehidupan intrauterin, kebutuhan mikronutrien sangat penting untuk perkembangan normal janin. Secara khusus, kekurangan vitamin D, yodium, zat besi, dan asam folat dapat menyebabkan kelainan bawaan atau bahkan kematian. Kebutuhan harian mikronutrien ini tidak tetap, meskipun banyak makalah ilmiah telah menyebutkan kebutuhan harian berbagai vitamin dan mineral. Faktor-faktor seperti latihan fisik, kehamilan, masa kanak-kanak, remaja, usia tua, atau pola makan tertentu mempengaruhi kebutuhan zat gizi mikro. Oleh karena itu, mempelajari mikronutrien dan konsekuensi defisiensi mikronutrien sangat penting untuk menjelaskan perannya dalam kesehatan dan penyakit (Derbyshire, 2018).

### A. VITAMIN

Vitamin adalah kelompok nutrient organik yang dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk berbagai fungsi biokimia dan umumnya tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus dipasok dari makanan (Murray, 2002). Istilah "vitamin" berasal dari kata vital dan amine, karena vitamin diperlukan untuk kehidupan dan pada awalnya dianggap sebagai amina. Meskipun tidak semua vitamin memiliki gugus amina, vitamin adalah senyawa organik yang dibutuhkan manusia dalam jumlah kecil dari makanan, namun jika tubuh mengalami kekurangan vitamin maka akan menyebabkan gejala defisiensi yang nyata. Hingga saat ini, 13 vitamin esensial telah diidentifikasi yang terdiri dari vitamin larut dalam air dan vitamin yang larut lemak. Vitamin yang larut dalam lemak adalah vitamin A, D, E, dan K. Vitamin yang larut dalam air adalah vitamin C dan vitamin B kompleks, yang meliputi vitamin B1 (thiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin), B5 (asam pantotenat), B6 (piridoksin), B12 (sianokobalamin), biotin, dan asam folat (Yildiz, 2010).

#### 1. Vitamin Larut-Lipid

Vitamin yang larut dalam lemak dapat disimpan di dalam tubuh dan karenanya dapat terakumulasi. Mereka tidak mudah rusak oleh panas selama pemasakan atau pengolahan atau melalui paparan udara. Sebaliknya, vitamin yang larut dalam air biasanya tidak menumpuk di



## ASAM NUKLEAT

---

Asam nukleat merupakan salah satu biomolekul yang sangat penting bagi makhluk hidup. Asam nukleat berfungsi dalam penyimpanan dan pewarisan informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya. Warna mata, berat badan, kadar gula darah, warna buah dan daun, serta kandungan protein dalam suatu tumbuhan atau buah, merupakan sifat-sifat makhluk hidup yang diwariskan secara turun-temurun dari nenek moyang makhluk hidup tersebut melalui asam nukleat. Ada dua jenis asam nukleat yaitu *deoxyribonucleic acid* (DNA) dan *ribonucleic acid* (RNA). Sifat-sifat yang tersimpan di dalam DNA ditranskripsikan menjadi RNA dan kemudian ditranslasikan menjadi protein. Protein yang dihasilkan melalui translasi RNA tersebut akan mewujudkan sifat-sifat yang tersimpan di dalam DNA, seperti membuat warna buah menjadi kuning dan rasa buah menjadi manis.

Penemuan asam nukleat pertama kali dilakukan oleh seorang ahli biokimia kelahiran Swiss yang mendalami histokimia, Friedrich Miescher, pada tahun 1869 (Poedjiadi & Supriyanti, 2006). Miescher memulai karir penelitiannya dengan belajar dan bergabung di laboratorium ahli biokimia ternama saat itu yang bernama Felix Hoppe-Seyler di Tubingen, Jerman. Berdasarkan saran dari Hoppe-Seyler, Miescher melakukan penelitian komposisi kimia sel dengan menggunakan sel leukosit dari nanah yang didapat dari sebuah perban bedah. Dalam prosesnya, dia tertarik pada sebuah endapan yang larut jika ditambahkan basa namun mengendap kembali ketika ditambahkan asam. Selama proses isolasinya, Miescher menyadari bahwa endapan tersebut bukanlah protein. Dikarenakan Miescher mendapatkan endapan tersebut dari inti sel, maka dia menyebut endapan tersebut dengan nama "*nuclein*" yang saat ini dikenal dengan nama *deoxyribonucleic acid* (DNA) (Dahm, 2005).

Pada tahun 1944, Oswald Avery membuktikan bahwa DNA adalah pembawa kode genetik dari organisme (Avery dkk., 1944). Mengikuti penemuan Avery, di awal tahun 1950, Maurice Wilkins dan Rosalind Franklin bekerja untuk menentukan struktur molekul DNA (Wilkins, 2003). Dalam percobaannya itu, Wilkins dan Franklin berhasil mendapatkan pola X-Ray dari sampel DNA yang mereka teliti. Namun sayang, Wilkins dan Franklin tidak bisa menentukan struktur molekul DNA yang mereka harapkan. Namun pada tahun 1953, dua orang ilmuwan yang bernama James Dewey Watson dan Francis Harry Compton Crick berhasil memecahkan misteri struktur molekul DNA tersebut. Menariknya, di dalam artikel yang di publikasi pada jurnal *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* tahun 1953 tersebut, Watson dan Crick justru menggunakan pola X-Ray yang didapatkan oleh Wilkins dan Franklin (Watson dan Crick, 1953). Pada artikel inilah Watson dan Crick menjelaskan dan menggambarkan secara diagrammatik



## ENZIM

---

Secara historis, katalisis biologis telah digunakan oleh umat manusia selama ribuan tahun, sejak fermentasi ditemukan sebagai proses pembuatan bir dan pembuatan roti di Mesir kuno. Gagasan enzim sebagai biokatalis awalnya diperkenalkan pada tahun 1833 ketika adanya penemuan tentang konversi pati menjadi gula yang dikatalisis oleh diastase. Pada tahun 1897 Eduard Buchner juga menerangkan bahwa ekstrak bebas sel dari ragi yang tidak mengandung sel hidup mampu melakukan fermentasi gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Eduard Buchner mengatakan bahwa spesies yang disebut 'zimase' ditemukan dalam sel ragi yang berperan dalam proses fermentasi. Jalur biokimia dalam fermentasi kemudian dijelaskan oleh Embden dan Meyerhof. Pada abad ke-20 para ilmuwan mengembangkan metode isolasi dan pemurnian serta karakterisasi enzim. Para ilmuan juga telah menemukan potensi enzim dalam berbagai bidang seperti industri, teknologi, dan kedokteran.

Dari semua fungsi protein, katalisis enzim salah satu fungsi yang paling penting. Tanpa katalisis enzim, proses kimiawi untuk menopang kehidupan akan berjalan sangat lambat. Enzim mengkatalisis reaksi yang terlibat dalam semua aspek kehidupan seluler yaitu metabolisme, biosintesis (bagaimana sel membuat molekul baru), detoksifikasi (penguraian bahan kimia asing/beracun), dan penyimpanan informasi (pemrosesan asam deoksiribonukleat (DNA)). Dalam sel mana pun terdapat beberapa ribu enzim yang berbeda, masing-masing mengkatalisis reaksi spesifiknya. Produksi enzim dikendalikan oleh DNA sel, baik dari segi struktur spesifik enzim tertentu dan jumlah yang dihasilkan. Jadi sel-sel yang berbeda dalam organisme yang sama memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai jenis dan jumlah enzim yang berbeda sesuai dengan kebutuhan sel. Karena sebagian besar reaksi biokimia yang terlibat dalam kehidupan seluler adalah umum untuk semua organisme, enzim tertentu biasanya akan ditemukan di banyak atau di semua organisme, meskipun dalam bentuk dan jumlah yang berbeda (Bugg, 2009). Dengan melihat dari dekat struktur enzim dari berbagai organisme yang mengkatalisis reaksi yang sama, dalam banyak kasus kita dapat melihat kesamaan. Kesamaan ini disebabkan oleh evolusi dan diverensiasi spesies melalui seleksi alam. Jadi dengan meneliti secara dekat persamaan dan perbedaan enzim dari spesies yang berbeda kita dapat melacak jalannya evolusi molekuler, serta mempelajari tentang struktur dan fungsi enzim itu sendiri. Perkembangan terkini dalam biokimia, biologi molekuler dan sinar-X kristalografi memungkinkan mempelajari cara kerja enzim pada tingkat molekuler. Saat ini, kemampuan untuk menentukan urutan asam amino enzim relatif mudah dan teknologi untuk mengetahui



## TEKNOLOGI REKAYASA ENZIM

---

Enzim memiliki peran penting dalam industri pangan karena mereka dapat digunakan untuk mempercepat atau meningkatkan reaksi kimia dalam proses produksi makanan (Pang dkk., 2021). Beberapa contoh peran enzim dalam industri pangan antara lain (Raveendran dkk. 2018):

1. Pengolahan buah dan sayuran: Enzim dapat digunakan untuk membantu mempercepat proses pematangan buah dan sayuran, dan juga dapat digunakan untuk memecah selulosa dan lignin dalam tanaman yang lebih sulit dipecah, sehingga hasilnya lebih mudah diolah.
2. Pembuatan roti: Enzim yang disebut amilase digunakan dalam pembuatan roti untuk memecah pati menjadi glukosa, yang kemudian digunakan sebagai sumber energi untuk ragi, sehingga roti menjadi lebih empuk dan berpori.
3. Pengolahan susu: Enzim dapat digunakan dalam produksi keju untuk membantu mengubah protein dalam susu menjadi keju yang berbeda, seperti keju *cheddar* atau *mozzarella*.
4. Produksi gula: Enzim yang disebut invertase digunakan dalam produksi gula untuk membantu memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, sehingga gula menjadi lebih mudah larut dan digunakan dalam berbagai aplikasi makanan.
5. Produksi bir dan anggur: Enzim dapat digunakan dalam produksi bir dan anggur untuk membantu memecah gula dalam bahan baku menjadi alkohol, sehingga alkohol dapat dihasilkan dalam jumlah yang lebih tinggi dan lebih cepat. Enzim juga dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan makanan, meningkatkan rasa dan aroma, dan menghasilkan produk makanan yang lebih konsisten dan berkualitas tinggi.

Oleh karena itu, penggunaan enzim dalam industri pangan telah menjadi bagian penting dari produksi makanan dan minuman modern.

Meskipun enzim memberikan banyak manfaat dalam industri pangan, namun ada beberapa permasalahan yang terkait dengan penggunaannya (Susanti dan Fibriana. 2017), di antaranya:

1. Biaya: Enzim murni memiliki biaya yang relatif tinggi dan dapat mempengaruhi biaya produksi makanan. Selain itu, pemurnian enzim untuk keperluan industri juga membutuhkan investasi dan sumber daya yang signifikan.
2. Kontaminasi: Enzim bisa menjadi sumber kontaminasi jika tidak diproses atau disimpan dengan benar. Bakteri atau jamur dapat tumbuh pada enzim yang tidak tersimpan dengan benar dan dapat menyebabkan kerusakan pada produk makanan.
3. Pengendalian Kualitas: Penggunaan enzim dalam industri pangan memerlukan pengendalian kualitas yang ketat untuk memastikan konsistensi dan kualitas produk makanan. Kesalahan



## BIOENERGETIKA

---

Bagaimana kita menghasilkan energi dari makanan yang kita konsumsi dan bagaimana kita dapat memilih makanan yang tepat berdasarkan tingkat aktivitas kita? Bioenergetika merupakan proses konversi senyawa makanan seperti karbohidrat, lemak, dan protein menjadi bentuk energi yang dapat dimanfaatkan, yaitu adenosin trifosfat atau ATP.

Bioenergetika berhubungan langsung dengan metabolisme, dan metabolisme adalah jumlah dari semua transformasi energi yang terjadi di dalam tubuh. Hal ini dapat berupa apa saja, mulai dari mengaktifkan protein tertentu hingga membantu sistem kekebalan tubuh kita berfungsi dengan baik. Semua proses ini membutuhkan energi.

Bioenergetika adalah cabang ilmu biokimia yang mempelajari tentang energi dalam sel dan bagaimana energi tersebut digunakan dan dikonversikan dalam sel dan organisme. Dalam kajian biokimia pangan, bioenergetika mempelajari tentang bagaimana makanan yang kita konsumsi mengandung energi dan bagaimana energi tersebut diteruskan dan disimpan dalam tubuh. Studi ini juga membahas tentang bagaimana proses metabolisme dalam mengubah makanan menjadi energi yang dapat digunakan oleh tubuh untuk berbagai aktivitas.

Energi dalam sel hidup berasal dari makanan yang dikonsumsi oleh sel dan diteruskan melalui proses metabolisme. Proses metabolisme terdiri dari beberapa reaksi kimia yang memecah senyawa makanan menjadi zat-zat yang lebih sederhana dan menghasilkan energi. Energi tersebut digunakan untuk berbagai aktivitas sel seperti pembentukan protein, pergerakan, dan pemeliharaan struktur sel. Beberapa sumber energi utama dalam sel hidup meliputi glukosa, asam lemak, dan asam amino. Energi ini dikonversikan menjadi ATP, yang merupakan sumber energi utama bagi sel.

### A. BIOENERGETIKA DAN TERMODINAMIKA

Bioenergetika dan termodinamika merupakan dua bidang ilmu yang saling terkait dalam mempelajari energi dalam sistem biologis. Bioenergetika mengkaji bagaimana senyawa makanan diubah menjadi ATP dalam tubuh, sedangkan termodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang perubahan energi dan hukum-hukum termodinamika yang mengatur perubahan tersebut. Termodinamika dapat digunakan untuk mengukur dan memahami jumlah energi yang ada dalam sistem biologis serta arah dari reaksi kimia yang terjadi.

Ada dua hukum termodinamika yang berkaitan dengan bioenergetika, yaitu hukum pertama dan kedua. Hukum pertama termodinamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat berubah bentuk. Dalam tubuh, energi yang terdapat dalam



## KARAKTERISTIK BAHAN PANGAN

---

Dalam kehidupan sehari-hari manusia tidaklah lepas dengan pangan, karena sangat dibutuhkan dalam menunjang kebutuhan hidupnya. Pengetahuan mengenai pangan dan bahan pangan perlu digali sebanyak mungkin oleh konsumen supaya tidak salah dalam memilih bahan pangan apa yang akan diolah untuk dikonsumsi. Pemilihan bahan pangan yang tepat akan mewujudkan atau memperoleh hasil olahan pangan yang bermutu dan berkualitas. Pangan yang bermutu dan berkualitas inilah yang dibutuhkan oleh konsumen, karena mutu sangat penting dan melekat pada bahan pangan. Untuk menentukan mutu bahan pangan itu baik, konsumen haruslah paham betul mengenai karakteristik bahan pangan. Karakteristik bahan pangan terdiri dari karakteristik fisik, kimia, dan fisiologis.

Karakteristik fisik bahan pangan dapat diartikan sebagai sifat dari bahan pangan yang berkaitan dengan analisis fisiknya. Karakteristik bahan pangan ini yang pertama kali dapat dilihat oleh konsumen karena berkaitan dengan panca indera manusia. Karakteristik bahan pangan mencakup dari sifat fisik bahan pangan itu sendiri, seperti densitas nyata, ukuran, diameter, densitas Kamba, bentuk bahan pangan, struktur bahan pangan, tekstur bahan pangan, warna, sifat optic, penampakan, serta yang berkaitan dengan panas laten, panas jenis, konduktivitas, dan difusivitas panas. Karakteristik fisik yang ada dalam bahan pangan dapat berlanjut ke arah sifat mekanik, diantaranya rheologi, elastisitas, dan viskositas. Bahan pangan yang berkaitan dengan pengikatan air dapat digolongkan sebagai karakteristik fisik, yaitu sifat hidrasi.

Pengetahuan akan karakteristik fisik bahan pangan sangatlah penting diketahui dan dipahami sebelum alat dan mesin tersebut didesain, contohnya: bentuk dari bahan pangan, ukuran, warna, berat, porositas, kadar air dan densitas. Kualitas bahan pangan tetap bisa terjaga dengan baik apabila telah mengetahui karakteristik fisiknya sehingga dapat menentukan perlakuan yang akan dilakukan terhadap bahan pangan tersebut (Alekawa, 2008).

Karakteristik kimia bahan pangan biasanya dikaitkan dengan nilai hasil analisis bahan pangan tersebut atau nilai gizi dan kandungan senyawa penting lainnya yang ada pada bahan pangan tersebut. Perlunya mempelajari tentang karakteristik kimia suatu bahan pangan dikarenakan untuk menentu proses pengolahan yang baik dan tepat, memperkirakan kemungkinan kerusakan yang terjadi, dan mencegah adanya bahan pangan yang rusak. Kandungan atau komposisi kimia yang ada pada bahan pangan, diantaranya karbohidrat, minyak atsiri, vitamin, mineral makro dan mikro, protein, lipid, dan sebagainya.



## PENCERNAAN DAN PENYERAPAN PANGAN

---

Jika berbicara tentang makhluk hidup, maka tidak terlepas dari kebutuhan pangan yang harus dipenuhi. Organisme heterotrof membutuhkan makanan untuk mendapatkan sumber energi dan bertahan hidup. Makanan tersebut melalui proses pencernaan dan penyerapan dalam saluran pencernaan. Saluran pencernaan manusia dewasa berupa tabung sepanjang sekitar 15 kaki yang dimulai dari mulut dan mengalir ke anus. Prinsip umum dari sistem pencernaan adalah mengolah makanan yang dicerna menjadi bentuk molekul dan didistribusikan melalui sistem peredaran darah ke berbagai sel di tubuh.

Secara umum, terdapat tiga fungsi makanan yang diperuntukkan untuk makhluk hidup yaitu sebagai berikut: 1) penghasil sumber energi yang dibutuhkan oleh makhluk hidup; 2) bahan *scaffolding* biosintetik atau dikenal sebagai komponen sel dan jaringan tubuh; dan 3) nutrisi penting sebagai pendukung peran biologis pada makhluk hidup. Ketiga tugas ini akan diselesaikan jika pilihan makanan yang dikonsumsi dibuat dengan benar. Oleh karena itu, pemilihan makanan adalah bagian terpenting.

Pencernaan adalah proses pemecahan makanan untuk penyerapan di saluran pencernaan. Proses pencernaan meliputi 1) asupan makanan; 2) mengunyah; 3) menelan; 4) pencernaan; dan 5) pembuangan sisa-sisa pencernaan. Hasil penyerapan makanan akan memasuki sistem aliran darah dan digunakan dalam proses metabolism pada sel menjadi energi, bahan pembangun, da molekul fungsional.

### A. ALAT PENCERNAAN MAKANAN

Sistem pencernaan manusia terdiri berdasarkan beberapa organ, mulai dari rongga mulut, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, rektum, dan anus.

#### Rongga Mulut

Mulut adalah saluran pertama yang dilalui makhluk hidup untuk mencerna makanan. Rongga mulut mengandung beberapa organ pencernaan dan kelenjar pencernaan yang membantu mencerna makanan.

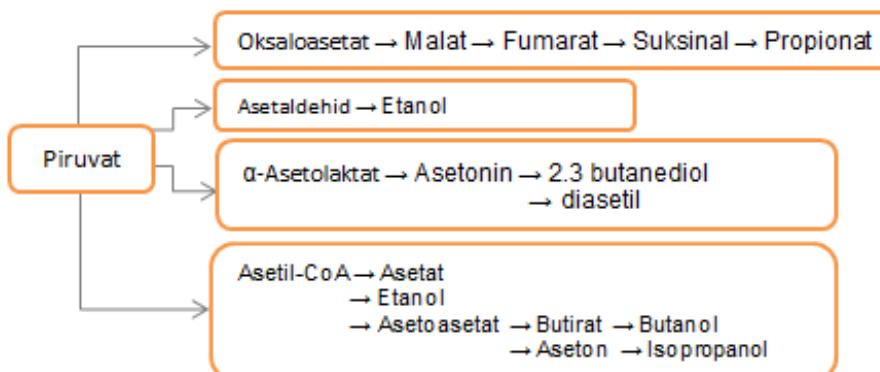
1. Gigi bekerja untuk memotong serta menggiling makanan sehingga mengubah makanan menjadi partikel kecil.
2. Lidah berfungsi untuk membolak balikkan makanan dan sebagai indera pengecap.
3. Kelenjar ludah menghasilkan enzim amilase dan lipase yang memecah partikel makanan yang kompleks menjadi bentuk sederhana. Amilase berperan untuk memecah karbohidrat

# BAB 13

## MIKROBIOLOGI DAN FERMENTASI PANGAN

Fermentasi merupakan metode pengolahan tertua dalam industri makanan dan minuman. Tahun 1856 merupakan pertama kali Louis Pasteur melakukan eksperimen lebih detil mengenai fermentasi. Hasil eksperimen tersebut mengantarkan Pasteur dalam sebuah simpulan bahwa proses fermentasi begitu kompleks dan beragam. Istilah fermentasi pada masa modern kini didefinisikan sebagai suatu proses biokimia yang melibatkan mikroorganisme dalam dekomposisi karbohidrat secara anaerobik sehingga dihasilkan energi.

Beberapa tipe fermentasi di antaranya adalah fermentasi alkohol, asam laktat, asam butirat, dan fermentasi asam asetat. Beragamnya tipe fermentasi akan menghasilkan produk akhir yang bervariasi pula seperti karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), etanol, asam organik dan molekul lainnya (Voidarou dkk., 2021). Dekomposisi karbohidrat akan menghasilkan aliran proton dan elektron. Pada kondisi aerobik penerima elektron terakhir adalah oksigen yang disebut dengan respirasi, sedangkan pada kondisi anaerob penerima elektron adalah molekul organik seperti piruvat atau asetil CoA, proses ini disebut fermentasi. Energi yang dihasilkan selama fermentasi lebih sedikit dibandingkan respirasi. Jalur metabolisme Embden Meyerhof Parnas (EMP) digunakan untuk memecah glukosa menjadi piruvat pada strain homofermentatif. Jalur Entner Doudoroff untuk mengurai laktosa, pada strain heterofermentatif mengurai pentosa dan molekul gula lainnya diurai pada jalur fosfoasetilase.



Gambar 13.1 Piruvat yang dihasilkan glikolisis dapat diubah menjadi beberapa molekul berbeda dalam kondisi anerobik. Sumber: (Voidarou dkk., 2021)



## KEAMANAN PANGAN

---

Pangan merupakan salah satu pilar kebutuhan dasar manusia selain Sandang, dan Papan untuk menunjang kehidupan. Oleh sebab itu, pangan menjadi perhatian khusus selain untuk membuat kenyang tetapi juga memiliki manfaat lain yang berguna untuk menunjang kesehatan tubuh manusia itu sendiri. Baru-baru ini, telah dikenal beberapa “fusion-food” yang merupakan sebuah bentuk inovasi dari beberapa bahan pangan yang ada sebelumnya dipadupadankan dengan bahan pangan lain yang saling melengkapi sehingga dapat menjadi suatu pangan fungsional yang bernilai gizi lebih baik dan menyediakan senyawa bioaktif yang berguna untuk kesehatan manusia. Oleh sebab itu, pangan yang didapatkan wajib aman, bermutu, bergizi dan menyehatkan. Berdasarkan Undang-Undang Pangan No. 18 Tahun 2012 menyebutkan bahwa pangan harus terjangkau oleh masyarakat dan tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat (Lukman dan Kusnandar, 2015). Seperti misalnya jaminan halal bagi masyarakat mayoritas muslim di Indonesia pada setiap produk makanan dan minuman yang dikonsumsi. Pada prinsipnya keamanan pangan seyognya diperhatikan sejak diproduksi di on-farm, pasca panen, transfer bahan pangan, produksi makanan hingga sampai pada penyajian di meja makan.

### A. PENGERTIAN KEAMANAN PANGAN

Berdasarkan *World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa keamanan pangan merupakan suatu jaminan terhadap baik bahan pangan maupun pangan itu sendiri yang tidak menimbulkan dampak suatu penyakit terhadap konsumen pada saat diolah dan/atau dikonsumsi sebagaimana mestinya. Diperkuat dalam suatu Peraturan Pemerintah (PP) No.86 Tahun 2019 mengenai keamanan pangan. Keamanan pangan diartikan menjadi lebih luas bahwa keamanan pangan merupakan suatu keadaan dan usaha yang dilakukan untuk meminimalisir pangan dari suatu cemaran biologis, kimia, maupun fisik seperti benda lain yang mengganggu, merugikan, dan membahayakan Kesehatan manusia dan juga tidak boleh bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat sehingga aman untuk dikonsumsi (SEAMEO RECFON, 2020).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeva-Andany, M. M., Pérez-Felpete, N., Fernández-Fernández, C., Donapetry-García, C., & Pazos-García, C. (2016). Liver glucose metabolism in humans. *Bioscience reports*, 36(6), e00416. <https://doi.org/10.1042/BSR20160385>
- Aehle, W. (2007). Enzymes in Industry: Production and Applications, 3rd edn. Wiley-VCH, Weinheim.
- Afriza, R, Ismanilda. (2019). Analisis perbedaan kadar gula pereduksi dengan metode lane eynon dan luff schoorl pada buah naga merah (*hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Temapela*, 2(2), 90-96. <https://doi.org/10.25077/temapela.2.2.90-96.2019>
- Aisyah, I.S., Ilham, K., Urhuhe, D.D., Leny, E.T.W., Efina, A., Mulya, A., Ilmi, d.a., Rahmawati, M., Nur. D.K. (2022). Gizi Kesehatan. PT. Global Eksekutif Teknologi. Padang Sumatera Barat.
- Akram, M., Munir, N., Daniyal, M., Egbuna, C., Gäman, M.-A., Onyekere, P. F., & Olatunde, A. (2020). Vitamins and Minerals: Types, Sources and their Functions. In Functional Foods and Nutraceuticals (pp. 149–172). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_9)
- Al Banna, M. Z. (2017). Isolasi Mikroorganisme Penghasil Senyawa Antimikroba Dari Makanan Tradisional Aceh Fermentasi Pliek U. *Jurnal Ilmiah Pena: Sains dan Ilmu Pendidikan*, 7(1), 10-16. <https://doi.org/10.51336/jip.v7i1.28>
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2015). Molecular Biology of the Cell. Garland Science.
- Alekawa. (2008). Karakteristik Fisik Bahan Hasil Pertanian (Bentuk dan Ukuran). Bandung, Indonesia: Universitas Padjajaran.
- Andragogi, V., Bintoro, V.P., Susanti, S. (2018). Pengaruh berbagai jenis gula terhadap sifat sensori dan nilai gizi roti manis. *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(2), 163–167. <https://doi.org/10.14710/jtp.v2i2.22108>
- Andreadeli, A., Platis, D., Tishkov, V., Popov, V., & Labrou, N. E. (2008). Structure-guided alteration of coenzyme specificity of formate dehydrogenase by saturation mutagenesis to enable efficient utilization of NADP+. *The FEBS journal*, 275(15), 3859–3869. <https://doi.org/10.1111/j.1742-4658.2008.06533.x>
- Andrieux, P., Fontannaz, P., Kilinc, T., & Giménez, E. C. (2012). Pantothenic acid (Vitamin B5) in fortified foods: Comparison of a novel ultra-performance liquid chromatography-Tandem mass spectrometry method and a microbiological assay (AOAC Official MethodSM 992.07). *Journal of AOAC International*, 95(1), 143–148. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.10-333>
- Anggraeni, M. C., Nurwantoro., & Abduh, S. B. M. (2017). Sifat fisikokimia roti yang dibuat dengan bahan dasar tepung terigu yang ditambah berbagai jenis gula. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(1), 52–56. <http://dx.doi.org/10.17728/jatp.214>
- Apriyanto, M., & Rujiah. (2017). Kimia Pangan. Yogyakarta: Trussmedia Grafika.
- Arisanti, R. R., Indriani, C., & Wilopo, S. A. (2018). Kontribusi agen dan faktor penyebab kejadian luar biasa keracunan pangan di Indonesia: kajian sistematis. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 34(3), 99-106. <https://doi.org/10.22146/bkm.33852>

- Asril, M., Perdana, A. T., Mahyaruddin, M., Asmarany, A., & A'yun, Q. (2019). Isolasi cendawan yang berperan dalam pembuatan pliek u (makanan fermentasi khas Aceh). *Biosfera*, 26(1): 26-34. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2019.36.1.807>
- Avery, O. T., Macleod, C. M., & McCarty, M. (1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from *Pneumococcus* type III. *Journal of Experimental Medicine*, 79(2), 137–158. <https://doi.org/10.1084/jem.79.2.137>
- Basuki, E., Widyastuti, S., Prarudiyanto, A., Saloko, S., Cicilia, S., & Amaro, M. (2019). *Kimia Pangan*. Mataram: Mataram University Press.
- Bearne, S. L. (2014). Illustrating the effect of pH on enzyme activity using Gibbs energy profiles. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 84–90. <https://doi.org/10.1021/ed400229g>
- Belitz, H.D. Grosh, W. Scieberle. (2008). Minerals. In *Food Chemistry*. Springer Berlin Heidelberg.
- Benjakul, S., et al. (2001). Effect of porcine plasma protein and setting on gel properties of surimi produced from fish caught in Thailand. *Food Sci Technol* 37: 177–185.
- Berg, J., Tymoczko, John, L., & Stryer, L. (2002). *Biochemistry Fifth Edition*. W.H. Freeman and Company. Amerika Serikat.
- Berg, J.M., Tymoczko, J.L., & Stryer, L. (2019). *Biochemistry (8th ed.)*. W.H. Freeman and Company.
- Bewley JD, Black M. (1994). *Physiology of Development and Germination*, 2nd edn. Plenum Press, New York, pp. 293–344.
- Booth, S. L. (2012). Vitamin K: Food composition and dietary intakes. *Food and Nutrition Research*, 56. <https://doi.org/10.3402/fnr.v56i0.5505>
- Bornscheuer, U. T. (2005). Trends and challenges in enzyme technology. *Adv Biochem Eng Biotechnol* 100: 181–203.
- Brier, J., & Jayanti, L.D. (2020). Vitamin. 21(1), 1–9. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Brierley, I., Pennell, S., & Gilbert, R. J. C. (2007). Viral RNA pseudoknots: versatile motifs in gene expression and replication. *Nature Review Microbiology*, 5(August), 598–610. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1704>
- Bugg, T. (2009). *Introduction to Enzyme and Coenzyme Chemistry: Second Edition*. Blackwell Publishing. London. <https://doi.org/10.1002/9781444305364>
- Calleri, E., et al. (2004). Penicillin G acylase-based stationary phases: analytical applications. *J Pharm Biomed Anal* 35: 243–258.
- Campbell, M. K., & Farrel, S. O. (2011). *Biochemistry Seventh Edition*. Brooks/Cole: Kanada.
- Campbell, M. K., & Farrell, S. O. (2009). *Biochemistry, Sixth Edition*. Thomson Brooks/Cole: Kanada.
- Carter, P., et al. (1989). Engineering subtilisin BPN' for site-specific proteolysis. *Proteins* 6: 240–248.
- Castro, J. M., Tornadijo, M. E., Fresno, J. M., Sandoval, H. (2015). Biocheese: A Food Probiotic Carrier. BioMed Research International. <https://doi.org/10.1155/2015/723056>.
- Çatak, J. (2019). Determination of niacin profiles in some animal and plant based foods by high performance liquid chromatography: Association with healthy nutrition. *Journal of Animal Science and Technology*, 61(3), 138–146. <https://doi.org/10.5187/jast.2019.61.3.138>
- Cedrone, F., et al. (2000). Tailoring new enzyme functions by rational redesign. *Curr Opin Struct Biol*, 10, 405–410.

- Chen, L., Zhang, Z., Hoshino, A., Zheng, H. D., Morley, M., Arany, Z., & Rabinowitz, J. D. (2019). NADPH production by the oxidative pentose-phosphate pathway supports folate metabolism. *Nature metabolism*, 1(3), 404-415.
- Chen, R. (2001). Enzyme engineering: rational redesign versus directed evolution. *Trends Biotechnol*, 19, 13–14.
- Cobb, M. (2017). 60 years ago, Francis Crick changed the logic of biology. *PLoS Biology*, 15(9), 1–8. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2003243>
- Cooper, G. M., Hausman, R. E., & The Cell: A Molecular Approach. (2019). Sinauer Associates.
- Craik, C. S., et al. (1985). Redesigning trypsin: alteration of substrate specificity. *Science*, 228, 291–297.
- Crick, F. (1970). Central dogma of molecular biology. *Nature*, 227, 561–563. <https://doi.org/10.1002/9781118906545.ch4>
- Czarnowska-Kujawska, M., Klepacka, J., Zielińska, O., & Samaniego-Vaesken, M. de L. (2022). Characteristics of Dietary Supplements with Folic Acid Available on the Polish Market. *Nutrients*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/nu14173500>
- Dahm, R. (2005). Friedrich Miescher and the discovery of DNA. *Developmental Biology*, 278(2), 274–288. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2004.11.028>
- Dalby, P. A. (2003). Optimising enzyme function by directed evolution. *Curr Opin Struct Biol* 13: 500–505.
- Dale, J. W., & Park, S. F. (2004). Molecular Genetics of Bacteria (4th ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- Dauqan, E., Sani, H. A., Abdullah, A., Muhamad, H., & Gapor Md Top, A. B. (2011). Vitamin E and beta carotene composition in four different vegetable oils. *American Journal of Applied Sciences*, 8(5), 407–412. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2011.407.412>
- de Roos, J. & de Vuyst, L. (2018). Acetat Acid Bacteria in Fermented Food and Beverage. *Current Opinion in Biotechnology*, 49: 115-119. <https://dx.doi.org/10.1016/j.copbio.2017.08.00>.
- Demain, A. L. & Vaishnav, P. (2009). Production of recombinant proteins by microbes and higher organisms. *Biotechnol Adv* 27(3): 297–306.
- Derbyshire, E. (2018). Micronutrient Intakes of British Adults Across Mid-Life: A Secondary Analysis of the UK National Diet and Nutrition Survey. *Frontiers in Nutrition*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00055>
- Devaki, S. J., & Raveendran, R. L. (2017). Vitamin C: Sources, Functions, Sensing and Analysis. In Vitamin C. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70162>
- Dimidi, E., Cox, S. R., Rossi, M., Whealan, K. (2019). Fermented Foods: Definitions and Characteristic, Impact on the Gut Microbiota and Effects on Gastrointestinal Health and Disease. *Nutrients*, 11(8): 1806. doi: 10.3390/nu11081806.
- Dravis, B. C., et al. (2001). Haloalkane hydrolysis with an immobilized haloalkane dehalogenase. *Biotechnol Bioeng* 75: 416–423.
- EFSA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for biotin. (2014). EFSA Journal, 12(2). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3580>
- Faridah, A. (2018). Teknologi Pangan. Sumatera Barat: CV. Berkah Prima.
- Farmer, B., Larson, B. T., Fulgoni, V. L., Rainville, A. J., & Liepa, G. U. (2011). A Vegetarian Dietary Pattern as a Nutrient-Dense Approach to Weight Management: An Analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *Journal of the American Dietetic Association*, 111(6), 819–827. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2011.03.012>

- Fattal-Valevski, A. (2011). Thiamine (vitamin B1). In Complementary Health Practice Review, 16(1), 12–20. <https://doi.org/10.1177/1533210110392941>
- Feri, K. (2020). Kimia Pangan Komponen Makro. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fessenden, R.J. (1986). Kimia organik dasar, edisi ketiga, jilid 2, terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka, Jakarta: Erlangga.
- Flick GJ et al. (1992). Lipid oxidation of seafood during storage. In: AJ Angelo (ed.) Lipid Oxidation in Food. American Chemical Society, Washington, DC, pp. 183–207.
- Flood, P., Rathmell, JP., Shafer, S. (2015). Stoelting's pharmacology and physiology in anesthetic practice fifth edition. United States of America: Library of Congress Cataloging.
- Gargano, G., Oliva, F., Oliviero, A., & Maffulli, N. (2022). Small interfering RNAs in the management of human rheumatoid arthritis. British Medical Bulletin, 142(1), 34–43. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldac012>
- Gerlt, J. A. & Babbitt, P. C. (2009). Enzyme (re)design: lessons from natural evolution and computation. *Curr Opin Chem Biol* 13(1): 10–18.
- German JB et al. (1992). Role of lipoxygenases in lipid oxidation in foods. In: AJ St-Angelo (ed.) Lipid Oxidation in Food, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 74–92.
- German, C. A., & Shapiro, M. D. (2020). Small Interfering RNA Therapeutic Inclsiran: A New Approach to Targeting PCSK9. *BioDrugs*, 34(1). <https://doi.org/10.1007/s40259-019-00399-6>
- Górcka-Warsewicz, H., Laskowski, W., Kulykovets, O., Kudlińska-Chylak, A., Czeczotko, M., & Rejman, K. (2018). Food products as sources of protein and amino acids—The case of Poland. *Nutrients*, 10(12), 1977.
- Grune, T., Lietz, G., Palou, A., Ross, A. C., Stahl, W., Tang, G., Thurnham, D., Yin, S. A., & Biesalski, H. K. (2010). Beta-carotene is an important vitamin A source for humans. *The Journal of nutrition*, 140(12), 2268S–2285S. <https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>
- Guyton, A.C., Hall, J.E. (2004). Textbook of medical physiolog. Philadelphia: Saunders
- H.M. Hawab. 2003. Pengantar Biokimia. Bogor: Bayu Media Publishing.
- Halliwell B & Gutteridge JMC. (1989). Free Radicals in Biology and Medicine. Claredon Press, Oxford.
- Hanum, G. R. (2019). Kimia Amami (Analisa Makanan Minuman). Sidoarjo: Umsida Press.
- Hanum, G.R. (2017). Biokimia Dasar.Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Sidoarjo: Umsida Press.
- Harper. (1980). Biokimia (review of physiological chemistry). Edisi 17. Jakarta: EGC.
- Heinemann, U., & Roske, Y. (2020). Symmetry in nucleic-acid double helices. *Symmetry*, 12(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/SYM12050737>
- Helmi, H., Astuti, D. I., Putri, S.P., Sato, A., Lavina, W. A., Fukusaki, E., Aditiawati, P. (2022). Dynamic Changes in the Bacterial Community and Metabolic Profile during Fermentation of Low-Salt Shrimp Paste (Terasi). *Metabolites*, 12(118), 1–18. <https://doi.org/10.3390/metabololo12020118>.
- Holick, M. . (2003). Vitamin D : importance in the prevention of cancers , type 1 diabetes ,. The American Journal of Clinical Nutrition, February, 362–371.
- Hong, S. B., Kim, D. H., Lee, M., Baek, S. Y., Kwon, S., Houbrake, J., Samson, R. A. (2011). Zygomycota Associated with Traditional Meju, a Fermented Soybean Starting Material for Soy Sauce and Soybean Paste. *The Journal of Microbiology*, 50(3): 386-393.

- Hosseini-Nezhad, A., & Holick, M. F. (2013). Vitamin D for health: A global perspective. *Mayo Clinic Proceedings*, 88(7), 720–755. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.05.011>
- Hultin HO. (1994). Oxidation of lipids in seafoods. In: F Shahidi, JR Botta (eds.) *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Blackie Academic and Professional, Glasgow, pp. 49–74.
- Hutkins, R. W. (2018). *Microbiology and Technology of Fermented Food* 2nd edition Blackwell Publishing Professional Press.
- Icekson I et al. (1998). Lipid oxidation levels in different parts of the mackerel, *Scomber scombrus*. *J Aquat Food Prod Technol* 7(2): 17–29.
- IOM. (2005). Dietary Reference Intakes (DRI) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Institute of Medicine (Food and Nutrition Board)
- Ischak, N.I.; Salimi, Y.K.; Botutihe, D.N. (2017). *Buku Ajar Biokimia Dasar*. Gorontalo: UNG Press.
- Jaeger, K. E. & Eggert, T. (2004). Enantioselective biocatalysis optimized by directed evolution. *Curr Opin Biotechnol* 15: 305–313.
- Jestin, J. L. & Kaminski, P. A. (2004). Directed enzyme evolution and selections for catalysis based on product formation. *J Biotechnol* 113: 85–103.
- Johnson DB, Lindsay RC. (1986). Enzymatic generation of volatile aroma compounds from fresh fish. In: TH Parliament, R Croteau (eds.) *Biogeneration of Aromas*, American Chemical Society, Washington, DC, pp. 201–219.
- Kapolli, P., et al. (2008). Engineering sensitive glutathione transferase for the detection of xenobiotics. *Biosens Bioelectron* 24(3): 498–503.
- Kelleher SD et al. (1992). Inhibition of lipid oxidation during processing of washed, minced Atlantic mackerel. *J Food Sci* 57(5):1103–1108, 1119.
- Kim, J. Y., & Oh, C. H. (2011). Analysis of biotin in Korean representative foods and dietary intake assessment for Korean. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 1043–1049. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0142-2>
- King A.J & Li S.J. (1999). Association of malonaldehyde with rabbit myosin subfragment 1. In: YL Xiong et al. (eds.) *Quality Attributes of Muscle Foods*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 277–286.
- Kirk, O., et al. (2002). Industrial enzyme applications. *Curr Opin.Biotechnol* 13(4): 345–351.
- Klinman, J. (2007). How do enzymes activate oxygen without inactivating themselves? *Acc Chem Res* 40: 325–333.
- Klurfeld DM. (2002). Dietary fats, eicosanoids, and the immune system. In: CC Akoh, DB Min (eds.) *Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biochemistry*, 2nd edn. Marcel Dekker, New York, pp. 589–601.
- Kolakowska A. (2003). Lipid oxidation in food systems. In: ZE Siko-rski, A Kolakowska (eds.) *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 133–166.
- Kolstad K et al. (2004). Quantification of fat deposits and fat distribution in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) using computerized X-ray tomography (CT). *Aquaculture* 229(1–4): 255–264.
- Kotzia, G. & Labrou, N. E. (2009). Engineering thermal stability of l-asparaginase by in vitro directed evolution. *FEBS J* 276(6): 1750–1761.
- Kotzia, G. A. et al. (2006). Evolutionary methods in enzyme technology: high-throughput screening and selection of new enzyme variants. In: SG Pandalai (ed.) *Recent Research*

- Developments in Biotechnology & Bioengineering, vol. 7. Research Signpost, Kerala, pp. 85–104.
- Kristinsson HG et al. (2003). The Effect of Carbon Monoxide and Filtered Smoke on the Properties of Aquatic Muscle and Selected Muscle Components. Icelandic Fisheries Laboratory, Reykjavik, Iceland, pp. 27–29.
- Kurniati, T. (2020). Biologi Sel. Bandung: CV Cendekia Press.
- Kurniawati, P. & Banowati, R. (2017). Modul biokimia jilid 1. Universitas Islam Indonesia.
- Kusharto, C. M., Srimati, M., Tanziha, I., & Suseno, S. H. (2015). The Effect of Addition Vitamin E on Catfish Oil Stability. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 18(3). <https://doi.org/10.17844/jphpi.v18i3.11280>
- Kusuma, T.S., Kuniawati, A.D., Rahmi, Y., Rusdan, I.H., and Widjanto, R.M. (2017). Pengawasan Mutu Makanan. Universitas Brawijaya Press.
- Labrou N. E. & Rigden, D. J. (2001). Active-site characterization of *Candida boidinii* formate dehydrogenase. *Biochem J* 354(Pt 2): 455–463.
- Labrou, N. E. (2010). Random mutagenesis methods for in vitro directed enzyme evolution. *Curr Protein Pept* 11: 91–100.
- Lee, S., Son, H., Lee, J., Min, K., Choi, G.J., Kim, J.C., Lee, Y.W., (2011). Functional Analyses of Two Acetyl Coenzyme A Synthetases in the Ascomycete *Gibberella zaeae*. *Eukaryotic Cell*. 10 (8), 1043–1052. doi:10.1128/EC.05071-11
- Lehninger, A. L. (1993). Dasar-dasar Biokimia. Terjemahan dari Principles of Biochemistry oleh Thenawijaya, M. IPB. Bogor. Erlangga. Jakarta.
- Levanova, A., & Poranen, M. M. (2018). RNA interference as a prospective tool for the control of human viral infections. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02151>
- Leviana, W., & Paramita, V. (2017). Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Air dan Aktivitas Air Dalam Bahan Pada Kunyit (Curcuma Longa) Dengan Alat Pengering Electrical Oven. *Metana*, 37-44.
- Linares, D. M., Gomez, C., Renes, E., Fresno, J. M., Tornadijo, M. E., Ross, R. P., Stanton, C. (2017). Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria with Potential to Design Natural Biofunctional Health-Promoting Dairy Foods. *Frontier Microbiology*, 8(846): 1-15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00846>.
- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., & Amon, A. (2012). Molecular Cell Biology Seventh Edition (7th ed.). W.H. Freeman and Company.
- Lopez-Amaya C, Marangoni AG. (2000). NF Haard, BK Simpson (eds.) Seafood Enzymes. Marcel Dekker, New York.
- Lukman, A.S. dan Kusnandar, F. (2015). Keamanan pangan untuk semua. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, pp.152-156.
- Mahmoodi Chalbatani, G., Dana, H., Gharagouzloo, E., Grijalvo, S., Eritja, R., Logsdon, C. D., Memari, F., Miri, S. R., Rad, M. R., & Marmari, V. (2019). Small interfering RNAs (siRNAs) in cancer therapy: a nano-based approach. *International Journal of Nanomedicine*, 14, 3111–3128. <https://doi.org/10.2147/IJN.S200253>
- Maicas, S. (2020). The Role of Yeast in Fermentation Processes. *Microorganism*, 8(8):1142-1160. doi: 10.3390/microorganisms8081142.
- Marks, D. B., & Lieberman, M. A. (2013). Mark's Basic Medical Biochemistry: A Clinical Approach (6th ed.). Wolters Kluwer

- Mc Grath, B. M. (2005). Directory of Therapeutic Enzymes, 1st edn. CRC Press.
- Mohammed, J., Ishaq, A., Kun, H.U., & Aremu, M.A.. (2022). Evaluation of the Nutritive and Antioxidant Potentials of Velvet Tamarind (Dialium Guineense) Seed, Pulp and Shell. 4. 14-18. 10.36686/Ariviyal.CSER.2022.04.09.049
- Mokoena, M. (2017). Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriosins: Classification, Biosynthesis and Application Against Uropathogens: a mini review. *Molecules*, 22(1255): 1-13. doi: 10.3390/molecules22081255
- Mulyani, E. Y. (2019). Dasar-Dasar Ilmu Gizi: Konsep Dasar Ilmu Gizi, Kebutuhan Gizi, Karbohidrat dan Protein. Diktat Dasar-Dasar Ilmu Gizi.
- Murray, Robert K. Daryl K. Granner; Victor W. Rodwell. (2009). Biokimia Harper, ed.27. Jakarta: EGC.
- Murray. K. (2002). Harper biochemistry, 25th edition. New York: Mc Graw Hill Companie
- Nafsiati, R. A. (2009). Konsep Dasar Kimia. Malang: UIN Malang Press.
- Naidu, K. A. (2003). Nutrition Journal Vitamin C in human health and disease is still a mystery ? An overview. <http://www.nutritionj.com/content/2/1/7>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2004). Lehninger Principles of Biochemistry (4th ed.). New York: W. H. Freeman and Company.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2008). Lehninger, Principles of Biochemistry (5th edition). W.H. New York: W. H. Freeman and Company.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). Lehninger, Principles of Biochemistry (7th edition). New York: W. H. Freeman and Company.
- Noh, M. F. M., Gunasegavan, R. D. N., & Mustar, S. (2019). Vitamin A in Health and Disease. In Vitamin A. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.84460>
- Nurkhotimah, Yulianti, E., & Rakhamawati, A. (2017). Pengaruh Suhu Dan Ph Terhadap Aktivitas Enzim Fosfatase Bakteri Termofilik Sungai Gendol Pasca Erupsi Merapi. *Jurnal Prodi Biologi*, 6(8), 465-471.
- O'Keefe S. F. (2000). Fish and shellfish. In: GL Christen, JS Smith (eds.) Food Chemistry: Principles and Applications. Science Technology Systems, West Sacramento, CA, pp. 399–420.
- On, S., & Rahayu, W.P. (2017.) Estimates for the burden and cost of foodborne diarrhoeal illness in Indonesia. *Asia-Pacific Journal of Food Safety and Security*, 3(1):3-16.
- Otero, J. M. & Nielsen, J. (2010). Industrial systems biology. *Biotechnol Bioeng* 105(3): 439–460.
- Pan B.S. & Kuo J.M. (2000). Lipoxygenases. In: NF Haard, BK Simpson (eds.) Seafood Enzymes. Marcel Dekker, New York, pp. 317–336.
- Pang, C., et al. (2021). Current progress and prospects of enzyme technologies in future foods. *Syst Microbiol and Biomanuf* 1, 24–32.
- Pangastuti, A., Alfiyah, R. K., Istiana, N. I., Sari, S. L. A., Setyaningsing, R., Susilowati, A., Purwoko, T. (2019). Metagenomic analysis of microbial community in over-fermentend tempeh. *Biodiversitas*, 20(4): 1106-1114. <https://doi.10.13057/biodiv/d200423>.
- Panke, S. & Wubbolts, M. G. (2002). Enzyme technology and bioprocess engineering. *Curr Opin Biotechnol* 13(2): 111–116.
- Park, J., Kim, P., Jang, J., Wang, Z., Hwang, B., Devries, K.(2008). Interfacial evaluation and durability of modified Jute fibers/polypropylene (PP) composites using micromechanical test and acoustic emission. *Compos. Part B Eng.* 39, 1042–1061.
- Pinhero RG et al. (2003). Developmental regulation of phospholipase D in tomato fruits. *Plant Physiol Biochem* 41: 223–240.

- Poedjiadi, A., & Supriyanti, F. M. T. (2006). Dasar-Dasar Biokimia. Jakarta: UI-Press.
- Poian, A. T. Da, & Castanho, M. A. R. B. (2015). Integrative Human Biochemistry A Text Book for Medical Biochemistry. Springer.
- Porto de Souza Vandenberghe, L., Karp, S. G., Binder Pagnoncelli, M. G., von Linsingen Tavares, M., Libardi Junior, N., Valladares Diestra, K., Viesser, J. A., & Soccol, C. R. (2020). Classification of enzymes and catalytic properties. Biomass, Biofuels, Biochemicals: Advances in Enzyme Catalysis and Technologies, 11–30. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819820-9.00002-8>
- Prahastuti, S. (2011). Konsumsi Fruktosa Berlebihan Dapat Berdampak Buruk Bagi Kesehatan Manusia. *JKM*, 10(2), 2011, 173-189.
- Prasetyo, T. V., Isdiana, A. F., & Sujadi, H. (2019). Implementasi Alat Pendekripsi Kadar Air Pada Bahan Berbasis Internet of Things. *SMARTICS Journal*, 81-96.
- Pudjirahayu, A. (2017). Pengawasan mutu pangan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Pujiastuti, P. (2001). Kajian Transformasi Khitin Menjadi Khitosan Secara Kimiawi dan Enzimatik. Seminar Nasional Jurusan Kimia, Surakarta, 13 Oktober 2001, Jurusan Kimia F MIPA UNS.
- Purba, D. H., Trisutrisno, I., Atmaka, D. R., Yunianto, A. E., Kristianto, Y., Lusiana, S. A., ... & Lubis, A. (2022). Ilmu Gizi. Yayasan Kita Menulis.
- Pusparini, P. (2018). Defisiensi vitamin D terhadap penyakit Indonesian Journal of Clinical Pathology and Medical Laboratory, 21(1), 90. <https://doi.org/10.24293/ijcpml.v21i1.1265>
- Putra, A. Y., & Mairizki, F. (2019). Analisis Warna, Derajat Keasaman dan Kadar Logam Besi Air Tanah Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*, 9-14.
- Putri, E.K. (2019). Cell Biology. Surabaya: Undergraduate Program in Biology Education Faculty of Mathematics and Natural Sciences Universitas Negeri Surabaya.
- Rafeeq, Hamza, Basit, I., Jabeen, R., Shehzadi, I., Shafique, K., Tariq, S., Naseer, Q. ul A., & Raheem, H. M. (2020). Biochemistry of Water Soluble Vitamins, Sources, Biochemical Functions and Toxicity. *Scholars International Journal of Biochemistry*, 3(10), 215–220. <https://doi.org/10.36348/sijb.2020.v03i10.003>
- Raharjo, S.B. (2008). Kimia berbasis eksperimen III. Jakarta: Platinum.
- Rahayu, W.P., Fardiaz, D., Kartika, G.D., Nababan, H., Fanaike, R., and Puspitasari, R. (2016). Estimation of economic loss due to food poisoning outbreaks. *Food science and biotechnology*, 25(1):157-161.
- Rahmadina. (2020.) Modul Ajar Biologi Sel dan Perannya Dalam Kehidupan. Medan: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara.
- Rahmadina & Febriani, H. (2017). Biologi Sel: Unit Terkecil Penyusunan Tubuh Makhluk Hidup. Surabaya: CV. Selembar Papyrus.
- Rahmani, A. (2015). Pengelolaan Air dalam Industri Pangan. ResearchGate, 01-13.
- Ralph, F.J. Feseden, Joan, S., Aloysius, H.P. (1982). Kimia organik jilid II. Jakarta: Erlangga.
- Raveendran, S., et al. (2018). Applications of Microbial Enzymes in Food Industry. *Food Technol Biotechnol*. Mar; 56(1):16-30.
- Reddy GVS et al. (1992). Deteriorative changes in pink perch mince during frozen storage. *Int J Food Sci Technol* 27(3): 271–276.
- Renneberg, R. (2017). Letter From the Editor BT - Biotechnology for Beginners. Academic Press is an imprint of Elsevier. London. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012246000175>

- Richards MP et al. (1998). Effect of washing with or without antiox-idants on quality retention of mackerel fillets during refrigerated and frozen storage. *J Agric Food Chem* 46(10): 4363–4371.
- Risoyatiningsih, S. (2011). Hidrolisis pati ubi jalar kuning menjadi glukosa secara enzima. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 417–424.
- Rodwel, V. W., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennely, P. J., & Weil, P. A. (2018). *Harper's Illustrated Biochemistry Thirty-first Edition*. McGraw-Hill Education.
- Rokhmah, L. N., Setiawan, R. B., Purba, D. H., Anggraeni, N., Suhendriani, S., Faridi, A., ... & Rasmaniar, R. (2022). *Pangan dan Gizi*. Yayasan Kita Menulis.
- Ryu, D. D. & Nam, D. H. (2000). Recent progress in biomolecular engineering. *Biotechnol Prog* 16: 2–16.
- Sacher, R.A. & Pherson RA. (2004). *Tinjauan klinis hasil pemeriksaan laboratorium*. Edisi II. Penerjemah: Brahm Pendit, Dewi Wulandari. Jakarta: EGC.
- Sahabuddin, E. S. (2015). *Filosofi Cemaran Air*. Kupang: PTK Press.
- Saleh, O. S. (2016). *Bahan Ajar Mikrobiologi*. Mkb 7056, 1–101.
- Salvador M.A. and Alfredo S.M., 2010. Cellular and Mitochondrial Effects of Alcohol Consumption. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (7), 4281-4304. doi:10.3390/ijerph7124281
- Sari, M.I. (2007). *Glikolisis sebagai metabolisme karbohidrat untuk menghasilkan energi*. Universitas Sumatera Utara.
- Sarker, S.D. & Nahar, L. (2009). *Kimia untuk mahasiswa farmasi bahan kimia organik, alam dan umum*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar. 7-17.
- Schmidt, M., et al. (2009). Protein engineering of carboxyl esterases by rational design and directed evolution. *Protein Pept Lett* 16(10): 1162–1171.
- Scrutton, N. S., et al. (1990). Redesign of the coenzyme specificity of a dehydrogenase by protein engineering. *Nature* 343: 38–43.
- Sediaoetama, A.D. (2004). *Ilmu gizi*. Jakarta Timur: Dian Rakyat.
- Sharma, R., Diwan, B., Singh, B. P., Kulshrestha, S. (2022). Probiotic Fermentation of Polyphenols: Potential Sources of Novel Functional Foods. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(21):1-16. doi: 10.1186/s43014-022-00101-4.
- Shewfelt RL. (1981). Fish muscle lipolysis—a review. *J Food Biochem* 5: 79–100.
- Shi, L. & Tu, B.P. (2015). Acetyl-CoA and the regulation of metabolism: mechanisms and consequences. *Current opinion in cell biology*, 33, 125-131.
- Siener, R., Machaka, I., Alteheld, B., Bitterlich, N., & Metzner, C. (2020). Effect of fat-soluble vitamins A, D, E and K on vitamin status and metabolic profile in patients with fat malabsorption with and without urolithiasis. *Nutrients*, 12(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/nu12103110>
- Simson, B. K. (2012). *Food Biochemistry and Food Processing* 2nd edn. Wiley-Blackwell.
- Singh, R.L & Mondal, S. (2019). *Food safety and human health* 1st Edition. Elsivier.
- Singh, V., & West, K. P. (2004). Vitamin A deficiency and xerophthalmia among school-aged children in Southeastern Asia. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(10), 1342–1349. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601973>
- Sipayung, R. (2003). *Badan Golgi Biosintesis dan Fungsinya dalam Metabolisme*. Sumatera Utara: Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, N.S. (2014). Karbohidrat. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 13(2), 38–44.

- Sjofjan, O., Muhammad H.N., Siti C., Hartutik. (2022). Ilmu Nutrisi Ternak Dasar. UB Press. Malang
- Soegijanto, S. (2016). Kumpulan Makalah Penyakit Tropis dan Infeksi di Indonesia Jilid 8 (Vol. 8). Airlangga University Press.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017). Spirulina—From growth to nutritional product: A review. *Trends in food science & technology*, 69, 157-171.
- South East Asian Minister of Education Organization Regional Centre for Food and Nutrition (SEAMEO RECFON). 2020. Modul keamanan pangan dan Hazzard Analysis and Critical Control Point (HACCP). SEAMEO RECFON Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Stryer, Lubert. (2000). Biokimia Vol. 2 Edisi 4. Jakarta: EGC.
- Suastawa. (2006). Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Pertanian. Departemen Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Bogor. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suhardi. (1993). "Khitin dan khitosan". Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadja Mada.
- Sumardjo, D. (2009). Pengantar Kimia Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran. EGC.
- Sumerta, I. N., & Kanti, A. (2017). Diversity of Ethanol Producing Yeast Isolated from Fermented Foods in Riau Islands. *Jurnal Biologi Indonesia*, 13(1): 61-69.
- Suprayitno, E., & Sulistiyati, T. D. (2017). Metabolisme protein. Universitas Brawijaya Press.
- Suriani, C. (2013). Modul 2 Kegiatan Belajar 1: Sel Tumbuhan dan Hewan. Jakarta: Modul PPG (Profesi Pendidikan Guru), Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Surono, I. S. (2016). Ethnic Fermented Foods and Beverages of Indonesia. *Ethnic Fermented Foods and Alcoholic Beverages of Asia*, p. 341-382. [https://doi.10.1007/978-81-322-2800-4\\_14](https://doi.10.1007/978-81-322-2800-4_14)
- Suruga, K., Tomita, T., Kadokura, K. (2020). Soybean fermentation with basidiomycetes (medicine mushroom mycelia). *Chemical and Biological Technologies Agriculture*, 7(23): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00189-1>
- Susanti, R & Fibriana, F. (2017). Teknologi Enzim 1st ed. Andi. Yogyakarta
- Susilo, A., Rosyidi, D., Jaya, F., & Apriliyani, A. W. (2019). Dasar teknologi hasil ternak. Universitas Brawijaya Press.
- Syafrizar, W. (2015). Gizi Olahraga. Ilmu Gizi:Teori & Aplikasi, 1–441.
- Tamang, J. P., Watanabe, K., Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of Microorganisms in Global Fermented Foods and Beverages. *Frontier Microbiology*, 7(377). <https://doi.10.3389/fmicb.2016.00377>.
- Tangpricha, V. (2012). Vitamin D in food and supplements. In *American Journal of Clinical Nutrition*, 95(6), 1299–1300). <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.039818>
- Tao, H. & Cornish, V. W. (2002). Milestones in directed enzyme evolution. *Curr Opin Chem Biol* 6: 858–864.
- Taraj, K., Hasa, A., & Muca, A. Sources And Benefits Of Vitamin C. [www.techniumscience.com](http://www.techniumscience.com)
- Tarigan, I. L. (2019). Dasar- dasar Kimia Air, Makanan dan Minuman. Malang: Media Nusa Creative.
- Temova Rakuša, Ž., Roškar, R., Hickey, N., & Geremia, S. (2022). Vitamin B12 in Foods, Food Supplements, and Medicines-A Review of Its Role and Properties with a Focus on Its

- Stability. Molecules (Basel, Switzerland), 28(1), 240. <https://doi.org/10.3390/molecules28010240>
- Tortora, G.J. & Derrickson, B. 2009. Principles of Anatomy and Physiology. United States of America: John Wiley and Sons, Inc.
- Tracewell, C. A. & Arnold, F. H. (2009). Directed enzyme evolution: climbing fitness peaks one amino acid at a time. *Curr Opin Chem Biol* 13(1): 3–9.
- Undeland I. (1997). Lipid oxidation in fish—Causes, changes and measurements. In: G Olafsd'ottir, et al. (eds.) Methods to Determine the Freshness of Fish in Research and Industry. International Institute of Refrigeration, Paris, pp. 241–256.
- van Beilen, J. B. & Li, Z. (2002). Enzyme technology: an overview. *Curr Opin Biotechnol* 13(4): 338–344.
- Voet, D., Voet, J. G., & Pratt, C. W. (2016). Fundamentals of biochemistry: life at the molecular level (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Voidarou, C., Antoniadou, M., Rozos, G., Tzora, A., Bezirtzoglou, E. (2021). Fermentative Foods: Microbiology, Biochemistry, Potential Human Health Benefits and Public Health Issues. *Foods*, 10(69): 1-27. <https://doi.org/10.3390/foods10010069>
- Wahyudiat, D. (2017). Biokimia. Mataram: LEPPIM Mataram.
- Wahyuni, S. (2017). Biokimia Enzim dan Karbohidrat. Unimal Press. Lhokseumawe.
- Wang, Y., Wu, J., Mengxin, L., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Baik, Xie, J., Wang, Geng, W. (2021). Metabolism Characteristics of Lactic Acid Bacteria and the Expanding Application in Food Industry. *Frontier Bioengineering Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>
- Watanabe, H., & Miyake, T. (2017). Folic and Folate Acid. In Functional Food - Improve Health through Adequate Food. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69383>
- Waterschoot, J., Gomand, S.V, Fierens, E., Delcour, J.A. (2014). Production, structure, physicochemical and functional properties of maize, cassava, wheat, potato and rice starches. *Starch-Stärke*. 67(1-2):14-29.
- Watson, J. D., & Crick, F. H. (1953). The structure of DNA. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 18, 123–131. <https://doi.org/10.1101/SQB.1953.018.01.020>
- Wells, J. A., et al. (1987). Designing substrate specificity by protein engineering of electrostatic interactions. *Proc Natl Acad Sci USA* 84: 1219–1223.
- Wibawa. (2017). Bahan ajar mata kuliah biokimia karbohidrat. Universitas Udayana.
- Widayanti, A., Naniek, S.R., Damayanti, R.A. (2013). Pengaruh Kombinasi Sukrosa dan Fruktosa Cair sebagai Pemanis terhadap Sifat Fisik Kembang Gula Jeli Sari Buah Pare (*Momordica Charantia L.*). *Farmasains*, 2(1), 26-30.
- Wijendran V. & Hayes K.C. (2004). Dietary n-6 and n-3 fatty acid balance and cardiovascular health. *Annu Rev Nutr* 24: 597–615.
- Wilkins, M. (2003). The Third Man of The Double Helix. Oxford University Press.
- Williams, G. J., et al. (2004). Directed evolution of enzymes for biocatalysis and the life sciences. *Cell Mol Life Sci* 61: 3034– 3046.
- Winarno. (2004). Kimia Pangan Gizi. Yogyakarta: PT Gramedia.
- Wulandari, E. & Hendarmin, L.A. (2015). Integrasi Biokimia dalam Modul Kedokteran. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan.
- Yildiz, F. (Ed.). (2010). Advances in Food Biochemistry (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420007695>.

- Yudiarti, T; Widiastuti, E; Pratikno, H. (2004). Buku ajar Biologi. Semarang: Program Studi DIII Manajemen Usaha Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Dipenogoro.
- Yuniwati, M., Ismiyati, D., Kurniasih, R. (2011). Kinetika reaksi hidrolisis pati pisang tanduk dengan katalisator asam chlorida. Jurnal Teknologi. 4(2):21-27.
- Yushkova, E. D et al. (2019). Application of Immobilized Enzymes in Food Industry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67(42), 11553–11567.
- Zaaboul, F., & Liu, Y. F. (2022). Vitamin E in foodstuff: Nutritional, analytical, and food technology aspects. In Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety (Vol. 21, Issue 2, pp. 964–998). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12924>.

## PROFIL PENULIS

**Vita Yanuar, S.T.P., M.Si.**



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 1 Januari 1983. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang tahun 2005. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Teknologi Hasil Perairan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2008. Penulis bekerja sebagai karyawan tetap di bagian R&D Product di salah satu Badan Usaha Milik Negara di Jakarta tahun 2008-2010. Kemudian, diterima menjadi dosen tetap di Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Antakusuma Pangkalan Bun tahun 2011-sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal nasional tidak terakreditasi seperti: *Juristik Vol. 1 No.02 Tahun 2013* dengan judul "*Karakteristik Tepung Cangkang Rajungan Berdasarkan Metode Penepungan yang Berbeda*"; *Juristik Vol. 2 No.01 Tahun 2013* dengan judul "*Tepung Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus) sebagai Sumber Kalsium (Ca)*", dan *Juristik Vol. 4 No.01 Tahun 2015* dengan judul "*Tingkat Kepedulian Masyarakat Sekitar Taman Wisata Alam (TWA) Tanjung Keluang Terhadap Kelestarian Penyu*". Penulis juga aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal nasional terakreditasi Shinta 4 seperti: *Ziraa'ah Vol. 41 No. 03 Oktober 2016* dengan judul "*Pengaruh Bahan Baku Ikan Terhadap Nilai Organoleptik Dan Nilai Kandungan Gizi Produk Stik Ikan Di Kabupaten Kotawaringin Barat*", *Ziraa'ah Vol. 42 No. 02 Juni 2017* dengan judul "*Pengaruh Pemberian Jenis Pakan Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Benih Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Dan Kualitas Air Di Akuarium Pemeliharaan*", *Ziraa'ah Vol. 42 No. 03 Oktober 2017* dengan judul "*Ekowisata Berbasis Masyarakat Wisata Alam Pantai Kubu*", *Ziraa'ah Vol. 45 No. 03 Oktober 2020* dengan judul "*Analisis Tingkat Kesukaan Konsumen terhadap Jenis Ikan yang Berbeda pada Kerupuk Stik Ikan*", dan *Ziraa'ah Vol. 47 No. 02 Juni 2022* dengan judul "*Pengaruh Penambahan Santan terhadap Rendemen dan Tingkat Kesukaan (Uji Hedonik) Konsumen pada Abon Ikan Manyung (Arius Pthalassinus)*". Penulis juga aktif mempublikasi artikel ilmiah melalui seminar nasional dan internasional seperti: *Prosiding Semnaskan UGM Seminar Nasional Tahunan XIV Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan Tahun 2017* dengan ISSN 2477-6327/22 Juli 2017 yang berjudul "*Pengolahan Air Limbah Tepung Ikan Menggunakan Bioremedian Komersil dan Konsorsium Bakteri*", *Prosiding Simposium Nasional VIII Kelautan dan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin dengan ISBN 978-602-71759-8-3/3 Juni 2021* yang berjudul "*Pertumbuhan Bakteri pada Limbah Cair Perikanan Secara Spontan*", dan *IOP Conference Volume 919/26 November 2021* yang berjudul "*Physical Characteristics of Effervescent Tablet Probiotics in Various Concentration of Tapioca Coatings*".

## Kristina Tresia Leto



Penulis lahir pada tanggal 24 Juli 1988 di Balauring Kabupaten Lembata Nusa Tenggara Timur. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal pada SDK Leuhoe (1995-2001), SMPN 1 Nubatukan (2001-2004), SMAK Bhaktyarsa Maumere (2004-2007). Penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 pada Jurusan Kimia-FMIPA Universitas Nusa Cendana melalui jalur PMDK (2007-2012). Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Pascasarjana pada Departemen Kimia-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2015-2017) melalui jalur Beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP-Afirmasi). Selama masa studi penulis menjadi asisten praktikum kimia Dasar dan Keterampilan Analisis Kimia (KAK) untuk mahasiswa S1 Jurusan Kimia. Penulis mengambil bidang minat Kimia Analitik dan bergabung dalam kelompok penelitian "Ores Group". Penulis mengabdi di IKIP Muhammadiyah Maumere mulai tahun 2019 dan saat ini diamanahkan sebagai Ketua Program Studi pendidikan Kimia. Penulis dapat dihubungi melalui email: kristinatresia922@gmail.com.

## Dr. Adriani, S.Si., M.Kes.



Penulis lahir di Ujung Pandang pada tanggal 4 Juni 1984. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2007. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Biomedik, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin tahun 2010. Pendidikan Program Doktor selesai pada tahun 2022 di Program Studi Ilmu Kedokteran Universitas Brawijaya melalui program Beasiswa Pendidikan Pascasarjana-Dalam Negeri (BPPDN). Penulis bekerja sebagai dosen tetap di Universitas Ptompo pada Desember 2011-sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di beberapa jurnal seperti Journal *Syifa Sciences and Clinical Research* (Sinta 5) dengan judul "*Penapisan Virtual Basis Data Senyawa Tanaman Afrodisiak Asal Family Rutaceae Sebagai Inhibitor  $\alpha$ -Amylase. AIP Conference Proceeding 2513* (Scopus Q4) dengan judul "*Isolation and screening endophytic bacteria producing  $\alpha$ -glucosidase inhibitor from Sanrego plant (Lunasia amara Blanco)*".

## R. Ayu Cahyaning Alam, S.Gz., M.Si



Penulis lahir di kota Raha, Sulawesi Tenggara pada tanggal 21 Februari 1992. Penulis menyelesaikan Pendidikan sarjana pada Program Studi Ilmu Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin (UNHAS) tahun 2013. Pendidikan magister selesai pada Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2023 melalui beasiswa yang diperoleh dari Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) jalur *targeted group* (PNS/TNI/POLRI). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar PNS di Program Studi Ilmu Gizi Poltekkes Kemenkes Gorontalo tahun 2015-sekarang. Artikel ilmiah berjudul *Dual Modification of Acid Hydrolysis and Annealing on Resistant Starch: A Systematic Review and Meta-Optimization* telah disajikan pada *the 1<sup>st</sup> International Conference on Health and Nutrition* pada tahun 2022. Penulis berhasil memperoleh *1<sup>st</sup> Best Oral Presentation* dan artikel tersebut telah diterima untuk publikasi pada *Food Research Journal* (Q3) *special edition*. Penulis juga telah memiliki 2 karya buku diantaranya: *Perilaku Hidup Bersih, Sehat, dan Gizi*

Seimbang (2022) dan Tentang Juang (Jejak Kisah Awardee LPDP) IPB University (2022).

### **Dr. Desy Kartina, S.Si., M.Si.**



Penulis lahir di Kendari Sulawesi Tenggara (Sultra) pada tanggal 22 Desember 1982. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2007. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Ilmu Kimia, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2013. Penulis menyelesaikan pendidikan Program Doktor pada tahun 2020 di Program Studi Ilmu Kimia Universitas Hasanuddin melalui program Beasiswa Unggulan Dosen Indonesia–Dalam Negeri (BUDI-DN). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Halu Oleo tahun 2014-2022, kemudian pindah home base dan diterima menjadi dosen tetap di Universitas Pakuan Bogor pada November 2022-sekarang.

### **Nur Qadri Rasyid, S.Si., M.Si.**



Penulis lahir di Sungguminasa pada tanggal 28 Februari 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Kimia, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2013 melalui program Beasiswa Unggulan (BU). Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar 2015-sekarang. Penulis aktif mempublikasi artikel ilmiah di jurnal nasional terakreditasi seperti: *Marina Chimica Acta* 18 (1) dengan judul *Analysis of iodine content in seaweed and estimation of iodine intake*. *Indonesia Chimica Acta* 10(1) dengan judul *The Determination Of Paraben Preservatives In Body Scrub* dan *Indonesia Chimica Acta Study of Electrolyte Levels in Diabetic Patients*. Jurnal Media Analis Kesehatan 12(2): 86-93 dengan judul Metode Sederhana Untuk Mendeteksi Keracunan Alkohol Dalam Saliva.

### **Fajri Ikhsan, S.Si., M.Si.**



Penulis lahir di Solok, Sumatera Barat, 29 Oktober 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas (UNAND) tahun 2012. Penulis melanjutkan dan menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung (ITB) tahun 2015, dengan bidang fokus Biokimia, melalui program beasiswa pendidikan pascasarjana dalam negeri (BPPDN). Penulis bekerja sebagai dosen tetap non-PNS di Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA) tahun 2018-sekarang. Di Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, UNTIRTA, penulis memfokuskan penelitian di bidang Biohidrometalurgi. Biohidrometalurgi adalah bidang terapan Bioteknologi pada Metalurgi. Biohidrometalurgi melakukan kajian dan penelitian pada penggunaan agen biologi pada proses ekstraksi logam dari bijih, limbah logam, dan lingkungan yang tercemar logam. Penulis aktif mempublikasi beberapa artikel ilmiah pada jurnal bereputasi dan beberapa prosiding. Pada

tahun 2020, penulis mempublikasikan sebuah artikel yang berjudul *Cloning, sequencing, and identification of rhd α-subunit gene of haloaromatic dehalogenase terminal oxygenase from Pseudomonas aeruginosa local strain*, pada jurnal *Malaysian Applied Biology* 49(2): 43-48, jurnal terindeks Q4. Berikutnya, masih pada tahun 2020, penulis mempublikasi sebuah artikel dengan judul Eksplorasi Bakteri Penyerap Logam Pb dari Air Sungai Ciujung, pada jurnal TEKNIKA: Jurnal Sain dan Teknologi, jurnal terindeks SINTA 3. Pada tahun 2021, penulis mempublikasi sebuah artikel ilmiah yang berjudul *Tolerance Assay of Pb Resistant Bacteria Isolated from Water of Ciujung River*, pada jurnal TEKNIKA: Jurnal Sain dan Teknologi, jurnal terindeks SINTA 3.

### **Widiastini Arifuddin**



Penulis lahir di Kalumpang Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan pada tanggal 13 Juni 1988. Pada tahun 2010 penulis memperoleh gelar sarjana pada bidang ilmu Kimia di Universitas Negeri Makassar kemudian pada Tahun 2011 melanjutkan pendidikan pada program Magister program Studi Kimia Universitas Hasanuddin dengan bidang penelitian yaitu Biokimia. Sejak tahun 2015, penulis tercatat sebagai dosen tetap yayasan pada program studi Pendidikan Biologi di Universitas Patombo. Penulis aktif melakukan penelitian dan publikasi di jurnal nasional terakreditasi dan telah beberapa kali memperoleh hibah penelitian dari Kemenristek Dikti.

### **Anggara Mahardika, S.Kel., M.Si., M.Sc., Ph.D.**



Penulis lahir di Semarang pada tanggal 8 desember 1987. Penulis mendapatkan gelar sarjana dari Universitas Diponegoro Semarang pada Program Studi Ilmu Kelautan pada tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang master di Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), Salatiga pada Program Studi Magister Biologi pada tahun 2011 dengan Beasiswa Unggulan Kemendikbud dan mendapatkan kesempatan double degree di Kwansei Gakuin University (KGU), Jepang pada tahun 2012. Seluruh pendidikan master di UKSW dan KGU diselesaikan pada tahun 2014 dengan mendapatkan dua gelar yaitu M.Si. dan M.Sc. pada tahun 2015 Penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan doktor dengan Beasiswa Unggulan di Kwansei Gakuin University pada Bidang Biosains dan berhasil mendapatkan gelar Ph.D. pada tahun 2018. Pada Tahun 2019 Penulis bekerja sebagai dosen di Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana, di Fakultas Biologi. Pada Tahun 2021 penulis bekerja sebagai dosen di Universitas Karangturi Semarang di Program Studi Teknologi Pangan dan diangkat menjadi Dekan Pada tahun 2022. Saat ini penulis merupakan Wakil Rektor 1 di Institut Teknologi Sains dan Kesehatan Sugeng Hartono, Sukoharjo. Penulis memiliki beberapa karya ilmiah yang telah di publish di jurnal nasional dan internasional bereputasi dan terindeks Scopus Q1, Q1, Sinta 1, dll. Karya Ilmiah penulis dapat diakses di: <https://scholar.google.com/citations?user=SGB1KXYAAAAJ&hl=id>

### **Sumarlin, S.Si., M.Si.**



Penulis lahir di Tabanggele (Konawe) pada tanggal 14 Februari 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo (UHO) tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Kimia dengan konsentrasi Biokimia, Sekolah Pascasarjana Institut Teknologi Bandung tahun 2016 melalui program Beasiswa LPDP. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar PNS di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, FPIK Universitas Borneo Tarakan sejak tahun 2019-sekarang. Saat ini penulis ikut aktif dalam kepengurusan Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia periode 2022 – 2025 sebagai Ketua Pengurus Cabang Kalimantan Utara. Riset area yang ditekuni ialah Bioprospeksi Bakteri Simbion Sponge meliputi Bioaktif, Biokatalis, Biomaterial dan Bioinformatik. Adapun hibah penelitian yang pernah diperoleh penulis antara lain: (1) Hibah Kompetitif Nasional skema PKPT tahun 2022 sebagai Ketua, dengan judul *Eksplorasi Potensi Bakteri Simbion Spons Dari Perairan Pulau Derawan Sebagai Antibakteri Multidrug Resistant*; (2) Hibah Kompetitif Nasional skema PKPT tahun 2022 sebagai Anggota, dengan judul *Konservasi Sumberdaya Biota Perairan Lokal melalui DNA Barcoding Spons (Porifera) Padang Lamun pada Zona Intertidal Perairan Pulau Derawan dan Pulau Panjang, Kalimantan Timur*; (3) Hibah Internal UBT skema Riset Kompetensi Dosen tahun 2022 sebagai Ketua, dengan Judul *Bioaktivitas Antibakteri dan Antifungi Patogen Dari Bakteri Simbion Spons Xestospongia sp.*; (4) Hibah Internal UBT skema Riset Kompetensi Dosen tahun 2022 sebagai Anggota, dengan Judul *Analisis Karakter Molekuler Ikan Kerapu dari Pasar Tradisional Pulau Tarakan*.

### **Hatmiyarni Tri Handayani, S.T.P., M.Sc.**



Penulis lahir di Surakarta pada tanggal 1 Oktober 1985. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret (UNS) tahun 2008. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Teknologi Hasil Perkebunan, Universitas Gadjah Mada tahun 2010. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS sejak tahun 2015 di beberapa universitas swasta di Jawa Tengah, dan kemudian diterima menjadi ASN di Politeknik Negeri Jember pada Desember 2020-sekarang di Program Studi D-IV Pengelolaan Perkebunan Kopi, Jurusan Produksi Pertanian. Penulis aktif mempublikasikan artikel ilmiah baik itu hasil penelitian maupun kegiatan pengabdian kepada masyarakat di berbagai jurnal nasional dan internasional bereputasi, seperti: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 980 (2022) 012015* (Q4) dengan judul “*The Effect of Marinade Concentrations of Different Local Herbs and Spices on The Hedonic Test of Super Native Chicken Breast*”; *IJAVS (S1)* dengan judul “*The Quality of Physical and Sensory of Super Native Chicken Breast Marinated With Herbs and Spices With Different Levels of Marinade Concentration*”; *AGROMIX (S2)* dengan judul “*Penerimaan Konsumen dan Nilai Gizi Cendol Ikan Lele (Clarias batrachus) Dengan Penambahan Serbuk Kopi*”; *Jurnal Ilmiah INOVASI (S4)* dengan judul “*Forifikasi Tepung Kelapa Pada Biskuit Anak Balita*”, dan masih banyak lagi. Banyak riset dan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan penulis di bidang kopi dan pengolahan pangan. Bidang ilmu penulis adalah Rekayasa Proses Pengolahan. Selain artikel ilmiah, penulis juga menulis buku yang berjudul “*Teh di Indonesia*” dengan penerbit Intimedia dengan ISBN (9786236813065) pada tahun 2021. Selain itu, penulis

juga memiliki beberapa HKI, seperti: Hak cipta proposal penelitian dengan judul “*Pengembangan Formulasi Stripe Candy Eritritol Kopi Untuk Balita Stunting*”, hak cipta Karya Rekaman Video dengan judul “*Video Prosedur Mahasiswa Pengelolaan Perkebunan Kopi (PPK) Politeknik Negeri Jember Menjadi Barista*”, Paten Sederhana dengan judul “*Ayam Marinasi Dengan Bumbu dan Rempah Lokal*”, dan masih banyak lagi karya-karya dari penulis.

### Zakyatul Muna, S.Pi., M.Si.



Penulis lahir di Beunot (Aceh Utara) Pada tanggal 07 November 1996. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada program studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala (USK) tahun 2019. Penulis menyelesaikan pendidikan Magister pada program studi Teknologi Perikanan Laut, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor Tahun 2022. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar non-PNS di Program Studi Teknologi Penangkapan Ikan, Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Matauli (STPKM) pada Maret 2022- Sekarang. Penulis memiliki beberapa publikasi artikel ilmiah seperti: ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut 5(2) dengan judul “*Implementasi Kelaiklautan Kapal Pada Armada yang Berbasis di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Kutaraaja*” dan E3S Web of Conferences 339, 07002 dengan judul “*Fishing Vessel Queue Model In Kutaraaja Fishing Port: Case Study of Wharf Pias II*”

### Maisya Zahra Al Banna



Penulis lahir di Jakarta, tanggal 1 Juli 1986. Penulis memperoleh gelar Sarjana Sains untuk bidang ilmu Biologi di Universitas Hasanuddin, dan melanjutkan Pendidikan ke jenjang Magister pada mayor Mikrobiologi IPB University. Saat ini penulis merupakan dosen tetap program studi Pendidikan Biologi, FKIP Universitas Patompo. Selama menjadi dosen tetap, penulis memiliki cukup banyak pengalaman dalam kelembagaan dan tata kelola Perguruan Tinggi. Minat ilmu penulis adalah bidang Biologi dan Mikrobiologi. Korespondensi: mz.albanna@unpatompo.ac.id; maisyazahra.mz@gmail.com.

### Paulus Damar Bayu Murti, S.Kel., M.Si., M.Sc.



Penulis lahir di Semarang (Jawa Tengah) pada tanggal 28 Maret 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro (UNDIP) tahun 2011. Penulis menyelesaikan pendidikan master dan magister pada *Department of Chemistry, Graduate School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University* (Jepang) tahun 2015 dan Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana tahun 2016 melalui program *Double Degree* Beasiswa Unggulan (BU). Saat ini Penulis sedang menempuh Pendidikan Doktor (Ph.D.) di *Department of Biotechnology and Bioindustry Sciences, College of Biotechnology and Bioscience, National Cheng Kung University* (Taiwan, R.O.C.) pada tahun 2022 melalui program beasiswa dari *Ministry of Education* (MoE Taiwan). Penulis juga merupakan Dosen pada Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nasional Karangturi. Penulis aktif mempublikasikan artikel ilmiah di jurnal nasional terakreditasi berjudul *Opportunity And Benefits Of Functional Food From The Sea: A Review* (Sinta 4) dan *Bacterial infections in COVID-*

*19 patients and their possible treatments. A review* (Sinta 2) juga monograf di Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) buku Inovasi Teknologi Pangan Menuju Indonesia Emas dengan judul Sari Tempe Kopi (TEKO) Minuman Fungsional Berbahan Lokal Indonesia. Selain itu, Penulis juga menjadi salah satu *Reviewer* pada jurnal nasional terakreditasi Sinta 3 (*Journal Marine Research*).

# BIOKIMIA PANGAN

## TEKNOLOGI DAN KEAMANANNYA

Pemahaman tentang biokimia pangan yang diikuti dengan perkembangan bioteknologi pangan dalam beberapa dekade terakhir menghasilkan produk pangan yang lebih berkualitas, peningkatan gizi manusia serta tingkat keamanan pangan yang lebih baik. Peningkatan pengetahuan ini telah memperkaya pemahaman kita tentang dasar molekuler dari sistem kehidupan dan telah membuka banyak bidang aplikasi baru dalam produksi, pemrosesan, penyimpanan, distribusi, konsumsi, dan keamanan pangan. Memahami biokimia pangan adalah dasar untuk semua penelitian dan pengembangan lainnya di bidang ilmu pangan, teknologi, dan nutrisi.

Buku ini menyajikan informasi mengenai karakteristik dasar dan fungsional bahan pangan yang meliputi: biokima sel, kimia air, protein, karbohidrat, lemak, asam nukleat, enzim, vitamin dan mineral, bioenergetika serta karakteristik bahan pangan. Pada buku ini juga dipaparkan juga teknologi rekayasa enzim, pencernaan dan penyerapan makanan, mikrobiologi dan fermentasi pangan serta keamanan pangan. Dengan demikian, tujuan dari buku ini adalah untuk memberikan gambaran pangan yang terpadu dari sudut pandang biokimia.

Penekanan utama adalah pada teknologi, nutrisi, fungsi kesehatan, keamanan pangan dan juga perubahan yang terjadi selama proses pengolahan, penyimpanan, penyajian, dan konsumsi bahan pangan. Kami percaya bahwa buku ini akan memberikan wawasan berharga dan berfungsi sebagai titik awal bagi para akademisi maupun peneliti dalam mengenal dan mempelajari biokimia pangan.