



Evaluasi Gizi Hasil Pertanian

- Ayutha Wijinindyah
- Elisa Julianti
- I Ketut Budaraga
- Sapto Priyadi
- Santi Dwi Astuti
- Muliani
- Nurjanna Albaar
- Elmeizy Arafah
- Nurhayati

EVALUASI GIZI HASIL PERTANIAN

**Ayutha Wijinindyah
Elisa Julianti
I Ketut Budaraga
Sapto Priyadi
Santi Dwi Astuti
Muliani
Nurjanna Albaar
Elmeizy Arafah
Nurhayati**



CV HEI PUBLISHING INDONESIA

EVALUASI GIZI HASIL PERTANIAN

Penulis:

Ayutha Wijinindyah
Elisa Julianti
I Ketut Budaraga
Sapto Priyadi
Santi Dwi Astuti
Muliani
Nurjanna Albaar
Elmeizy Arafah
Nurhayati

ISBN: 978-623-8722-91-4

Editor : Irma Eva Yani, SKM, M.Si

Penyunting : Kalasta Ayunda Putri, S.Tr.Kes, M.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Ririn Novitasari SE

Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA

Nomor IKAPI 043/SBA/2023

Redaksi :

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji

Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.HeiPublishing.id

Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, November 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah subhanahu wa'taala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku "Evaluasi Gizi Hasil Pertanian", dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini berisikan tentang Pengenalan Evaluasi Gizi Hasil Pertanian, Pengaruh Budidaya Pertanian Terhadap Gizi Pangan, Pengaruh Pemanenan Dan Penanganan Terhadap Gizi Pangan, Manipulasi Genetika Dan Pengaruh Pemurnian Terhadap Gizi Pangan, Pengaruh Pengolahan Panas Terhadap Gizi Pangan, Pengaruh Pengawetan Beku Dan Penurunan Kandungan Air Terhadap Gizi Pangan, Pengaruh Fermentasi, Zat Tambah, Dan Radiasi Pengion Terhadap Gizi Pangan, Fortifikasi Zat Gizi Dan Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Metabolisme Gizi, Pengaruh Penyiapan Pelayanan Pangan Danjasa Terhadap Zat Gizi.

Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, dan para profesional di bidang Evaluasi Gizi Hasil Pertanian, serta siapa saja yang tertarik mempelajari Evaluasi Gizi Hasil Pertanian. Terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini, Harapan terbesar buku ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi positif dalam perkembangan ilmu pengetahuan.

Selamat membaca dan semoga bermanfaat.

Padang, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 PENGENALAN EVALUASI GIZI HASIL	
PERTANIAN.....	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Proses Pasca Panen Terhadap Nilai Gizi	3
1.3 Proses Pengolahan Terhadap Nilai Gizi.....	3
1.4 Proses Pengemasan dan Penyimpanan Terhadap Nilai Gizi.....	4
1.5 Evaluasi Nilai Gizi	6
DAFTAR PUSTAKA	8
BAB 2 PENGARUH BUDIDAYA PERTANIAN TERHADAP	
GIZI PANGAN	11
2.1 Pendahuluan	11
2.2 Sistem Budidaya Pertanian dan Pengaruhnya Terhadap Gizi.....	12
2.2.1 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Kadar Air Produk Pangan Hasil Pertanian.....	14
2.2.2 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Komposisi Makronutrien Produk Pangan Hasil Pertanian.....	14
2.2.3 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Komposisi Mikronutrien Produk Pangan Hasil Pertanian	15
2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Komposisi Gizi Produk Pangan.....	16
2.3.1 Pengaruh Kualitas Tanah dan Air Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan.....	16
2.3.2 Pengaruh Iklim dan Musim Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan	18
2.3.3 Pengaruh Teknologi Pertanian Moderen Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan.....	19
2.4 Penutup.....	20

DAFTAR PUSTAKA	22
BAB 3 PENGARUH PEMANENAN DAN PENANGANAN	
TERHADAP GIZI PANGAN	29
3.1 Pendahuluan.....	29
3.2 Penyakit Pascapanen.....	30
3.3 Penyimpanan Pascapanen	34
3.4 Penanganan Pascapanen	36
3.5 Pengaruh Pemanenan dan Penanganan Terhadap Gizi Pangan	40
DAFTAR PUSTAKA	42
BAB 4 MANIPULASI GENETIKA DAN PENGARUH	
PEMURNIAN TERHADAP GIZI PANGAN.....	45
4.1 Pendahuluan	45
4.2 Manipulasi Genetika dalam Pertanian	46
4.2.1 Teknik Manipulasi Genetika.....	50
4.2.2 Aplikasi Manipulasi Genetika pada Tanaman Pangan.....	54
4.3 Pemurnian pangan dalam konteks genetika.....	56
4.3.1 Penghapusan atau pengurangan senyawa antinutrisi	56
4.3.2 Eliminasi alergen melalui manipulasi genetika.....	59
4.3.3 Penghapusan gen toksin	64
4.3.4 Optimisasi profil nutrisi.....	65
4.4 Keamanan dan Etika Manipulasi Genetika pada Tanaman Pangan.....	67
DAFTAR PUSTAKA	71
BAB 5 PENGARUH PENGOLAHAN PANAS TERHADAP	
GIZI PANGAN	75
5.1 Pendahuluan.....	75
5.2 Proses Pengolahan dengan Panas.....	76
5.3 Faktor Pembatas Perubahan Zat Gizi akibat Pemanasan	81
5.4 Perubahan Karbohidrat akibat Pemanasan	83
5.5 Perubahan Protein akibat Pemanasan	86
5.6 Perubahan Lemak akibat Pemanasan.....	89
5.7 Perubahan Mineral akibat Pemanasan.....	91
5.8 Perubahan Vitamin akibat Pemanasan.....	94

DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 6 PENGARUH PENGAWETAN BEKU DAN PENURUNAN KANDUNGAN AIR TERHADAP GIZI PANGAN.....	101
6.1 Pendahuluan	101
6.2 Pembekuan Pangan	101
6.3 Penurunan Kandungan Air Terhadap Gizi Pangan.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	112
BAB 7 PENGARUH FERMENTASI, ZAT TINAMBAH DAN RADIASI PENGION	113
7.1 Pendahuluan	113
7.2 Jenis-jenis Fermentasi dan Contoh Produk.....	114
7.3 Pengaruh Fermentasi terhadap Kandungan Gizi Pangan	115
7.4 Zat Tambahan Pangan.....	116
7.5 Radiasi Pengion.....	119
DAFTAR PUSTAKA.....	121
BAB 8 FORTIFIKASI ZAT GIZI DAN FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP METABOLISME GIZI	123
8.1 Pendahuluan.....	123
8.2 Teori Dasar Fortifikasi Zat Gizi	124
8.3 Berbagai Jenis Zat Gizi yang Sering Difortifikasi	125
8.4 Metode dan Teknologi Fortifikasi.....	126
8.5 Contoh Proses Fortifikasi Pada Produk Pertanian Terkini.....	128
8.6 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Metabolisme Zat Gizi.....	130
8.6.1 Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Metabolisme Zat Gizi.....	131
8.6.2 Pengertian Metabolisme Zat Gizi.....	132
8.6.3 Anabolisme.....	132
8.6.4 Katabolisme	133
8.6.5 Tahapan Metabolisme Zat Gizi.....	133
8.7 Pengaruh Genetik Pada Metabolisme Zat Gizi Produk Pertanian.....	134
8.7.1 Pemuliaan Tanaman dan Biofortifikasi.....	134

8.7.2 Genetika dan Kandungan Vitamin dalam Tumbuhan	134
8.7.3 Peranan Genetika dan Senyawa Bioaktif dalam Tanaman	135
DAFTAR PUSTAKA	136
BAB 9 PENGARUH PENYIAPAN PELAYANAN PANGAN DAN JASA TERHADAP ZAT GIZI.....	
9.1 Pendahuluan.....	139
9.2 Definisi dan Konsep Kunci	140
9.3 Pengaruh Penyiapan Pangan Terhadap Zat Gizi.....	142
9.4 Peran Pelayanan Jasa dalam Menyediakan Nutrisi yang Berkualitas	144
9.5 Dampak Sosial dan Ekonomi	146
9.6 Kesimpulan dan Saran	148
DAFTAR PUSTAKA	151
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap karbohidrat.....	86
Tabel 5.2. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap protein.....	88
Tabel 5.3. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap lemak	90
Tabel 5.4. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap mineral	94
Tabel 5.5. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap vitamin	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1.	Garis besar skematis garpu replikasi DNA, komponen molekuler dan aktivitas enzimatis dari replisom. PCNA, antigen inti sel berproliferasi (disebut penjepit DNA polimerase atau faktor prosesivitas). SSB, protein pengikat DNA untai tunggal	48
Gambar 4.2.	Prospek masa depan untuk meningkatkan kualitas tanaman pangan	60
Gambar 4.3.	Pengembangan standar dan rekomendasi untuk produk hasil bioteknologi	70
Gambar 6.1.	Mekanisme terjadinya pengeringan beku.....	102

BAB 1

Pengenalan Evaluasi Gizi Hasil Pertanian

Oleh Ayutha Wjinindyah

1.1 Pendahuluan

Evaluasi zat gizi pada bahan pangan pada umumnya merupakan konsep evaluasi pada obyek yakni kesehatan tubuh seseorang setelah mengkonsumsi bahan pangan. Banyak para ahli pangan biasanya menganalisa zat-zat gizi pada bahan pangan mengacu pada tipe dan kandungan zat gizi pada bahan pangan, dengan menggunakan metode dan standar untuk mengevaluasi nilai zat gizi pada bahan pangan yang ada (Wang, 2022).

Bahan pangan sangat beragam dari berbagai sumber yakni pertanian, peternakan, perikanan dan perkebunan (Rahayu *et al.*, 2019). Evaluasi gizi hasil pertanian juga membahas tentang berbagai cara evaluasi zat gizi pada berbagai komoditas hasil pertanian, faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan gizi pada hasil pertanian tersebut dan peranan zat gizi pada metabolisme tubuh manusia (Astawan dan Muchtadi, 2016).

Rohmah *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa zat gizi pada bahan pangan dikelompokkan menjadi makronutrien yang merupakan zat gizi diperlukan dalam jumlah banyak bagi tubuh (karbohidrat, protein, lemak), serta zat gizi mikronutrien yang merupakan zat gizi dibutuhkan dalam jumlah sedikit bagi tubuh (vitamin dan mineral). Sumber gizi bagi manusia pada sumber hasil pertanian mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral, yang dapat dikonsumsi maupun mengalami proses pengolahan terlebih dahulu.

Pangan yang bergizi bersumber dari hasil pertanian yang memiliki nilai gizi dan tepat cara pengolahan, pengemasan, penyimpanan dan pendistribusian sehingga konsumen akan mendapatkan manfaat dari gizi bahan pangan yang dihasilkan, khususnya hasil pertanian, untuk memberikan manfaat bagi konsumen

yang mengkonsumsi yakni antara lain sebagai sumber tenaga, pengatur, pengganti jaringan tubuh, dan metabolisme tubuh. Zat gizi yang baik akan berdampak pada saat seseorang mengkonsumsi dan menyebabkan perubahan pada status gizinya yakni dinilai pada berat badan, antropometri, dan kelainan yang terjadi pada tubuh (Indriani, 2015).

Bahan pangan hasil pertanian akan memiliki nilai gizi yang berbeda dari hasil pasca panen, antara lain waktu, umur, dan cara pengolahan pada masing-masing bahan pangan. Hal ini perlu diperhatikan agar dapat meminimalkan kehilangan zat-zat gizi akibat proses penanganan bahan pangan tersebut (Kementrian Pertanian, 2013).

Setiap bahan pangan memiliki karakteristik berbeda-beda. Karakteristik bahan pangan dikelompokkan menjadi tiga yakni karakteristik fisik (warna, bau, tekstur, bentuk), kimiawi (komponen penyusun : kadar air, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, pigmen), karakteristik mikrobiologi (jamur, bakteri, yeast, virus). Hasil pertanian memiliki kandungan gizi yang tinggi, sehingga relatif mudah mengalami kerusakan, sehingga salah satu cara untuk memperpanjang umur simpan adalah dengan pengolahan. Kerusakan yang mungkin terjadi pada bahan pangan hasil pertanian bila tidak dikelola baik antara lain

1. Kerusakan aspek fisik yang disebabkan oleh gesekan atau tekanan saat panen, penyimpanan dan distribusi yang tidak sesuai suhu dan kelembaban, antara lain perubahan organoleptik, warna, bau, tekstur, dan bentuk
2. Kerusakan aspek kimia yakni kerusakan yang terjadi karena berbagai reaksi kimia pada bahan pangan itu sendiri yakni reaksi oksidasi, hidrolisis, maupun enzimatis, maupun residu logam berat dan antibiotik. Pada tahap selanjutnya akan menyebabkan perubahan zat gizi pada bahan pangan yakni kadar air, karbohidrat, protein, lemak, vitamin dan mineral
3. Kerusakan aspek biologi yakni kerusakan bahan pangan yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang tidak diinginkan dan menyebabkan kerusakan pada bahan pangan tersebut antara lain kegiatan bakteri pengurai dan penguapan yang memicu respirasi

bahan menjadi lebih cepat sehingga bahan pangan hasil pertanian cepat rusak (Andriani, 2022).

1.2 Proses Pasca Panen Terhadap Nilai Gizi

Penanganan pasca panen merupakan pengolahan komoditas hasil pertanian setelah panen, baik dalam keadaan segar ataupun digunakan pada persiapan pengolahan di tahap selanjutnya (Aimanah dan Vandalisna, 2019). Proses pasca panen meliputi antara lain pembersihan pasca panen hasil pertanian dari kotoran, pencucian, sortir dan grading. Beberapa hasil pertanian perlu untuk langsung diolah, dan sebagian lainnya dapat dipilah sesuai dengan wadah penyimpanan.

Hasil pertanian pasca panen apabila dibiarkan begitu saja maka akan menyebabkan banyak kerusakan dan membusuk bahan pangan hasil pertanian menurun kualitasnya karena bahan pangan hasil pertanian cenderung mudah rusak khususnya sayur dan buah. Penurunan mutu disebabkan antara lain diakibatkan kerusakan mekanis, fisik, kimiawi, biologi dan mikrobiologis (Muntkah dan Razak, 2017).

1.3 Proses Pengolahan Terhadap Nilai Gizi

Proses pengolahan bahan pangan merupakan upaya untuk mengubah bahan pangan sehingga dapat dikonsumsi. Banyak metode yang digunakan, salah satunya dengan metode suhu tinggi, sebagai contoh pemanasan suhu 100°C melalui proses perebusan, pengukusan; ataupun pada suhu yang lebih tinggi yakni 150^o-300^oC pada metode sangrai, dan pemanggangan. Proses pengolahan pangan akan menyebabkan rasa dan aroma menjadi lebih enak, tekstur lebih lunak sehingga bisa dikonsumsi, membunuh mikroba dan menginaktivkan enzim pada bahan pangan (Winarno, 2004).

Secara umum, proses pengolahan akan mengurangi nilai zat gizi pada bahan pangan, sebagai contoh perlakuan suhu tinggi dengan merebus yang dapat menyebabkan migrasi zat-zat gizi pada air rebusan khususnya vitamin B dan C, proses penggorengan dengan suhu di atas 160°C akan menyebabkan kerusakan beberapa vitamin dan denaturasi protein. Beberapa proses pengolahan bahan pangan

lainnya akan menyebabkan penurunan mineral 5-40% terutama pada mineral kalsium, yodium, seng, selenium dan zat besi. Meski demikian, proses pengolahan bermanfaat untuk meningkatkan daya cerna. Sebagai contoh proses fermentasi yang dapat mendenaturasi protein, namun dapat meningkatkan daya cerna protein tersebut, proses perebusan akan menghidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol, pemasakan pada karbohidrat akan menyebabkan daya cerna menjadi lebih baik karena pati mengalami pembengkakan dan tergelatinasi. Selain itu, proses pengolahan juga bermanfaat untuk menurunkan beberapa zat antigizi atau senyawa penghambat pada bahan pangan, khususnya yang banyak terdapat pada yakni asam fitat dan asam oksalat (Almatsier, 2010).

1.4 Proses Pengemasan dan Penyimpanan Terhadap Nilai Gizi

Pengemasan merupakan upaya untuk mempertahankan dan memperpanjang umur simpan pada bahan pangan hasil pertanian, karena pengemasan akan membuat produk terhindar dari risiko kerusakan pada saat pendistribusian dan melindungi produk dari berbagai masalah kerusakan baik secara fisiki, kimia, mikrobiologis dan biologi. Jenis kemasan yang ada antara lain dari bahan kaleng, alumunium, gelas, kertas, plastik dan edible film (Muntikah dan Razak, 2017).

Penyimpanan bahan pangan merupakan cara untuk menyimpan bahan pangan khususnya hasil pertanian, mengatur dan memelihara, baik pada kondisi bahan pangan tersebut kering maupun basah. Kondisi penyimpanan akan sangat mempengaruhi mutu bahan pangan, termasuk nilai gizi bahan pangan tersebut (Utari, 2019). Proses penyimpanan yang tepat pada bahan pangan hasil pertanian akan dapat membuat bahan lebih tahan lama, dan meminimalkan kerusakan serta penurunan nilai zat gizi. Metode penyimpanan dapat dilakukan pada bahan segar yakni sesaat setelah pasca panen, maupun bahan yang telah jadi. Pertimbangan karakter bahan pangan hasil pertanian menjadi pertimbangan untuk memilih metode penyimpanan (Kementrian Pertanian, 2013). Penyimpanan bahan pangan dimulai sejak pasca panen, pemrosesan dan pendistribusian

produk, yakni memperhatikan standar yang ada agar bahan pangan tidak mudah rusak dan terbuang sia-sia. Bahan pangan hasil pertanian cenderung merupakan *perishable food*, yakni mudah mengalami kerusakan, sehingga teknik penyimpanan yang tidak tepat akan membuat produk hasil pertanian mudah rusak khususnya oleh mikroorganisme.

Sebagai contoh metode penyimpanan dengan *First In First Out* (FIFO) yakni metode penyimpanan pada bahan yang masuk pertama kali pada ruang penyimpanan harus dikeluarkan pertama kali (Zakharia, *et al.*, 2023). Selain itu, terdapat pemisahan (sekat) maupun bahan kemasan yang berbeda untuk memisahkan antara bahan pangan yang mudah rusak dan tidak rusak. Hal ini untuk menghindari timbulnya mikroba yang dapat menyebabkan kebusukan pada bahan pangan dan penyakit, sehingga menurunkan kualitas nilai gizi bahan pangan hasil pertanian. Kualitas penyimpanan bahan pangan secara langsung dapat dilihat pada aspek fisik dan organoleptic, antara lain pada warna, tekstur, aroma, kondisi dan bentuk (Gulton *et al.*, 2019).

Hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan khususnya penyimpanan suhu rendah dengan menggunakan refrigerator maupun lemari pendingin pada *perishable food* adalah jenis kemasan dan pemisahan antara penyimpanan produk hasil perikanan dan peternakan dan produk hasil pertanian (sayur, buah). Guna mendukung *FIFO* maka diperlukan adanya *labelling* antara lain nama, bahan makanan, kualitas dan tanggal masuk; kemudian dipisah menurut jenisnya. Selain itu, suhu penyimpanan juga harus diperhatikan sesuai dengan karakteristik bahan. Sebagai contoh sayur dan buah dapat disimpan pada suhu -4°C – 8°C . Pemisahan buah dan sayur dalam penyimpanan khususnya pada penyimpanan suhu rendah sangat perlu diperhatikan, karena penyimpanan dalam satu *refrigerator* tanpa pemisah dapat menyebabkan penurunan kualitas sayur dan buah yakni cepat mengalami kelayuan dan kebusukan. Adapun bahan pangan hasil pertanian berbentuk kering, seperti tepung dan biji-bijian dapat disimpan dengan wadah kardus, karton, maupun plastic untuk menghindari suhu dingin dan makanan tidak mudah berjamur dan busuk. Pada produk kering, wadah penyimpanan dan ruangan harus benar-benar kering dan produk terhindar dari kelembaban (Gulton *et al.*, 2019).

1.5 Evaluasi Nilai Gizi

Mutu suatu bahan pangan dipengaruhi oleh kandungan nilai gizi yang ada di dalamnya, antara lain melalui hal berikut :

1. **Evaluasi Kimia** : yakni pengujian untuk mengukur kualitas produk hasil pertanian berdasarkan kandungan kimia yang ada pada pangan, yang dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif, sebagai contoh uji kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat *by difference*, ataupun pengujian secara spesifik yakni kadar asam amino, asam lemak, dan antioksidan. Pengujian secara kimiawi dinilai sangat obyektif dan memiliki tingkat keakuratan yang tinggi karena memiliki prosedur yang telah terstandar sehingga dapat digunakan untuk menentukan kandungan gizi dan kualitas bahan pangan hasil pertanian. Meski demikian, pengujian nilai gizi secara kimiawi relatif mahal dan membutuhkan ketelitian, kehati-hatian dan serta keahlian orang yang berkompeten di bidangnya dalam melakukan pengujian dengan menggunakan bahan kimia (Muthiah *et al.*, 2022).
2. **Evaluasi mikrobiologis** : Pengujian mikrobiologis ini penting dilakukan untuk melihat indikator keamanan pangan. Beberapa uji yang dilakukan antara lain uji kualitatif (melihat ada tidaknya bakteri patogen pada kontaminasi makanan), dan kuantitatif (sebagai contoh uji total mikroba, analisis *yeast* dan *mold*). Kelebihan pengujian ini adalah tergantung pada jenis metode yang digunakan dan hasil akan memperkuat hasil analisis kualitas pangan secara pasti. Meski demikian pengujian ini memerlukan tenaga ahli spesifik dan peralatan yang tersandar (Muthiah *et al.*, 2022).
3. **Evaluasi Biologis dan Fisiologis** : Terdapat Beberapa kerusakan yang terjadi karena efek biologis disebabkan oleh serangga dan binatang pengerat (serangga, tikus), adapun kerusakan fisiologis yakni kerusakan yang terjadi karena berbagai rekasi enzimatis selama proses pengolahan bahan pangan. Hasil pertanian setelah pasca panen rawan mengalami kerusakan yang dapat menurunkan kualitas gizi, sebagai contoh buah pisang atau apel ketika dipotong akan mengalami perubahan warna yakni berwarna coklat, ataupun penyimpanan yang tidak tepat dapat

menyebabkan perubahan warna yang semula hijau menjadi berwarna coklat karena klorofil mengalami degradasi. Adanya binatang pengerat juga akan menyebabkan bekas gigitan pada bahan pangan hasil pertanian, yang akan menyebabkan terjadinya kontaminasi (Sudjatha dan Wisaniyasa, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Adesogan, A.T., Havelaar, A.H., McKune, S.L., Eilitta, M., Dahl., G.E. 2019. Animal Source Foods : Sustainability Problem or Malnutrition and Sustainability Solution ? . Perspective Matters Glob Food Secur.
- Aimanah, U dan Vandalisna. 2019. Teknologi Penanganan dan Pengolahan Hasil Pertanian. Politeknik Pembangunan Pertanian
- Almatsier, S. 2010. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Andriani, A. 2022. Revitalisasi Sumber Pangan Nabati dan Hewani Pascapandemi dalam Mendukung Pertanian Lahan Suboptimal secara Berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-10, 18-26.
- Astawan, M dan D.Muchthadi. 2016. Evaluasi Nilai Gizi Pangan. Tangerang : Universitas Terbuka.
- Gultom, J., N.M. Ariani, dan N.N.S Aryanti. 2019. Pengaruh Penyimpanan Bahan Makanan Terhadap Kualitas Bahan Makanan di *Kitchen Hotel* The Patraresort dan Villas Bali. Jurnal Kepariwisata dan Hospitalitas, 3 (1) : 158-176.
- Indriani, Y. 2015. Pangan dan Gizi. Lampung : Aura Publishing.
- Kementrian Pertanian. 2013. Pedoman Panen, Pascapanen dan Pengelolaan Bangsa Pascapanen Holtikultura yang Baik. Jakarta : Kementrian Pertanian
- Muntikah dan M. Razak. 2017. Ilmu Teknologi Pangan. Jakarta : Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Muthiah, A.H, H. Wulan, Mulia, S. Okwisan dan R. Fevria. 2022. Nutritional Value of Food Nilai Gizi Bahan Pangan. Prosiding Semnas Bio : 820-826.
- Rahayu, A.F, Yulidasari, P.A.Oktaviana. 2019. Ekologi Pangan dan Gizi. Bantul : Mine.
- Rohkhmah, L N, R.N. Setiawan, D.H. Purba, N. Anggraeni, S. Suhendriani, A. Faridi, M.W. Hapsari, Y. Kristianto, L. Hasanah, N.B. Anggaerni, A.T. Handayani, Rasmaniar. 2022. Pangan dan Gizi. Jakrta : Yayasan Kita Menulis.

- Sudjata, W dan N.W. Wsaniyasa. 2017. Fisiologi dan Teknologi Pascapanen (Buah dan Sayur). Denpasar : University Press
- Sundari, D., Almasyuri dan A. Lamid. 2015. Pengaruh Proses Pemasakan terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumner Protein. Media Litbangkes, 25 (4) : 235-242.
- Wang, P., Huang, J., J.Sun, L Liu, T. Jiang, dan G. Sun. 2022. Review Evaluation the Nutritional Properties of Food : A Scoping Review. Nutrients, 15 : 2-16.
- Winarno, F.G., 2004. Kimia Pangan dan Gizi. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama.
- Zakharia, F. Adipura dan P. Meko. 2023. Peranan Metode Penyimpanan Bahan Makanan dalam Meningkatkan Kualitas Makanan di Hotel Bintang Lima Bajo Flores. Jurnal Ilmiah Global Education, 4 (4) : 2153-2162

BAB 2

PENGARUH BUDIDAYA PERTANIAN TERHADAP GIZI PANGAN

Oleh Elisa Julianti

2.1 Pendahuluan

Teknik budidaya pertanian memiliki dampak signifikan pada kualitas tanah. Beberapa studi menunjukkan bahwa tanah yang dikelola secara konvensional dan yang dikelola secara organik akan berpengaruh terhadap kandungan bahan organik tanah, elemen makro dan mikro, serta komponen biologis (Carr *et al.*, 2012; Reeve *et al.*, 2016). Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun sistem pertanian organik dapat meningkatkan komponen kesuburan tanah, mengurangi penggunaan pupuk, energi, dan pestisida dibandingkan dengan tanah konvensional [Maeder *et al.*, 2002; Reganold 2009], tetapi pertanian organik seringkali menghasilkan panen yang lebih rendah dibandingkan dengan pertanian konvensional, yaitu sekitar 80-81% dari hasil konvensional (de Ponti *et al.*, 2012; Ponisio dan Ehrlich, 2016, Seufert dan Ramankutty, 2017). Penggunaan pupuk kimia dan pestisida dalam pertanian konvensional telah berhasil meningkatkan hasil panen dan ketahanan pangan global (Pang dan Letey, 2000), tetapi pendekatan yang hanya fokus pada hasil panen ini juga mengakibatkan penurunan kualitas nutrisi tanaman (World Watch, 2016).

Selain teknik budidaya pertanian, faktor iklim dan lingkungan juga dapat mempengaruhi hasil pertanian, baik produksi maupun mutu nutrisinya. Varietas tanaman, lokasi geografis, tingkat kematangan, dan degradasi tanah (Marles, 2017) dapat mempengaruhi komposisi gizi produk hasil pertanian. Pemilihan kultivar dengan hasil panen tinggi sering kali menghasilkan konsentrasi mineral yang lebih rendah, yang menunjukkan adanya “efek pengenceran” dalam kandungan nutrisi tanaman (Davis *et al.*, 2004; Ficco *et al.*, 2009). Praktik pertanian konvensional juga terkait dengan penurunan

kualitas tanah, keanekaragaman mikroba, dan nutrisi tanah (Ikemura dan Shukla, 2009; McGarry *et al.*, 2000; Araújo *et al.*, 2009; Lori *et al.*, 2017), sehingga akan dapat mempengaruhi kandungan nutrisi hasil tanaman.

Teknologi sering dianggap sebagai jawaban untuk mengatasi berbagai permasalahan termasuk permasalahan dalam budidaya Pertanian. Teknologi seperti konektivitas digital—melalui satelit publik dan jaringan LTE publik atau privat serta 5G—sensor *Internet of Things* (IoT) digital, *drone*, pembelajaran mesin (Machine Learning/ML), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent/AI*), dan analitik dapat membuat pertanian lebih berkelanjutan dengan meminimalkan penggunaan pestisida, pupuk, dan air (Nokia, 2024). Bab ini akan membahas pengaruh budidaya pertanian baik secara konvensional, organik maupun penggunaan teknologi digital dalam sistem pertanian terhadap nilai gizi produk pangan.

2.2 Sistem Budidaya Pertanian dan Pengaruhnya Terhadap Gizi

Pertanian telah menjadi cara utama untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia selama ribuan tahun. Seiring dengan peningkatan populasi, berbagai strategi pertanian dikembangkan untuk meningkatkan hasil produksi dan kualitas gizi guna memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Hingga beberapa waktu lalu, pertanian konvensional masih menjadi metode utama untuk budidaya tanaman pangan dan sayuran. Namun, pertumbuhan populasi yang pesat menyebabkan ketidakcukupan pangan dan terbatasnya lahan pertanian, sehingga penggunaan pupuk kimia, pestisida, aditif, hormon, dan tanaman hasil rekayasa genetik menjadi populer sebagai upaya meningkatkan produksi (Aina *et al.*, 2019; Flores-Félix *et al.*, 2019; González *et al.*, 2019).

Penggunaan bahan kimia sintetis dalam pertanian konvensional menyebabkan penurunan kesuburan tanah, polusi, serta kerusakan keanekaragaman hayati dan sumber daya alam (Socolow, 1999; Vance, 2001). Selain itu, input sintetis yang tinggi dalam metode ini berdampak negatif pada kesehatan manusia dan hewan. Oleh karena itu, dalam satu dekade terakhir, permintaan terhadap produk

pangan organik meningkat, dipicu oleh kekhawatiran terhadap lingkungan dan kesehatan (González *et al.*, 2019). Pertanian organik menawarkan pendekatan yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan biopestisida, biofertilizer, dan rotasi tanaman, yang bertujuan untuk mempertahankan keberlanjutan tanpa merusak lingkungan (Fess dan Benedito, 2018).

Pertanian konvensional adalah sistem pertanian yang menggunakan berbagai input sintetis seperti pupuk kimia, pestisida, herbisida, dan rekayasa genetika untuk meningkatkan hasil produksi. Tujuannya adalah untuk mencapai produktivitas yang tinggi dalam waktu singkat dengan cara yang lebih efisien. Sistem Pertanian konvensional sering melibatkan penggunaan alat berat dan teknologi modern untuk pengolahan lahan, irigasi, dan pemanenan. Namun, penggunaannya yang berlebihan terhadap bahan kimia dapat menyebabkan degradasi tanah, penurunan keanekaragaman hayati, dan polusi air. Selain itu, penggunaan pestisida juga dapat berdampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan.

Pertanian organik adalah sistem pertanian yang berfokus pada penggunaan bahan alami dan ramah lingkungan, tanpa menggunakan bahan kimia sintetis seperti pupuk dan pestisida.

Pendekatan ini mengutamakan praktik-praktik berkelanjutan, seperti rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik (seperti kompos, pupuk kandang, dan limbah organik), serta penerapan metode alami untuk pengendalian hama dan penyakit. Pertanian organik bertujuan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kesuburan tanah serta keanekaragaman hayati. Sistem ini diyakini menghasilkan produk yang lebih sehat karena residu kimia yang lebih rendah dan kandungan nutrisi yang lebih baik. Selain itu, pertanian organik berusaha untuk melestarikan kualitas tanah dan air, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Sistem pertanian konvensional dan organik ini memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Pertanian konvensional menawarkan hasil yang lebih cepat dan lebih tinggi, namun dapat berdampak negatif pada lingkungan. Sebaliknya, pertanian organik menawarkan produk yang lebih alami dan sehat, tetapi sering kali membutuhkan waktu lebih lama dan biaya produksi yang lebih tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat

perbedaan komposisi nutrisi produk hasil pertanian yang ditanam dengan sistem konvensional dengan sistem pertanian organik.

Produk pangan yang diproduksi melalui sistem pertanian organik mengandung lebih sedikit nitrat dan residu pestisida, tetapi mengandung lebih banyak bahan kering, vitamin C, senyawa sekunder, total gula, komponen mineral tertentu, dan asam amino esensial, meskipun terdapat penurunan pada β -karoten (Zadoks, 1989; Rembiatkowska, 2000; Worthington, 2001). Nilai gizi pangan ditentukan oleh keberadaan senyawa yang diperlukan untuk fungsi tubuh yang optimal, dan metabolit sekunder tanaman menunjukkan potensi yang signifikan untuk kesehatan manusia dan nutrisi (Lundegårdh dan Mårtensson, 2003).

2.2.1 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Kadar Air Produk Pangan Hasil Pertanian

Sayuran yang ditanam secara anorganik memiliki kandungan air yang lebih tinggi dibandingkan yang ditanam secara organik. Perbedaan ini mungkin karena tanaman pada tanah yang dikelola anorganik tumbuh lebih cepat, sehingga lebih banyak menyerap air dibandingkan nutrisi selama periode pertumbuhan yang cepat tersebut (Worthington, 2001). Sebaliknya, tanaman pada tanah organik tumbuh lebih lambat, memberikan waktu lebih lama untuk menyerap nutrisi dan menghasilkan kandungan air yang lebih rendah dalam matriks selnya.

2.2.2 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Komposisi Makronutrien Produk Pangan Hasil Pertanian

Hasil penelitian Bajpai dan Punia (2015) menunjukkan bahwa kandungan protein pada sayuran organik lebih rendah daripada sayuran yang ditanam secara konvensional. Hasil penelitian yang sama juga diperoleh tomat dan bawang (Shankar dan Sumathi, 2008). Kandungan protein yang lebih rendah pada sayuran organik disebabkan oleh keterbatasan nitrogen yang tersedia sepanjang masa pertumbuhan, karena pelepasan nitrogen dari pupuk organik berlangsung perlahan. Di sisi lain, kandungan serat pada daun fenugreek, tomat, dan singkong organik lebih tinggi dibandingkan yang anorganik dan konvensional. Variasi ini lebih berkaitan dengan tingkat

kematangan saat panen daripada kondisi tanah sebagaimana halnya kadar serat pada tomat (Shankaro dan Sumathi, 2008).

2.23 Pengaruh Sistem Budidaya Pertanian Terhadap Komposisi Mikronutrien Produk Pangan Hasil Pertanian

Senyawa yang termasuk dalam kategori mikronutrien sebagian besar adalah mineral (boron, klorin, kobalt, tembaga, besi, mangan, molibdenum, selenium, dan seng) serta vitamin. Meskipun diperlukan dalam jumlah yang lebih sedikit, komponen mikronutrien memiliki peran yang tidak tergantikan dalam pertumbuhan tanaman, produktivitas, dan mekanisme pertahanan tanaman. Selain itu, mikronutrien juga merupakan bagian dari kelompok prostetik dalam metalloprotein dan terlibat dalam reaksi enzimatik (Romheld dan Marschner, 1991). Studi menunjukkan bahwa kandungan mikronutrien lebih baik pada produk organik.

Kandungan mineral pada sayuran yang ditanam secara organik, seperti kalsium, fosfor, besi, magnesium, mangan, seng, dan tembaga, umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam secara anorganik dan konvensional. Peningkatan kandungan fosfor pada sayuran organik, misalnya, dapat disebabkan oleh efek pelarutan dari asam organik hasil dekomposisi pupuk organik yang meningkatkan ketersediaan fosfor di tanah (Zhao *et al.*, 2012). Mikroorganisme dalam tanah organik juga membantu meningkatkan ketersediaan besi bagi tanaman melalui zat seperti sitrat dan laktat. Selain itu, aplikasi pupuk kandang dalam pertanian organik mungkin menjadi sumber tambahan bagi peningkatan kadar tembaga dan seng dalam tanaman (Bolan *et al.*, 2003).

Biomassa mikroba yang lebih tinggi di tanah organik menghasilkan aktivitas enzimatik yang meningkat (Maharjan *et al.*, 2017; Tian *et al.*, 2017), yang dapat dikaitkan dengan kandungan mineral yang lebih baik. Mikroorganisme tanah bertanggung jawab untuk memproduksi senyawa aktif yang membantu akar tanaman menyerap mineral tanah. Berdasarkan analisis yang dilakukan oleh Hunter *et al.* (2011), mikronutrien seperti Cu, Mg, Mo, Se, Na, dan Zn ditemukan dalam konsentrasi yang lebih tinggi (5,5%) pada produk organik. Laporan serupa juga ditemukan dalam studi lain (Lairon,

2010; Raigón *et al.*, 2010; Gastol dan Domagala-Swiatkiewicz, 2013; Brantsaeter *et al.*, 2017).

Vitamin C sangat penting bagi berbagai fungsi metabolik dalam tubuh manusia, terutama dalam memastikan fungsi sistem kekebalan tubuh yang baik. Tanaman organik umumnya memiliki kadar vitamin C yang lebih tinggi, yang membantu menghambat pembentukan nitrosamin karsinogenik dan mengurangi efek negatif nitrat terhadap kesehatan (Mirvish, 1993). Selain itu, metabolit fenolik dalam tanaman menunjukkan aktivitas antioksidan dan potensi medis yang bermanfaat, termasuk aktivitas antikanker (Brandt dan Mølgaard, 2001).

Kandungan total gula dalam bahan baku tanaman berkontribusi pada rasa dan kualitas teknologi, seperti pada bit gula, dengan studi menunjukkan bahwa sayuran dan buah organik memiliki kandungan total gula yang lebih tinggi (Zadoks, 1989; Rembiatowska, 2000).

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Komposisi Gizi Produk Pangan

Beberapa faktor yang secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kualitas gizi tanaman adalah faktor kualitas tanah dan air, iklim dan musim serta penggunaan teknologi pertanian.

2.3.1 Pengaruh Kualitas Tanah dan Air Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan

Tanah merupakan media tempat tumbuh bagi hampir semua tanaman penghasil pangan. Kualitas tanah berhubungan langsung dengan kualitas pangan yang berasal dari tanaman. Tanah yang sehat menghasilkan tanaman yang sehat, yang selanjutnya menjadi produk pangan yang sehat bagi manusia maupun hewan yang mengonsumsinya. Tanah adalah sumber nutrisi esensial, air, oksigen, dan penyangga bagi akar yang dibutuhkan tanaman penghasil pangan untuk tumbuh dan berkembang. Tanah juga berfungsi sebagai penyangga untuk melindungi akar tanaman yang sensitif dari fluktuasi suhu yang drastic (Pal *et al.*, 2020).

Kualitas air irigasi merupakan aspek penting dalam produksi tanaman. Ada beberapa faktor yang mengatur kualitas air, dan yang

paling penting di antaranya adalah alkalinitas, pH, dan garam terlarut. Namun, ada beberapa faktor lain yang perlu dipertimbangkan, seperti apakah air mengandung garam seperti kalsium dan magnesium atau logam berat yang dapat menyumbat sistem irigasi atau ion beracun tertentu (Pal *et al.*, 2020).

Tanaman membutuhkan setidaknya empat belas unsur mineral selain karbon, hidrogen, dan oksigen, serta lebih dari 20 unsur mineral yang telah diidentifikasi sebagai unsur penting bagi kesehatan manusia (White dan Brown 2010; Marschner 2012; Brown *et al.* 2021). Unsur-unsur ini masuk ke dalam sistem pangan melalui tanah termasuk berasal dari pupuk yang diberikan, amandemen organik, dan beberapa sumber lainnya (misalnya, fiksasi nitrogen biologis, deposisi, serta pelapukan batuan dan mineral).

Aplikasi pupuk secara signifikan meningkatkan konsentrasi nutrisi yang berkontribusi pada kualitas gizi tanaman yaitu biji-bijian (serealia), kacang-kacangan (leguminosa), sayur-sayuran, buah-buahan, dan tanaman penghasil gula (*sugar crops*). Peningkatan kualitas gizi paling signifikan tercatat pada tanaman yang diberi perlakuan kombinasi antara pemupukan N, P, K, dan amandemen organik, sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu strategi pengelolaan nutrisi yang paling efektif. Sayur-sayuran menunjukkan respons yang lebih baik terhadap pupuk dalam hal peningkatan nutrisi mineral dan protein. Pemupukan juga meningkatkan konsentrasi unsur mineral dan karbohidrat pada serealia serta peningkatan vitamin C dan likopen pada buah-buahan (Ishfaq *et al.*, 2023).

Pemupukan akan meningkatkan kandungan karbohidrat (termasuk gula terlarut dan pati), tetapi aplikasi nitrogen (N) cenderung menurunkan kadar karbohidrat dalam buah, kemungkinan disebabkan oleh "efek pengenceran" dari peningkatan hasil (berat segar), sementara aplikasi fosfor (P) tidak berpengaruh terhadap kadar karbohidrat. Sebaliknya, pemberian N yang berasal dari sumber organik dan kombinasi N atau P dengan kalium (K) secara signifikan meningkatkan konsentrasi karbohidrat. Aplikasi kombinasi N, P, K, dan/atau sumber organik juga meningkatkan kadar karbohidrat baik di buah maupun biji-bijian. Pemberian mikronutrien yang berasal dari sumber organik memiliki pengaruh yang serupa dengan kombinasi N + P + K pada buah dan sayuran. Dalam sayuran, aplikasi N, P, atau

kombinasi keduanya tidak memberikan pengaruh terhadap komposisi gizi, tetapi penambahan K memberikan respon positif. Aplikasi tunggal magnesium (Mg) dan bahan organik menunjukkan pengaruh yang lebih besar dibandingkan N + P + K pada sayuran, dengan respons yang lebih tinggi terhadap Mg yang mungkin disebabkan oleh kekurangan unsur ini di tanah (Ishfaq *et al.* 2022). Di biji-bijian, aplikasi P tidak memberikan perubahan signifikan pada konsentrasi karbohidrat, namun kombinasi P dengan N atau K dapat meningkatkan kadar karbohidrat.

Aplikasi pemupukan secara umum akan meningkatkan kadar protein pada semua jenis tanaman. Kadar lemak juga meningkat sebagai akibat pemupukan, meskipun dengan tingkat yang lebih rendah dibandingkan peningkatan konsentrasi karbohidrat dan protein. Dalam biji-bijian, terutama jagung, aplikasi N atau P secara terpisah meningkatkan kadar lemak.

2.3.2 Pengaruh Iklim dan Musim Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan

Secara umum, iklim memengaruhi fungsi molekuler, proses perkembangan, morfologi, dan respons fisiologis tanaman (Myers *et al.* 2015). Kenaikan CO₂ dapat meningkatkan produksi tanaman, tetapi mengubah keseimbangan metabolisme karbon tanaman dan komposisi mineral serta efisiensi penggunaan nutrisi (Nakandalange dan Seneweera, 2018). Pengaruh iklim terhadap kualitas gizi tanaman tergantung kepada genotipe dan interaksi setiap nutrisi dengan faktor iklim. Misalnya, kekeringan dan suhu tinggi menyebabkan kerusakan oksidatif pada tanaman kacang-kacangan sehingga dapat mempengaruhi kadar makronutrien pada produk pangan (Soares *et al.*, 2019).

Dampak stresor iklim pada ketahanan pangan telah banyak diteliti (Challinor *et al.*, 2007; Lobell *et al.*, 2008; UNSCN 2010; Godfray *et al.*, 2010; Wheeler dan von Braun, 2013), tetapi penelitian ini kurang memperhatikan bagaimana perubahan iklim dapat memengaruhi kandungan gizi pangan karena analisis nutrisi yang ada jarang mempertimbangkan perubahan dari waktu ke waktu. Beberapa studi pemodelan dan eksperimental yang dilakukan di laboratorium telah mengidentifikasi korelasi antara perubahan iklim atau variasi meteorologi dengan penurunan kualitas pangan dalam hal

keragaman, kepadatan nutrisi, dan keamanan (Patz *et al.*, 2005, McMichael *et al.*, 2006, Kuhnlein *et al.*, 2013, Park *et al.*, 2019).

Karbon dioksida (CO₂) berdampak negatif pada kandungan nutrisi beberapa tanaman seperti gandum, kentang, beras, dan kacang polong (Porter *et al.*, 2014). Sebagai contoh, konsentrasi zat besi dan seng dalam gandum dan beras lebih cenderung berkurang akibat peningkatan emisi gas rumah kaca (Myers *et al.*, 2015). CO₂ yang lebih tinggi terkait perubahan iklim diperkirakan dapat menyebabkan defisiensi mikronutrien (Müller *et al.*, 2014; Myers *et al.*, 2015; Smith *et al.*, 2017).

2.3.3 Pengaruh Teknologi Pertanian Modern Terhadap Komposisi Gizi Produk Pangan

Teknologi pertanian modern mencakup pemanfaatan alat, praktik, dan inovasi terbaru di bidang pertanian untuk meningkatkan produktivitas tanaman, efisiensi kerja, serta keberlanjutan lingkungan. Hal ini termasuk penggunaan mesin canggih seperti traktor dengan sistem GPS, *drone* untuk pemetaan dan pemantauan tanaman, serta sistem irigasi otomatis dan alat pertanian presisi yang memungkinkan petani untuk menerapkan nutrisi dan sumber daya secara tepat sesuai kebutuhan tanaman (Baba dan Adamu, 2021). Selain itu, teknologi ini juga mencakup bioteknologi, termasuk rekayasa genetik dan pemuliaan selektif, untuk menghasilkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit serta memiliki produktivitas yang lebih tinggi. Pemanfaatan big data dan kecerdasan buatan dalam analisis dan pengambilan keputusan juga menjadi komponen penting dalam pertanian modern, memungkinkan penyesuaian praktik pertanian secara real-time berdasarkan pola cuaca, kondisi tanah, dan faktor lainnya (Bambio *et al.*, 2022).

Lingkup teknologi pertanian modern meliputi berbagai aspek mulai dari pengelolaan lahan, penanaman, pemeliharaan, hingga pasca panen. Ini mencakup teknologi yang fokus pada penghematan sumber daya seperti air dan tanah, meningkatkan kesuburan tanah melalui pengelolaan nutrisi yang cerdas, serta mengelola hama dan penyakit tanaman dengan metode ramah lingkungan seperti pengendalian biologis dan manajemen integrasi pestisida (Beetstra *et al.*, 2021). Teknologi pertanian juga mencakup sistem pelacakan dan

pelaporan untuk memastikan rantai pasokan pangan yang aman dan transparan serta mendukung pengujian dan sertifikasi produk pertanian (Bekenova *et al.*, 2021). Dengan demikian, tujuan utama teknologi pertanian modern adalah membantu petani memproduksi makanan lebih banyak dan berkualitas dengan metode yang efisien dan berkelanjutan, untuk memenuhi permintaan populasi dunia yang terus meningkat dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Berha, 2022). Contoh teknologi pertanian modern adalah sistem pertanian presisi yang menggabungkan *Geographical Information System* (GIS) dan *Global Positioning System* (GPS) untuk mengelola lahan pertanian dengan lebih efektif (Bhattacharya dan Pandey, 2020).

Teknologi pertanian modern memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas tanaman pangan lokal, memungkinkan petani untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan hasil panen. Teknologi pertanian modern juga mendukung keberlanjutan dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Pemanfaatan bioteknologi dan teknologi nutrisi bertujuan untuk memanipulasi pertumbuhan, pengembangan atribut, dan proses pembusukan dalam produksi tanaman. Pemanfaatan bioteknologi memungkinkan untuk mengontrol dan memanipulasi pertumbuhan serta perkembangan tanaman, termasuk komposisi gizi (misalnya, komposisi pati atau asam amino) melalui manipulasi genetik (Boehlje dan Langemeier, 2021).

2.4 Penutup

Sistem budidaya pertanian memainkan peran penting dalam menentukan komposisi gizi bahan pangan hasil pertanian. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa metode budidaya, baik organik maupun konvensional, memiliki dampak yang signifikan pada kandungan nutrisi produk pertanian, seperti vitamin, mineral, serta kandungan serat dan antioksidan. Dalam sistem pertanian organik, ketergantungan pada pupuk alami dan pengelolaan tanah yang ramah lingkungan umumnya dapat meningkatkan kualitas tanah serta keberagaman mikroorganisme, yang berdampak positif pada kualitas nutrisi tanaman. Di sisi lain, sistem pertanian konvensional, yang banyak menggunakan pupuk kimia dan pestisida sintetis,

memungkinkan produksi pangan dalam skala besar, namun sering kali menurunkan kualitas dan kandungan nutrisi karena penekanan pada hasil kuantitatif daripada kualitas.

Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas pangan di masa depan, perlu adanya keseimbangan antara produktivitas dan keberlanjutan sistem budidaya. Pendekatan terpadu, seperti penerapan praktik pertanian berkelanjutan, diversifikasi tanaman, dan teknologi budidaya ramah lingkungan, berpotensi untuk mempertahankan produktivitas sekaligus meningkatkan kualitas gizi produk. Dukungan dari kebijakan pemerintah, edukasi petani, serta peningkatan kesadaran konsumen mengenai pentingnya pola konsumsi yang sehat dapat mempercepat penerapan sistem pertanian yang lebih berkualitas dan berkelanjutan. Pemilihan sistem budidaya yang tepat menjadi kunci untuk menyediakan pangan yang berkualitas tinggi, bernutrisi, dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aina, O.E., Amoo, S.O., Mugivhisa, L.L., Olowoyo, J.O., 2019. Effect of organic and inorganic sources of nutrients on the bioactive compounds and antioxidant activity of tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), pp. 3681–3694.
- Araújo, A.S., Leite, L.F., Santos, V.B., Carneiro, R.F., 2009. Soil microbial activity in conventional and organic agricultural systems. *Sustainability*, 1, pp. 268–276.
- Baba, S.A., Adamu, I.A., 2021. Implications of climate change on agricultural productivity: A review. *Journal of Food Technology & Nutrition Sciences*, Query date: 2024-06-18 17:31:34, 1–5. [https://doi.org/10.47363/jftns/2021\(3\)130](https://doi.org/10.47363/jftns/2021(3)130).
- Bajpai, P., Punia, D., 2015. Effect of cultivation practices on nutritional composition of vegetables. *Asian Journal of Dairy & Food Research*, 34(2), pp. 164–167.
- Bambio, Y., Deb, A., Kazianga, H., 2022. Exposure to agricultural technologies and adoption: The West Africa agricultural productivity program in Ghana, Senegal and Mali. *Food Policy*, 113, 102288–102288.
- Beetstra, M., Wilson, R., Toman, E., 2021. The influence of the seasons: How the agricultural calendar impacts farmer perceptions of cover crops. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 37(3), pp. 187–197.
- Bekenova, Sh., Bazarkul, Zh., Seifullin, S., 2021. Seed quality indicators and field productivity of winter wheat crops in T. Ryskulov district, Zhambyl region. *Topical Issues of Agricultural Development*, Query date: 2024-06-18 17:31:34.
- Berha, A.N., 2022. Does exposure to weather variability deter the use of productivity-enhancing agricultural technology? Evidence from Ethiopia. *World Food Policy*, 8(1), pp. 85–117.
- Bhattacharya, T., Pandey, S. K. 2020. Suitability of Fly Ash Amendment in Soil for Productivity of Agricultural Crops. *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*, Query date: 2024-06-18 17:31:34, 251–260. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3372-3_12

- Boehlje, M., Langeneier, M. 2021. Importance of New Technologies for Crop Farming. Center for Commercial Agriculture, Purdue University.
- Bolan, N.S., Khan, M.A., Donaldson, J., Adriano, D.C. , Matthew, C. 2003, 'Distribution and bioavailability of copper in farm effluent', *Science of the Total Environment* 309 (1-3): 225–236.
- Brandt, K., Mølgaard, J.P. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods?. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 924–931.
- Brantsaeter, A.L., Ydersbond, T.A., Hoppin, J.A., Haugen, M., Meltzer, H.M. 2017, 'Organic food in the diet: exposure and health implications', *Annual Review of Public Health* 38: 295–313.
- Brown, P.H., Zhao, F.J., Dobermann, A. 2021. What is a plant nutrient? Changing definitions to advance science and innovation in plant nutrition. *Plant and Soil* 476: 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.009>
- Carr, P.M., Delate, K., Zhao, X., Cambardella, C.A., Carr, P.L., Heckman, J.R. 2012. Impacts on soil, food, and human health. *Di dalam Soils and Human Health*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA, vol. 241.
- Challinor, A., Wheeler, T., Garforth, C., Craufurd, P., Kassam, A., 2007. Assessing the vulnerability of food crop systems in Africa to climate change. *Climatic Change* 83: 381–399.
- Davis, D.R., Epp, M.D., Riordan, H.D., 2004. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *Journal of the American College of Nutrition* 23: 669–682.
- de Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum, M.K., 2012. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108: 1–9.
- Fess, T.L., Benedito, V.A. 2018. Organic versus conventional cropping sustainability: a comparative system analysis. *Sustainability* 10 (1) : 272.
- Ficco, D., Riefolo, C., Nicastro, G., De Simone, V., Di Gesu, A., Beleggia, R., Platani, C., Cattivelli, L., De Vita, P., 2009. Phytate and mineral elements concentration in a collection of Italian durum wheat cultivars. *Field Crops Research*, 111, pp. 235–242.
- Flores-Félix, J.D., Menéndez, E., Rivas, R., Velázquez, M.d.I.E., 2019.

- Future perspective in organic farming fertilization. In *Organic Farming: Global Perspectives and Methods*, Chandran, S., Unni, M.R., Thomas, S., eds., Elsevier BV, pp. 269–315.
- Gastol, M., Domagala-Swiatkiewicz, I. 2013. Comparing nutritional content of fruits, vegetables and juices from organic and conventional crops. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 8.
- Godfray, H.C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812–8.
- González, N., Marques, M., Nadal, M., Domingo, J.L. 2019. Occurrence of environmental pollutants in foodstuffs: a review of organic vs. conventional food. *Food Chem. Toxicol.*, 125: 370–375.
- Hunter, D., Foster, M., McArthur, J.O., Ojha, R., Petocz, P., Samman, S. 2011. Evaluation of the micronutrient composition of plant foods produced by organic and conventional agricultural methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51: 571–582.
- Ikemura, Y. Shukla, M.K. 2009. Soil quality in organic and conventional farms of New Mexico, USA. *J. Org. Syst.* 34–47.
- Ishfaq, M., Wang, Y., Xu, J., Hassan, M.U., Yuan, H., Liu, L., He, B., Ejaz, I., White, P.J., Cakmak, I., Chen, W.S., Wu, J., van der Werf, W., Li, C., Zhang, F., Li, X. 2023, 'Improvement of nutritional quality of food crops with fertilizer: a global meta-analysis', *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 43, p. 74. <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00923-7>.
- Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C. & Li, X. 2022. Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. *Frontiers in Plant Science* 13: 802274. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>
- Kuhnlein, H.V., Erasmus, B., Spigelski, D., Burlingame, B. 2013. *Indigenous People's Food Systems & Well-being: Interventions & Policies for Healthy Communities*, FAO, Rome. www.fao.org/3/i3144e/i3144e.pdf.
- Lairon, D. 2010, 'Nutritional quality and safety of organic food. A

- review', *Agronomy for Sustainable Development* 30: 33–41.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P., Naylor, R.L. 2008. Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319: 607–10.
- Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G. & Gattinger, A. 2017, 'Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression', *PLoS ONE*, vol. 12, e0180442.
- Lori, M., Symnaczik, S., Mäder, P., De Deyn, G. & Gattinger, A. 2017, 'Organic farming enhances soil microbial abundance and activity—A meta-analysis and meta-regression', *PLoS ONE*, vol. 12, p. e0180442.
- Lundegardh, B., Martensson, A. 2003. Organically produced plant foods – evidence of health benefits. *Acta Agriculturae Scandinavica B* 53: 3–15.
- Maeder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296: 1694.
- Maharjan, M., Sanaullah, M., Razavi, B.S., Kuzyakov, Y. 2017. Effect of land use and management practices on microbial biomass and enzyme activities in subtropical top- and sub-soils. *Applied Soil Ecology* 113: 22–28.
- Marles, R.J. 2017, 'Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent historical declines', *J. Food Compos. Anal.*, vol. 56, pp. 93–103.
- Marschner, P. 2012, *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd edn, Academic Press, Amsterdam, London. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>
- McGarry, D., Bridge, B.J. & Radford, B.J. 2000. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics. *Soil Tillage Res.* 53: 105–115.
- McMichael, A.J., Woodruff, R.E., Hales, S. 2006. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 367: 859–69.
- Mirvish, S.S. 1993. Vitamin C inhibition of N-nitroso compounds formation. *American Journal of Clinical Nutrition* 57: 598–599.
- Müller, C., Elliott, J., Levermann, A. 2014. Food security: Fertilizing hidden hunger. *Nature Clim Change* 4: 540–41.

- Myers, S.S., Wessells, K.R., Kloog, I., Zanobetti, A., Schwartz, J. 2015. Effect of increased concentrations of atmospheric carbon dioxide on the global threat of zinc deficiency: a modelling study *Lancet Global Health* 3 e639–645
- Nokia, 2024, 'Smart agriculture-The fight to feed 10 billion', Available in: <https://www.nokia.com/thought-leadership/articles/fight-to-feed-10-billion/>. Diakses: 12 September 2024.
- Nakandalage, N. & Seneweera, S. 2018, 'Micronutrients use efficiency of crop-plants under changing climate', in M.A. Hossain et al. (eds), *Plant Micronutrient Use Efficiency*, Academic, New York.
- Nokia, 2024, *Smart agriculture - The fight to feed 10 billion*. <https://www.nokia.com/thought-leadership/articles/fight-to-feed-10-billion/> [Diakses: 12 September 2024].
- Pal, A., Adhikary, R., Bera, M., Garanayak, R., de, S.K. 2020. Soil and Water Quality for Healthy Crop: A Review Study. *Biosc. Biotech. Res. Comm*, Special Issue 13 (12): 73–77.
- Pang, X.P., Letey, J. 2000, 'Organic farming: Challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen requirements', *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 : 863–885.
- Park, C.S., Vogel, E., Larson, L.M., Myers, S.S., Daniel, M., Biggs, B.-A. 2019. The global effect of extreme weather events on nutrient supply: a superposed epoch analysis. *Lancet Planetary Health* 3: e429–e438.
- Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., Foley, J.A. 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 438: 310–7.
- Ponisio, L.C., Ehrlich, P.R. 2016. Diversification, Yield and a New Agricultural Revolution: Problems and Prospects. *Sustainability* 8: 1118.
- Porter, J.R., Xie, L., Challinor, A.J., Cochrane, K., Howden, S.M., Iqbal, M.M., Lobell, D.B., Travasso, M.I. 2014. Food security and food production systems. *Di dalam Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*, Cambridge University Press, pp. 485–533.
- Raigon, M.D., Burruezo, A.R., Prohens, J. 2010. Effects of organic and conventional cultivation methods on composition of eggplant fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (11):

6833–40.

- Reeve, J., Hoagland, L., Villalba, J., Carr, P., Atucha, A., Cambardella, C., Davis, D., Delate, K. 2016. Organic farming, soil health, and food quality: Considering possible links. *Di dalam Advances in Agronomy* 137: 319–367. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Reganold, J.P. 2009. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. *Am. J. Altern. Agric.* 3: 144–155.
- Rembiałkowska, E. 2000. *Wholesomeness and Sensory Quality of Potatoes and Selected Vegetables from the Organic Farms*, Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa.
- Rodríguez, M.C.M., Villegas, L.E.C., Cardona, M.A., Nájera, A.L.C. 2022. Evaluation of the nutritional quality of agricultural products as a case study: Mexico City markets. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical* 2 (2): 1–14.
- Romheld, V., Marschner, H. 1991. Function of micronutrients in plants. *Di dalam* J.J. Mortvedt (ed.), *Micronutrients in Agriculture*, 2nd edn, SSSA Book Series, vol. 4, Soil Science Society of America, USA, pp. 297–329.
- Seufert, V., Ramankutty, N. 2017. Many shades of gray—The context-dependent performance of organic agriculture. *Sci. Adv.* 3: e1602638.
- Shankaro, K., Sumathi, S. 2008. Effect of organic farming on nutritional profile of selected vegetable crops. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 20 (3): 586–588.
- Smith, M., Golden, C., Myers, S. 2017. Potential rise in iron deficiency due to future anthropogenic carbon dioxide emissions. *GeoHealth* 1: 248–57.
- Soares, J.C., Santos, C.S., Carvalho, S.M.P., Pintado, M.M., Vasconcelos, M.W. 2019. Preserving the nutritional quality of crop plants under a changing climate: importance and strategies. *Plant and Soil* 443: 1–26.
- Socolow, R.H. 1999. Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. *PNAS* 96 (11): 6001–6008.
- Tian, J., Lou, Y., Fang, H., Liu, S., Xu, M., Blagodatskaya, E., Kuzyakov, Y. 2017. Response of soil organic matter fractions and

- composition of microbial community to long-term organic and mineral fertilization. *Biology and Fertility of Soils* 53: 523–532.
- UNSCN 2010, *6th Report on the World Nutrition Situation: Progress in Nutrition*, Geneva, www.unscn.org/files/Publications/RWNS6/report/SCN_report.pdf. Diakses: 1 September 2024.
- Vance, C.P. 2001, 'Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources', *Plant Physiol.*, vol. 127, no. 2, pp. 390–397.
- Weibel, F.P., Bickel, R., Leuthold, S. & Alföldi, T. 2000, 'Are organically grown apples tastier and healthier? A comparative field study using conventional and alternative methods to measure fruit quality', *Acta Horticulturae*, vol. 517, pp. 417–427.
- Wheeler, T., von Braun, J. 2013, 'Climate change impacts on global food security', *Science*, vol. 341, pp. 508–13.
- White, P.J. & Brown, P.H. 2010, 'Plant nutrition for sustainable development and global health', *Annals of Botany*, vol. 105, pp. 1073–1080. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq085>
- World Watch 2016, Crop Yields Expand, but Nutrition Is Left Behind. In Vision for a Sustainable World Volume 2016. World watch:Washington, DC, USA.
- Worthington, V. 2001, 'Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains', *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol. 7, no. 2, pp. 161–173.
- Zadoks, J.C. 1989, *Development of Farming Systems*, Pudoc, Wageningen.
- Zhao, K., Cambardella, X., Carr, C.A., Heckman, J.R. 2012, 'Impacts on Soil, Food, and Human Health', in *Soils and Human Health*, vol. 241, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

BAB 3

PENGARUH PEMANENAN DAN PENANGANAN TERHADAP GIZI PANGAN

Oleh I Ketut Budaraga

3.1 Pendahuluan

Produk pascapanen pada komoditas hortikultura merupakan bagian dari tanaman hortikultura yang dipanen dengan berbagai tujuan, terutama untuk memberikan nilai tambah dan keuntungan bagi produsen hortikultura. Ketika sebagian tanaman hortikultura dipanen, tanaman tersebut akan kehilangan hubungan fisiologisnya dengan tanaman inangnya. Bagian tanaman tidak lagi mendapatkan pasokan hasil metabolisme dari tanaman, namun bagian tersebut tetap dapat masih melakukan kegiatan fisiologinya. Kondisi ini menyebabkan mengapa bagian tanaman hortikultura yang telah dipanen akan menjadi mudah rusak, selain kerusakan tanaman yang terjadi dapat disebabkan oleh faktor luar.

Komoditas hortikultura mempunyai kemampuan untuk bernafas bahkan setelah dipanen, sehingga jika selesai dipanen dan tidak dirawat dengan baik maka akan cepat rusak. Kerusakan ini disebabkan oleh kekuatan fisik, kimia, mikrobiologi, dan fisiologis. Meskipun perubahan yang meliputi perubahan warna, rasa, dan aroma ini pada awalnya menguntungkan, namun jika dibiarkan dan tidak dikelola akan berdampak buruk karena bahan akan rusak/busuk dan tidak dapat digunakan.

Keragaman ciri fisik dan morfologi buah-buahan dan sayur-sayuran menentukan kerentanannya terhadap kerusakan mekanis dan patologis. Kerusakan mekanis terdiri dari benturan, kompresi, dan getaran. Mikroorganisme patogen, khususnya jamur dan bakteri, menyerang dan menyebabkan kerusakan patologis. Kondisi fisik morfologi produk mempengaruhi transpirasi atau penguapan air.

Setiap jenis komoditas hortikultura mempunyai kualitas penyimpanan yang ditentukan oleh beberapa faktor antara lain

varietas, lokasi tumbuh, kondisi tanah dan cara budidaya, tingkat kematangan, serta cara penanganan sebelum disimpan. Penanganan pasca panen produk hortikultura sangat penting dilakukan mengingat produk hortikultura cepat rusak dalam waktu singkat.

Metode penyimpanan produk hortikultura yang dipilih adalah sistem penyimpanan terintegrasi yang menggabungkan pendinginan terkontrol dengan transportasi (penyimpanan bergerak), sehingga memastikan komoditas sampai ke konsumen dalam kondisi segar.

3.2 Penyakit Pascapanen

Penyakit pascapanen pada komoditas hortikultura terdiri dari dua jenis, yaitu penyakit nonparasiter dan penyakit parasiter. Penyakit nonparasit diartikan sebagai penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan bukan oleh makhluk lain. Kerusakan mekanis, fisiologis, evaporatif, dan fisik yang disebabkan oleh pernapasan, suhu, kelembaban relatif, atau perubahan biologis lainnya adalah contoh penyakit non-parasit. Penyakit parasit adalah patogen jamur, bakteri, dan virus yang menginfeksi komoditas tanaman.

Penyakit pascapanen merupakan penyebab utama kerugian pascapanen pada sebagian besar komoditas hortikultura. Patogen jamur adalah penyebab utama kerusakan pascapanen pada sayuran dan buah-buahan.

Infeksi pascapanen dapat berkembang kapan saja setelah tanam, termasuk pada saat panen, penanganan di lapangan, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan. Penyakit pasca panen pada buah dan sayur ditentukan oleh komoditas dan kultivar, kematangan produk saat dipanen, kondisi penyimpanan dan transit, serta faktor pemasaran. Kondisi ini mengakibatkan kerugian ekonomi pada saat pemasaran dan menyebabkan produk segar tidak layak dikonsumsi.

Infeksi parasit pasca panen terjadi pada saat produk masih berada di lahan (sebelum dipanen), namun patogen tersebut dalam keadaan dorman pada saat itu. Setelah panen, bila kondisinya sesuai untuk perkembangan dan aktivitas patogen, terjadilah perkembangan atau aktivitas patogen, sehingga timbullah perkembangan penyakit, yang ditandai dengan gejala serangan penyakit. Penyakit pascapanen

biasanya disebabkan oleh Ascomycetes dan Phycomycetes, termasuk Rhizopus, Phytophthora, dan Pythium. Infeksi bakteri di lahan atau selama pengumpulan, penyortiran, pencucian, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan hasil panen semuanya dapat menyebabkan penyakit pasca panen.

Selama pemanenan, infeksi, khususnya jamur, dapat menembus kulit melalui luka atau pori-pori alami, atau secara langsung melalui pembentukan tubuh tertentu yang disebut appressoria. Peristiwa ini diawali dengan perkecambahan spora jamur dan terbentuknya tubuh berbentuk kecambah. Jika spora jamur terdapat atau terletak langsung pada area luka pada komoditas yang dipanen, maka proses perkecambahan spora akan berjalan dengan lancar dan cepat hingga tumbuh menjadi koloni jamur sehingga menyebabkan penyakit menyebar dengan cepat.

Selain gejala pembusukan yang disebabkan oleh mikroorganisme pascapanen, gejala penyakit lain juga sering ditemukan pada produk yang disimpan dan dipasarkan, seperti:

1. Penyakit jamur biru, jamur abu-abu, busuk hitam, busuk putih, busuk sasaran, dan busuk pahit pada apel dan pir.
2. Penyakit busuk alternaria, jamur biru, jamur hijau, busuk asam, dan busuk ujung batang pada jeruk.
3. Penyakit jamur biru, jamur abu-abu, busuk Rhizopus, dan busuk Cladosporium pada buah anggur;
4. Penyakit kentang antara lain penyakit busuk daun, busuk umbi Fusarium, layu Fusarium, saluran air, simpul akar, busuk lunak akibat bakteri, busuk lunak berlendir, busuk tajuk, busuk cincin, dan nekrosis jaring.
5. Penyakit buah batu: Busuk mahkota, Busuk Rhizopus, Jamur abu-abu, Jamur biru, Busuk asam, dan Busuk Alternaria.
6. Penyakit tomat dan cabai: Busuk Alternaria, Busuk Phytophthora, Jamur Abu-abu, Penyakit Busuk Daun, Busuk Rhizopus, dan Busuk Asam.
7. Penyakit sayuran daun, umbi-umbian, bawang merah, dan melon: Jamur abu-abu, busuk Rhizopus, busuk lunak berair, busuk kapas, busuk wortel, dan busuk Fusarium.

Infeksi yang muncul setelah panen akan lebih umum terjadi jika, selain jalur penularannya, kondisi lingkungan juga mendorong pertumbuhan patogen. Perubahan komponen nutrisi (pati, gula, vitamin, dan pigmen) dapat mendorong infeksi patogen dan perkembangan penyakit pada komoditas tanaman. Temperatur lingkungan yang tinggi dan kelembapan relatif menyebabkan pembusukan komoditas pertanian yang dipanen. Sebaliknya, jika suhu rendah, kandungan oksigen rendah, dan karbon dioksida tinggi, serta parameter kelembapan relatif terpenuhi, maka dapat memerangi atau bahkan menghilangkan pembusukan akibat infeksi patogen.

Situasi ini bermanfaat untuk menunda proses pematangan; namun demikian, bagi patogen, termasuk jamur dan bakteri, lingkungan ini dapat menurunkan perkembangan patogen, terjadinya infeksi, dan perkembangan penyakit.

Keasaman jaringan komoditas (sel) mempengaruhi perkembangan patogen. Misalnya jaringan buah memiliki tingkat pH <4,5. Kondisi ini mendorong infeksi jamur dan berkembangnya pembusukan. Sementara itu, sebagian besar jaringan sayuran memiliki pH lebih tinggi dari 4,5. Kondisi ini mendorong infeksi dan perkembangan bakteri busuk. Mengatur komposisi udara ruang penyimpanan, seperti suhu, kelembapan relatif, oksigen, dan konsentrasi karbon dioksida, merupakan cara yang efisien untuk memperlambat laju metabolisme komoditas yang dipanen dan menciptakan kondisi yang mencegah berkembangnya penyakit.

Untuk barang-barang hortikultura yang mudah hancur, kelembapan relatif dalam penyimpanan harus dijaga antara 90 dan 95 persen. Barang hortikultura yang mudah rusak sebaiknya disimpan pada tingkat kelembapan relatif berkisar antara 80 hingga 90%. Barang-barang hortikultura akan kehilangan air seiring berjalannya waktu setelah panen. Kehilangan air yang berlebihan menyebabkan komoditas menjadi layu, mengkerut/kerut, menjadi kasar, dan kurang aroma atau rasa. Komposisi udara atau atmosfer pada tempat atau ruang penyimpanan harus dikontrol agar barang yang disimpan tidak mengeluarkan atau mengkonsumsi gas.

Beberapa penyakit pasca panen juga umum terjadi pada banyak produk tanaman di ladang, yang mungkin menyebar ke tempat penyimpanan. Penyakit yang sama juga dapat menyerang beberapa

tanaman inang. Misalnya jamur *Botrytis cinerea* yang terdapat pada apel, anggur, buah kecil lainnya, tomat, cabai, sayuran daun, umbi-umbian, bawang bombay, melon, dan kacang-kacangan. *B. cinerea* bersifat polifag dan menyebar dengan cepat. Infeksi pasca panen dapat disebabkan oleh patogen biotik dan abiotik, seperti pengaruh suhu yang ekstrim. Infeksi abiotik dapat mengakibatkan kerugian yang signifikan terhadap produk yang disimpan atau dipasarkan.

Suhu penyimpanan yang rendah dapat membahayakan produk pasca panen dan melemahkan jaringan tanaman karena menghambat berlangsungnya proses metabolisme secara teratur. Perubahan fisiologis tanaman menyebabkan berbagai gejala cedera dingin, termasuk permukaan berlubang, perubahan warna, kerusakan internal, kegagalan pematangan, terhambatnya pertumbuhan, layu, hilangnya rasa, dan busuk. Suhu dingin dapat mempengaruhi lipid membran, permeabilitas, protein, karbohidrat, suplai energi, respirasi, pembentukan etilen, dan proses metabolisme lainnya.

Patogen menginfeksi komoditas hortikultura pada saat panen mulai dari penanaman hingga dipasarkan. Infeksi pada tahap panen, penanganan, atau pasca panen biasanya disertai dengan luka pada produk yang dipanen. Luka tersebut dapat disebabkan oleh benturan, lecet pada kuku pada saat pemanenan atau pemetikan dan pembersihan, gigitan hama (serangga), atau pemotongan. Perkembangan fisiologis, faktor lingkungan, dan perkembangan morfologi dan anatomi semuanya memainkan peran penting dalam infeksi patogen.

Barang-barang pascapanen memiliki suhu penyimpanan kritis yang bervariasi, yang mempunyai dampak signifikan terhadap degradasi dan kehilangan pascapanen. Penyimpanan komoditas hortikultura pasca panen pada suhu yang lebih rendah dari suhu kritis akan menyebabkan perubahan fisiologi produk sehingga tidak dapat dipasarkan atau dikonsumsi. Buah-buahan, sayur-sayuran, dan umbi-umbian merupakan barang pascapanen yang sangat mudah rusak sehingga akan cepat membusuk dan tidak layak untuk dimakan jika tidak ditangani dengan benar pada saat pemanenan, penyortiran, pemisahan, pemilihan, pengiriman, dan penyimpanan.

3.3 Penyimpanan Pascapanen

Penanganan pascapanen komoditas hortikultura meliputi faktor penyimpanan, cold storage, dan pengendalian lingkungan penyimpanan. Penyimpanan komoditas hortikultura pada hakikatnya adalah upaya untuk menjaga komoditas budidaya sejak dipanen hingga digunakan. Penyimpanan mengacu pada upaya menjaga agar komoditas yang dipanen tetap segar dan berkualitas baik. Penyimpanan ini sangat penting terutama bagi komoditas hortikultura yang mudah rusak ketika memasuki masa pasca panen, karena dapat menurunkan laju respirasi dan metabolisme lainnya, proses penuaan, kehilangan air dan pelayuan, kerusakan mikroba, serta proses pertumbuhan yang tidak diinginkan. sebagai bertunas.

Suhu, kelembaban udara, komposisi atmosfer (udara), dan kualitas bahan semuanya berdampak pada keberhasilan penyimpanan. Untuk mencapai hasil penyimpanan yang dapat diterima, suhu dalam ruang pendingin harus dijaga konstan dan tidak berfluktuasi dengan menggunakan isolator ruangan dan daya mesin pendingin yang cukup. Komoditas hortikultura (sayur-sayuran, buah-buahan, dan bunga potong) yang akan disimpan tidak ada luka, lecet, atau kerusakan lain yang dapat menyebabkan hilangnya air. Barang hortikultura hendaknya berada pada tahap perkembangan yang tepat, tidak terlalu muda (belum matang) dan tidak terlalu tua (matang).

Kerusakan pasca panen yang disebabkan oleh jamur tidak hanya menurunkan nutrisi buah tetapi juga menimbulkan risiko kesehatan akibat adanya mikotoksin yang dihasilkan oleh beberapa varietas jamur. Beberapa spesies jamur patogen dapat menimbulkan penyakit laten jika buah belum dipanen dan kondisi komoditas tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Infeksi laten adalah keadaan dimana suatu patogen tetap berada dalam jaringan tanaman sebelum menjadi aktif dan menimbulkan gejala penyakit. Ini merupakan kondisi umum yang terjadi setelah panen, penyimpanan, pengangkutan, dan pemasaran. Patogen ini bersifat laten pada jaringan buah yang belum matang dan akan aktif kembali saat buah matang sehingga menyebabkan kerusakan pada buah. Jika kondisi lingkungan mendukung, infeksi laten meningkatkan kemungkinan berkembangnya penyakit pascapanen.

Beberapa jamur patogen, seperti *Colletotrichum gloeosporioides* pada alpukat dan *B. cinerea*, yang menyebabkan pembusukan pada stroberi, dianggap sebagai patogen dengan infeksi laten yang menyebabkan kerusakan parah pasca panen selama penyimpanan. Jamur biasanya menyerang buah, sedangkan bakteri terutama menyerang sayuran. Penyakit ini kemungkinan besar disebabkan oleh rendahnya pH buah dibandingkan sayuran. Jamur lebih suka menyerang buah karena toleransi asamnya yang tinggi. Sayuran juga lebih rentan terhadap serangan bakteri karena pH-nya yang tinggi.

Hilangnya hasil alami pada komoditas hortikultura setelah panen akibat kerja berbagai enzim dapat mengurangi nilai ekonomi dan nilai gizinya. Kerusakan hortikultura dapat terjadi lebih cepat jika tanaman tidak ditangani dengan baik selama dan setelah panen. Barang-barang hortikultura, misalnya, dapat mengalami memar, goresan, atau luka, serta kerusakan lain seperti berkembangnya penyakit.

Sangat penting untuk menggunakan teknik pasca panen seperti pengawetan, penyimpanan yang diatur, dan pendinginan untuk memperlambat proses kerusakan bahan. Sifat bahan yang mudah rusak memerlukan pengelolaan pascapanen yang hati-hati. Teknologi pascapanen juga mencakup produksi barang (produk) beku, kering, dan kalengan. Kegiatan pascapanen dimulai pada saat komoditas hortikultura dikeluarkan atau dipisahkan dari tanaman (panen) dan berlanjut hingga sampai di tangan konsumen.

Kerugian pascapanen hortikultura, selain menurunkan kuantitas produksi, yaitu berkurangnya jumlah atau berat barang pascapanen, juga menyebabkan penurunan kualitas produk dengan indikator penurunan nilai gizi. Infeksi pasca panen sering kali menimbulkan dampak berikut:

1. Hilangnya paket konsumsi produk hortikultura akibat penyakit pasca panen;
2. Bau busuk hasil pascapanen akibat serangan patogen;
3. Perubahan warna atau bentuk produk pascapanen hortikultura yang terserang penyakit dapat menurunkan minat konsumen.

4. Berkurangnya umur simpan produk hortikultura pasca panen dapat rusak karena pemasakan yang lama dan penuaan yang disebabkan oleh etilen dari bagian penyimpanan yang sakit.
5. Kontaminasi makanan dari mikotoksin yang dihasilkan oleh patogen;
6. Metabolit toksin yang dihasilkan oleh barang hortikultura pascapanen yang sakit sebagai respons terhadap jamur patogen.
7. Terbentuknya rasa produk yang tidak diinginkan, yang berhubungan dengan bahan tanaman yang sakit, seperti jus jeruk yang dibuat dari buah jeruk yang terinfeksi jamur *Alternaria* dan wortel yang terkena etilen dari buah yang sakit;
8. Jeruk membusuk karena enzim proteolitik tahan panas yang dihasilkan oleh patogen pasca panen seperti *Rhizopus* dan *Sclerotinia*.

Infeksi pasca panen mempunyai dampak yang signifikan terhadap semua jalur transportasi dan pemasaran. Penyakit pascapanen mempengaruhi produk pascapanen dalam berbagai cara, seperti yang ditunjukkan di bawah ini:

1. Timbulnya kelaparan pada penduduk dunia akibat kerugian pasca panen yang signifikan akibat penyakit. Kerugian ini jauh lebih besar terjadi di negara-negara miskin, yang ditandai dengan tingginya tingkat sampah makanan dan hilangnya hasil produksi.
2. Biaya produksi yang lebih tinggi akibat pengelolaan penyakit pasca panen;
3. Berkurangnya produksi tanaman untuk dijual atau dikonsumsi sehingga mengakibatkan rendahnya pendapatan produsen atau petani;
4. Pemborosan produk pasca panen karena warna, tekstur, atau bau yang tidak diinginkan.
5. Peningkatan sarana dan prasarana penanganan infeksi pasca panen, termasuk peningkatan pelatihan bagi operator.

3.4 Penanganan Pascapanen

Komoditas hortikultura harus diolah sesegera mungkin setelah panen untuk menjamin kualitas dan mengurangi berbagai bentuk

kerugian. Pengolahan pascapanen dalam hortikultura meliputi pencucian, perbaikan bentuk kulit permukaan (curing), penyortiran, penghilangan warna hijau (derajat), pengemasan, dan pendinginan. Seluruh tindakan penanganan tersebut nampaknya belum cukup untuk mencegah meluasnya dampak buruk terhadap barang-barang hortikultura, terutama mengingat lamanya waktu yang dibutuhkan barang-barang tersebut untuk sampai ke konsumen. Penyimpanan dingin diperlukan untuk menjaga kesegaran persediaan hortikultura.

Teknologi pascapanen merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas penanganan guna mengurangi kerugian akibat menurunnya kualitas produk. Hal ini melibatkan proses fisiologis normal dan/atau respons terhadap kondisi tidak tepat yang disebabkan oleh perubahan lingkungan fisik, kimia, dan biologis. Teknologi pascapanen diperlukan untuk meminimalkan atau menghilangkan kerugian pascapanen. Kerugian pascapanen produk hortikultura berkisar antara 15% hingga 25%, tergantung pada jenis produk dan cara pascapanen.

Untuk menghindari penurunan kualitas produk melalui tindakan penanganan pasca panen memastikan petani dan pelanggan mendapatkan keuntungan dari harga jual yang tinggi dengan tetap menjaga kualitas produk.

Penanganan pascapanen merupakan rangkaian prosedur yang berlangsung antara saat produk dipanen hingga siap dikonsumsi (untuk barang segar) atau diolah (sebagai bahan dalam produk olahan). Setelah panen, dilakukan penanganan lapangan seperti penyortiran dan finishing, serta pengemasan, atau produk dibawa langsung ke packing house, tempat dilakukannya pra-pendinginan, pencucian, waxing, pematangan, penyortiran dan finishing, pengemasan, dan penyimpanan. dilakukan, seringkali menggunakan peralatan mekanis. Barang yang dikemas dibawa ke fasilitas pengolahan makanan untuk diproses, gudang untuk penyimpanan, atau langsung ke pedagang.

Barang-barang hortikultura memerlukan perawatan pascapanen yang hati-hati karena cepat rusak. Sistem penyimpanan terpadu yang menggabungkan pendinginan terkontrol dengan transportasi (penyimpanan bergerak) direkomendasikan untuk penyimpanan produk guna memastikan komoditas mencapai konsumen dalam kondisi segar secepat mungkin. Berbagai penelitian

telah menyarankan berbagai metode penerapan pascapanen hortikultura yang cukup efektif, namun belum memberikan hasil yang optimal dalam mencegah kerusakan komoditas dalam jangka waktu penyimpanan yang lama karena banyak faktor yang mempengaruhi kualitas komoditas. Upaya peningkatan mutu hortikultura masih terus dilakukan, baik di kalangan peneliti maupun pelaku industri.

Di daerah beriklim tropis, suhu dan kelembapan yang tinggi berdampak pada sistem penanganan produk hortikultura. Pasar lokal untuk produk buah-buahan dan sayuran di negara-negara berkembang identik dengan kualitas yang buruk, tingkat kerugian yang tinggi, dan bahaya kesehatan akibat kondisi lingkungan setempat yang buruk dan kurangnya prosedur penanganan yang mendukung. Variabel internal dan eksternal mempengaruhi kualitas pangan segar, seperti perkembangan mikroba yang tidak terduga, luka dan memar yang disebabkan oleh penanganan dan transportasi yang tidak memadai, serta suhu dan kelembapan yang tinggi selama penanaman dan panen, semuanya berkontribusi terhadap kerugian pasca panen.

Penyimpanan dikatakan efektif apabila dapat memperpanjang atau mempertahankan kesegaran suatu produk dalam jangka waktu yang lama. Suhu yang dimaksudkan untuk menjaga kesegaran komoditas selama penyimpanan adalah rendah (dingin), sehingga dikenal metode penyimpanan dingin. Cold storage dapat memberikan berbagai manfaat, antara lain meningkatkan umur simpan atau kesegaran komoditas, memperluas wilayah penjualan, dan menyediakan produk pasar yang lebih memuaskan. Menggabungkan penyimpanan dingin dengan konsentrasi oksigen lebih rendah dan karbon dioksida lebih tinggi di ruang penyimpanan menghasilkan kinerja penyimpanan yang baik. Proses kerusakan, baik yang bersifat fisiologis maupun mikrobiologis, akan berhasil dihambat.

Perubahan hasil panen pasca panen hanya bisa diperlambat, bukan dihentikan. Keberhasilan penanganan pascapanen sangat dipengaruhi oleh tindakan awal yaitu pemanenan dan penanganan pascapanen yang harus dimulai sedini mungkin, sebaiknya segera setelah panen. Pengelolaan pascapanen yang baik akan mengurangi kerugian baik kualitas maupun kuantitas, mulai dari kualitas yang lebih rendah hingga komoditas yang tidak dapat dipasarkan dan tidak layak konsumsi.

Meskipun secara teoritis teknologi pascapanen dalam penanganan produk hortikultura mudah digunakan oleh pelaku agribisnis hortikultura, namun penerapannya belum banyak dilakukan di Indonesia. Teknologi pascapanen masih digunakan sebagian, yang berarti hanya tanaman yang memiliki biaya investasi rendah atau hampir tanpa biaya investasi, atau yang menguntungkan secara komersial. Konsumen pada umumnya tidak bersedia membayar produk hortikultura yang ditangani dengan teknologi yang sesuai. Konsumen saat ini tidak bersedia membayar lebih untuk penanganan produk hortikultura yang lebih baik. Akibatnya, konsumen lebih baik membeli barang-barang berkualitas biasa dengan harga rendah daripada membayar lebih untuk barang-barang berkualitas tinggi.

Keuntungan melakukan penanganan pasca panen yang baik :

1. Lebih banyak makanan yang dapat dikonsumsi.
2. Melakukan pengelolaan pasca panen (misalnya penanganan yang hati-hati, pengemasan) lebih murah dibandingkan meningkatkan produksi yang memerlukan input tambahan (misalnya insektisida, pupuk, dan input pertanian lainnya).
3. Mengurangi risiko kegagalan. Kegagalan menyediakan input untuk meningkatkan output dapat mengakibatkan kegagalan panen. Kegagalan jarang menambah "kerugian" dalam penanganan pasca panen.
4. Hemat energi. Energi yang dikeluarkan untuk menghasilkan hasil yang kemudian "hilang" dapat dilestarikan.
5. Waktu yang dibutuhkan menjadi lebih singkat (efek terapi terhadap produksi baru terlihat 1-3 bulan kemudian, pada saat panen; efek perlakuan pasca panen baru terlihat 1-7 hari kemudian).
6. Perlakuan pascapanen yang tepat dapat mengurangi hilangnya unsur hara sehingga menghasilkan gizi yang lebih baik bagi masyarakat.
7. Mengurangi sampah, khususnya di perkotaan, untuk membantu memecahkan masalah pencemaran lingkungan.

3.5 Pengaruh Pemanenan dan Penanganan Terhadap Gizi Pangan

Pemanenan dan penanganan yang tepat sangat penting dalam mempertahankan nilai gizi pangan. Berikut adalah beberapa pengaruh dari pemanenan dan penanganan terhadap gizi pangan:

1. **Kehilangan Nutrisi:** Proses pemanenan dan penanganan yang tidak tepat dapat menyebabkan kehilangan nutrisi penting seperti vitamin, mineral, dan antioksidan. Misalnya, panen yang terlalu dini atau terlambat dapat mengurangi kandungan nutrisi dalam buah dan sayuran.
2. **Pertumbuhan Mikroorganisme:** Jika produk pertanian tidak ditangani dengan baik setelah panen, mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, dan jamur beracun dapat tumbuh dan menyebabkan kerusakan produk serta penurunan kualitas nutrisinya.
3. **Kerusakan Fisik:** Penanganan yang kasar atau tidak hati-hati selama panen dan transportasi dapat menyebabkan kerusakan fisik pada produk pertanian, yang pada gilirannya dapat mempercepat kerusakan nutrisinya.
4. **Oksidasi:** Pemanenan dan penanganan yang tidak tepat dapat mempercepat oksidasi nutrisi yang sensitif terhadap udara, seperti vitamin C dan beberapa asam lemak tak jenuh, yang dapat menyebabkan penurunan nilai gizi produk pertanian.
5. **Penyimpanan yang Tidak Tepat:** Produk pertanian yang tidak disimpan dengan benar setelah panen dapat mengalami degradasi nutrisi akibat paparan terhadap cahaya, suhu yang tidak tepat, atau kelembaban yang tinggi.
6. **Kerusakan Struktural:** Proses penanganan yang kasar dapat menyebabkan kerusakan struktural pada produk pertanian, seperti sayuran yang terpotong atau buah yang terbelah, yang dapat mempercepat proses oksidasi dan kehilangan nutrisi.
7. **Kehilangan Air:** Pemanenan dan penanganan yang tidak tepat juga dapat menyebabkan kehilangan air yang signifikan dari produk pertanian, yang pada gilirannya dapat mengurangi berat dan kandungan nutrisi produk tersebut.

Untuk meminimalkan dampak negatif pemanenan dan penanganan terhadap gizi pangan, penting untuk menerapkan praktik-praktik yang baik, termasuk panen pada waktu yang tepat, menangani produk dengan hati-hati selama transportasi, penyimpanan yang tepat, dan penggunaan teknik pengolahan yang sesuai untuk mempertahankan nilai nutrisi produk pertanian. Selain itu, pendidikan petani dan konsumen tentang pentingnya pemanenan dan penanganan yang tepat juga dapat membantu meningkatkan kesadaran akan kualitas gizi pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asare, M., Yarandi, J., & Nyarko, H. (2019). Harvesting methods and postharvest handling practices influencing the nutritional quality of leafy vegetables in Ghana. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(12), 821-830.
- Bambang B. Santoso. 2020. Penyakit Pasca Panen Komoditi Hortikultura halaman 143-160
- Biyanto Daru W, Virgiananda DCA dan Yunia Eka Putri. 2015. Analisis Penanganan Pasca Panen Hasil Pertanian Produk Hortikultura. Program Sarjana Alih Jenis Manajemen. Departemen Manajemen. Fakultas Ekonomi dan Manajemen. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- de Castro, A., de la Rosa, R., Garcés, R., & Egea, I. (2013). Influence of harvest season on the nutritional quality of fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(28), 7045-7052.
- Deciana, Muhammad Nurdin, Tri Maryono & Suskandini Ratih D. 2014. Inventarisasi Jamur-Jamur Patogen pada Buah Jeruk (*Citrus* sp.) di beberapa Pasar di Bandar Lampung. *J. Agrotek Tropika*. ISSN 2337-4993 Vol. 2, No. 2: 193-196, Mei 2014. Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- García, J., Guerra, M., Flores, A., & García, R. (2012). The impact of harvest timing and storage conditions on the nutritional quality of fresh produce. *Journal of Nutrition and Food Science*, 42(5), 674-682.
- Harker, N., Johnson, G., Razzaque, M., & Sullivan, T. (2010). The influence of harvest timing and postharvest handling on the nutritional quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(8), 1395-1404.
- Islam, M., & Kabbashi, N. (2017). Effects of harvest timing on the nutritive value of selected vegetable crops. *Journal of Horticultural Science and Agriculture*, 32(4), 589-605.
- Jhon David H, STP dan Juliana C. Kilmanun. 2016. Penanganan Pasca Panen Penyimpanan untuk Komoditas Hortikultura. Balai

- Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Barat. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru, 20 Juli 2016
- Kumar, S., Singh, A., Shahank, A., & Singh, V. (2017). Impact of harvest timing on the nutritional quality of fruits and vegetables in tropical regions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(9), 1138-1146.
- Lee, S., Kim, H., & Lim, J. (2016). Influence of harvesting techniques on the nutrient content of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 54(3), 456-465.
- Lia Angraeni. 2019. Pemanfaatan Ekstrak Alami dalam Pengelolaan Penyakit Pasca Panen pada Buah dan Sayur: Review. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 1 (1) 2019, 18-27 18. *Teknologi Hasil Pertanian*, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar. Aceh
- Loekas Soesanto, 2020. Penyakit Pasca Panen. Pengantar ilmu penyakit pascapanen secara menyeluruh, sejak prapanen, saat panen dan pascapanen. Lily Publisher, Yogyakarta
- M. Yusuf Samad. 2006. Pengaruh Penanganan Pasca Panen terhadap Mutu Komoditas Hortikultura. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* Vol. 8 No. 1 April 2006 Hlm. 31-36. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Agroindustri. BPPT. Jakarta
- Ma, Q., Sun, H., Li, L., & Wang, Q. (2014). Effects of postharvest handling practices on the nutritional quality of fresh fruits and vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 31(5), 701-710.
- Mohammadi, A., Talemi, Z., Azarm, H., & Takabi, M. (2018). Effects of postharvest handling on the micronutrient content of fruits and vegetables. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 35(3), 459-470.
- Omara, T., Mendoza, R., Sumingcol, G., & Cuevas, C. (2015). Harvest influence on the nutritional composition of selected fruits and vegetables in the Philippines. *Journal of Nutritional Science*, 28(4), 367-375.
- Ortiz, J., Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L., Gallegos, S., & Corrales, L

- (2011). Influence of postharvest handling on the antioxidant content of fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(6), 942-949.
- Saikia, O., Deka, B., & Gogoi, P. (2018). Harvesting techniques and postharvest handling practices affecting the antioxidant content of fruits and vegetables. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24(7), 789-798.
- Soodeh, G., Basti, A., & Azar, R. (2016). Effects of postharvest handling on the nutritional quality of fresh fruits and vegetables. *Journal of Postharvest Technology*, 4(3), 231-243.
- Tino Mutiarawati. 2007. *Penanganan Pasca Panen Hasil Pertanian*. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Disampaikan pada: Workshop Pemandu Lapangan I (PL-1) Sekolah Lapangan Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian (SL-PPHP). Departemen Pertanian. Jakarta
- Tiwari, A., Verma, S., Chakrabarti, S., Dhawan, N., & Chakraborty, S. (2015). Impact of harvesting techniques on the nutritional content of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 1239-1246.
- Zainul Abidin, E., Bacha, A., Hmidat, M., & Abu-Romman, S. (2014). The influence of harvest time on the nutritional value of fruits and vegetables: a literature review. *Journal of Agricultural and Food Sciences*, 2(1), 44-52.

BAB 4

MANIPULASI GENETIKA DAN PENGARUH PEMURNIAN TERHADAP GIZI PANGAN

Oleh Sapto Priyadi

4.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian telah membawa perubahan signifikan dalam cara manusia memproduksi dan mengonsumsi pangan. Salah satu teknologi yang semakin berkembang adalah manipulasi genetika pada tanaman pangan. Manipulasi genetika mencakup berbagai teknik yang digunakan untuk mengubah sifat genetik tanaman dengan tujuan meningkatkan kualitas, kuantitas, dan ketahanan pangan (Bouis et al., 2003). Metode ini meliputi teknik seperti rekayasa genetika, mutasi terarah, dan teknologi CRISPR (He & Zhao, 2020), yang memungkinkan perubahan spesifik pada genom tanaman sehingga dapat diperoleh karakteristik yang diinginkan, seperti peningkatan nilai gizi, peningkatan resistensi terhadap hama, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem (Singh et al., 2006).

Manipulasi genetika dan pengaruh pemurnian pangan, meskipun memiliki manfaat yang signifikan, juga menimbulkan berbagai pertanyaan terkait dampak jangka panjangnya terhadap kesehatan dan keberlanjutan ekosistem. Salah satu kekhawatiran utama adalah potensi penurunan kualitas gizi dari pangan yang dihasilkan melalui proses ini (Goodman et al., 2005). Manipulasi genetika dirancang dapat meningkatkan kandungan protein atau vitamin dalam suatu tanaman, namun ada potensi bahwa proses tersebut dapat mengurangi kandungan zat gizi lainnya atau meningkatkan senyawa anti-gizi yang berpotensi merugikan kesehatan konsumen (Vaz Patto et al., 2015).

Manipulasi genetika melalui rekayasa genetika modern (bioteknologi), telah digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tanaman pangan seperti daya tahan terhadap penyakit, kualitas hasil,

dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem. Pangan hasil rekayasa genetika yang disebut *genetically modified organisms* (GMO), menjadi bagian penting dalam pangan global (Rodríguez et al., 2022). Pangan ini sering kali ditingkatkan kandungan nutrisinya, seperti beras yang diperkaya vitamin A atau jagung yang lebih tinggi protein. Di sisi lain manipulasi genetika menghadirkan tantangan baru terkait dengan keamanan pangan, keseimbangan ekosistem, dan persepsi publik mengenai pangan yang dihasilkan melalui manipulasi genetika (Bawa & Anilakumar, 2013).

Pemurnian pangan dalam aspek genetika merujuk pada proses peningkatan kualitas nutrisi pangan melalui modifikasi atau seleksi genetik. Kegiatan ini dilakukan untuk menghasilkan tanaman yang memiliki kandungan gizi lebih tinggi atau sifat-sifat tertentu yang diinginkan dalam konteks kesehatan dan keamanan pangan (Gullón et al., 2017). Teknologi pemurnian genetika, termasuk rekayasa genetika dan penyuntingan gen (CRISPR-Cas9), memungkinkan pengembangan tanaman yang diperkaya dengan nutrisi tertentu, seperti *golden rice* yang diperkaya vitamin A. Meskipun manfaat ini jelas, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek jangka panjang dari konsumsi pangan hasil pemurnian genetika terhadap kesehatan manusia dan ekosistem (Zhang et al., 2016).

Bab ini akan membahas bagaimana manipulasi genetika, dan pemurnian genetika mempengaruhi kandungan gizi pangan, dari segi peningkatan maupun potensi penurunan kualitas nutrisi. Bab ini juga memastikan bahwa pendekatan genetika modern dapat digunakan secara berkelanjutan, untuk menghadirkan sistem pangan yang produktif, kaya nutrisi dan aman dikonsumsi.

4.2 Manipulasi Genetika dalam Pertanian

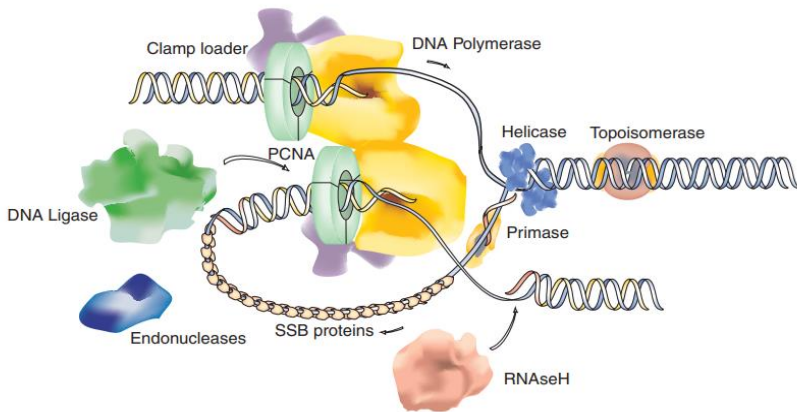
Manipulasi genetika, atau rekayasa genetika, merupakan serangkaian teknik yang digunakan untuk mengubah informasi genetik dari organisme untuk mencapai sifat atau karakteristik yang diinginkan. Dalam konteks pertanian, manipulasi genetika sering kali dilakukan pada tanaman pangan untuk meningkatkan produktivitas, ketahanan terhadap penyakit, dan kandungan nutrisi, serta untuk

menciptakan varietas baru yang lebih sesuai dengan kebutuhan lingkungan dan pasar.

Secara umum, manipulasi genetika melibatkan proses modifikasi DNA organisme melalui berbagai metode, seperti penyisipan, penghapusan, atau pengubahan urutan gen tertentu. Replikasi DNA merupakan proses penting dan fundamental dalam sel hidup yang memastikan bahwa informasi genetik diteruskan dari satu generasi sel ke generasi berikutnya. Setiap kali sel membelah, materi genetik harus digandakan agar setiap sel anak menerima salinan yang sama dari DNA induknya (Leonard & Mechali, 2013). Proses ini bersifat semi-konservatif, di mana setiap molekul DNA yang baru terbentuk terdiri dari satu untai DNA asli (parental) dan satu untai baru yang disintesis. Replikasi DNA terjadi dengan sangat teratur dan terkoordinasi melalui aktivitas enzim seperti helikase yang membuka heliks ganda, serta DNA polimerase yang menambahkan nukleotida pada untai DNA yang terbuka, mengikuti aturan pasangan basa komplementer (Chagin et al., 2010).

Replikasi DNA, merupakan proses penggandaan DNA, yang terjadi sebelum sel membelah. Proses ini memastikan bahwa setiap sel anak menerima salinan yang sama dari materi genetik induknya. tahapan replikasi DNA meliputi:

1. **Inisiasi**, tahapan dimana enzim helikase membuka heliks ganda DNA dengan memisahkan dua untai DNA, menciptakan struktur berbentuk garpu. Skematik garpu replikasi DNA disajikan (Gambar 1).
2. **Pemanjangan (elongation)**, tahapan dimana enzim DNA polimerase menambahkan nukleotida baru pada masing-masing untai DNA yang terbuka sesuai dengan pasangan basa komplementer (A dengan T, G dengan C). Adenin (A) selalu berpasangan dengan Timin (T) melalui dua ikatan hidrogen, Guanin (G) selalu berpasangan dengan Sitosin (C) melalui tiga ikatan hidrogen, namun, dalam RNA, Timin (T) digantikan oleh Urasil (U).
3. **Terminasi**, tahapan setelah seluruh DNA digandakan, dua molekul DNA baru terbentuk, masing-masing terdiri dari satu untai lama dan satu untai baru (semi-konservatif). Hasilnya adalah dua salinan identik dari DNA, yang dibutuhkan agar materi genetik diteruskan ke sel anak saat pembelahan sel.



Gambar 4.1. Garis besar skematis garpu replikasi DNA, komponen molekuler dan aktivitas enzimatik dari replisom. PCNA, antigen inti sel berproliferasi (disebut penjepit DNA polimerase atau faktor prosesivitas). SSB, protein pengikat DNA untai tunggal (Chagin et al., 2010).

Keterangan:

1. DNA polimerase, enzim yang bertanggung jawab untuk menambahkan nukleotida ke untai DNA baru yang sedang disintesis. Terletak di pusat aktivitas replikasi, berinteraksi langsung dengan DNA.
2. Helikase, enzim berwarna biru yang bertugas membuka heliks DNA menjadi dua untai tunggal, memungkinkan akses oleh enzim lain untuk sintesis DNA.
3. Topoisomerase, enzim berwarna oranye dekat helicase yang membantu mengurangi superkoiling yang terjadi sebagai akibat dari unwinding DNA oleh helicase.
4. Primase, enzim yang menempel pada helicase, bertugas membuat primer RNA yang diperlukan untuk inisiasi sintesis DNA oleh DNA polimerase.
5. PCNA (proliferating cell nuclear antigen), terlihat sebagai cincin hijau di sekitar DNA yang berfungsi sebagai penjepit untuk membantu DNA polimerase tetap terikat pada DNA selama replikasi.

6. Clamp Loader, struktur kompleks berwarna kuning di sebelah PCNA yang bertugas memuat PCNA ke DNA. Ini memfasilitasi interaksi antara DNA polimerase dan helai DNA.
7. SSB proteins (single-stranded binding proteins), protein yang mengikat helai DNA tunggal, ditunjukkan sebagai rantai bersisik yang mengelilingi DNA untai tunggal, membantu menjaga stabilitas helai tersebut sehingga tidak terjadi reannealing atau kerusakan selama replikasi.
8. DNA ligase, enzim berwarna hijau yang bertugas menyambungkan fragmen-fragmen DNA menjadi satu helai yang kontinu.
9. Endonucleases, enzim berwarna biru gelap yang terlibat dalam proses pemotongan DNA pada mekanisme perbaikan DNA.
10. RNase H, enzim yang menghilangkan primer RNA yang telah digunakan oleh DNA polimerase untuk memulai sintesis DNA.

Gambar (Gb. 4.1) secara keseluruhan, mengilustrasikan cara kerja replisom dengan koordinasi berbagai enzim dan protein yang berperan dalam memulai, melanjutkan, dan menyelesaikan replikasi DNA secara efisien dan akurat. Skema kompleks replikasi DNA disebut replisom, memperlihatkan berbagai komponen molekuler beserta fungsinya dalam proses replikasi DNA. **Transkripsi DNA**, proses penyalinan informasi genetik dari DNA menjadi molekul RNA, khususnya mRNA (messenger RNA), yang kemudian digunakan untuk mensintesis protein (Riera et al., 2017). Tahapan transkripsi meliputi:

1. Inisiasi, tahapan dimana enzim RNA polimerase menempel pada daerah promotor di DNA, tempat transkripsi akan dimulai.
2. Elongasi, RNA polimerase membuka sebagian kecil heliks DNA dan mulai menyalin salah satu untai DNA (untai template) menjadi RNA dengan memasang nukleotida RNA sesuai dengan basa komplementer DNA (A dengan U, G dengan C).
3. Terminasi, ketika RNA polimerase mencapai urutan terminator di DNA, proses transkripsi berhenti, dan molekul mRNA dilepaskan. mRNA yang terbentuk kemudian digunakan dalam proses translasi untuk membentuk rantai asam amino menjadi protein.

Regulasi Genetik, merupakan mekanisme yang mengendalikan kapan, di mana, dan seberapa banyak gen diekspresikan dalam sel. Regulasi ini memastikan bahwa gen tertentu hanya aktif dalam kondisi tertentu, sehingga protein yang diperlukan diproduksi sesuai kebutuhan (Wang & Vasquez, 2017). Regulasi gen dapat terjadi di berbagai tahap, termasuk:

1. Regulasi transkripsi, tahapan dimana faktor transkripsi, protein khusus, berikatan dengan DNA di sekitar promotor gen untuk mengaktifkan atau menonaktifkan transkripsi. Misalnya, hormon atau sinyal eksternal dapat mengaktifkan atau menekan ekspresi gen tertentu.
2. Regulasi pasca-transkripsi, setelah mRNA dibuat, regulasi bisa terjadi melalui pemotongan, modifikasi, atau degradasi mRNA sebelum diterjemahkan menjadi protein. Misalnya, RNA interference (RNAi) dapat menghentikan mRNA dari ditranslasi.
3. Regulasi translasi, proses sintesis protein dari mRNA juga bisa diatur, dengan beberapa protein mengatur seberapa cepat atau lambat translasi terjadi.
4. Modifikasi protein, setelah protein terbentuk, regulasi juga bisa dilakukan melalui modifikasi protein seperti fosforilasi, yang dapat mengubah fungsi protein atau menandainya untuk degradasi.

Hubungan antara ketiganya: a) Replikasi DNA memastikan bahwa setiap sel memiliki salinan DNA yang sama sebelum sel membelah, menjaga integritas informasi genetik; b) Transkripsi mengubah informasi genetik dari DNA menjadi mRNA, yang kemudian digunakan untuk sintesis protein, yang bertanggung jawab atas fungsi dan karakteristik sel; c) regulasi genetik mengontrol ekspresi gen, sehingga gen hanya aktif pada waktu dan kondisi yang tepat, memastikan keseimbangan dan adaptasi dalam sel serta organisme. Ketiga proses ini saling terkait dalam memastikan bahwa informasi genetik diteruskan, diekspresikan, dan diatur secara tepat di dalam organisme.

4.21 Teknik Manipulasi Genetika

Teknik-teknik yang umum digunakan dalam manipulasi genetika termasuk teknologi rekombinasi DNA (rDNA), di mana gen

dari satu organisme disisipkan ke dalam genom organisme lain; mutagenesis, yang menciptakan variasi genetik melalui paparan bahan kimia atau radiasi; dan CRISPR-Cas9 (He & Zhao, 2020), sebuah teknologi terbaru yang memungkinkan pengeditan gen yang lebih presisi dengan mengarahkan enzim Cas9 ke lokasi spesifik pada DNA untuk melakukan pemotongan dan perubahan pada gen tersebut.

Manipulasi genetika dalam tanaman pangan bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat yang diinginkan, seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit, adaptasi terhadap kondisi lingkungan ekstrem, peningkatan hasil panen, dan peningkatan nilai gizi. Sebagai contoh, tanaman transgenik seperti jagung Bt telah dirancang untuk menghasilkan protein *Bacillus thuringiensis*, yang berfungsi sebagai insektisida alami untuk melindungi tanaman dari hama tertentu. Manipulasi genetika juga memungkinkan pengembangan tanaman biofortifikasi, di mana tanaman dimodifikasi untuk meningkatkan kandungan nutrisi esensial, seperti vitamin A, zat besi, atau asam folat (Sandhya et al., 2020). Hal ini sangat penting dalam upaya mengatasi kekurangan gizi mikro di banyak negara berkembang.

Konsep utama dari manipulasi genetika dalam pertanian adalah pemahaman dimana gen merupakan unit dasar hereditas yang mengendalikan berbagai sifat dalam organisme. Teknologi memodifikasi gen tertentu, para ilmuwan dapat mengendalikan dan mengarahkan perkembangan sifat-sifat yang diinginkan pada tanaman. Manipulasi genetika memungkinkan pemuliaan yang lebih cepat dan efisien dibandingkan dengan metode konvensional (seleksi alami atau hibridisasi), yang membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai hasil yang serupa.

Meskipun menawarkan banyak potensi keuntungan, manipulasi genetika dalam pertanian juga menimbulkan perdebatan dan kekhawatiran, terutama terkait dengan keamanan pangan, dampak lingkungan, dan etika. Terkait dengan perihal tersebut, penelitian dan pengembangan di bidang bioteknologi terus dilakukan untuk memastikan bahwa, teknologi agrikultur pada tanaman pangan aman dan dapat diterima secara luas oleh masyarakat.

Manipulasi genetika dalam pertanian melibatkan berbagai teknik yang memungkinkan perubahan spesifik pada DNA tanaman untuk menghasilkan karakteristik yang diinginkan. Tiga teknik utama

yang digunakan secara luas adalah transgenik, CRISPR, dan mutasi terarah (Sandhya et al., 2020); (Zhang et al., 2016) and (Singh et al., 2006). Setiap teknik ini memiliki prinsip, keunggulan, dan aplikasi khusus dalam pengembangan tanaman yang lebih unggul dan sesuai dengan kebutuhan agrikultur modern.

1. Transgenik

Teknik transgenik merupakan satu diantara bentuk manipulasi genetika yang paling awal dan paling umum digunakan. Transgenik mengacu pada proses dimana gen dari satu organisme (disebut donor) disisipkan ke dalam genom organisme lain (disebut penerima) untuk memberikan sifat baru pada organisme penerima. Tanaman yang dihasilkan melalui teknik ini dikenal sebagai tanaman transgenik atau *genetically modified organisms* (GMO) (Dias, 2013).

Proses transgenik biasanya melibatkan penggunaan *Agrobacterium tumefaciens*, spesies bakteri tanah yang secara alami mampu mentransfer DNA ke tanaman. Gen yang diinginkan dimasukkan ke dalam plasmid bakteri ini, yang kemudian menginfeksi sel tanaman dan mentransfer gen tersebut ke genom tanaman. Alternatif lain penggunaan biolistik, dimana partikel mikroskopis yang dilapisi DNA ditembakkan ke dalam sel tanaman. Contoh, tanaman transgenik jagung Bt dan kapas Bt, yang mengandung gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* untuk menghasilkan protein yang berfungsi sebagai insektisida alami, sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan hama. Keunggulan teknik transgenik meliputi kemampuan untuk memperkenalkan sifat-sifat yang tidak ada dalam spesies tanaman tertentu dan memungkinkan modifikasi yang lebih spesifik dan efisien dibandingkan dengan metode pemuliaan konvensional. Penggunaan transgenik menimbulkan kontroversi terkait isu keamanan pangan, etika, dan dampak lingkungan.

2. CRISPR-Cas9

CRISPR-Cas9 merupakan teknologi pengeditan gen yang lebih baru dan lebih presisi dibandingkan dengan transgenik. Teknologi ini memungkinkan perubahan spesifik pada urutan DNA tanpa harus memperkenalkan gen dari spesies lain (Zhang et al., 2016).

Clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) adalah segmen DNA yang ditemukan pada bakteri, yang berfungsi sebagai bagian dari sistem pertahanan melawan virus. Cas9 adalah enzim yang bekerja sebagai gunting molekuler, yang dapat memotong DNA pada lokasi spesifik yang diarahkan oleh molekul RNA pendamping (guide RNA).

Keunggulan utama CRISPR-Cas9 adalah presisi tinggi, yang memungkinkan para ilmuwan untuk memodifikasi gen secara langsung dan spesifik tanpa efek samping yang tidak diinginkan. Teknologi tersebut digunakan untuk meningkatkan sifat-sifat tanaman seperti ketahanan terhadap penyakit, peningkatan hasil panen, dan peningkatan kandungan nutrisi. Contoh, pengembangan tanaman padi yang lebih tahan terhadap penyakit hawar daun bakteri (Das et al., 2020). CRISPR-Cas9 relatif mudah dan murah untuk diterapkan dibandingkan dengan teknik manipulasi genetik lainnya, sehingga memiliki potensi besar untuk diterapkan secara luas dalam penelitian pertanian di bidang bioteknologi.

3. Mutasi Terarah

Mutasi terarah merupakan teknik lain dalam manipulasi genetika yang melibatkan perubahan spesifik pada gen dengan menggunakan agen mutagenik seperti bahan kimia atau radiasi. Teknik ini berbeda dari mutasi alami atau acak karena dilakukan dengan tujuan tertentu untuk menghasilkan sifat yang diinginkan. Mutasi terarah biasanya dilakukan pada tanaman untuk menciptakan variasi genetik baru yang dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman. Induksi mutasi dengan sinar gamma, para peneliti dapat menciptakan mutasi spesifik yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan ekstrem (kekeringan, salinitas dan peningkatan suhu) (Bawa & Anilakumar, 2013) and (Sandhya et al., 2020).

Keuntungan mutasi terarah, kemampuannya untuk mempercepat proses pemuliaan tanaman dengan menciptakan variasi genetik yang mungkin tidak terjadi secara alami. Tantangan atau kekurangan dari teknik tersebut, hasil mutasi sering kali acak

dan memerlukan proses seleksi yang panjang untuk menemukan mutasi yang diinginkan.

4.2.2 Aplikasi Manipulasi Genetika pada Tanaman Pangan

Manipulasi genetika telah memainkan peran penting dalam meningkatkan produksi dan kualitas tanaman pangan. Melalui berbagai teknik seperti transgenik, CRISPR-Cas9, dan mutasi terarah, para ilmuwan telah berhasil mengembangkan tanaman pangan dengan sifat-sifat unggul yang sulit atau bahkan tidak mungkin dicapai melalui pemuliaan konvensional. Aplikasi ini bertujuan untuk memperkaya kandungan nutrisi, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, dan adaptasi terhadap perubahan iklim, yang semuanya berkontribusi pada keamanan dan ketahanan pangan global.

1. **Peningkatan kandungan nutrisi**

Manipulasi genetika digunakan untuk memperkaya kandungan nutrisi pada tanaman pangan, yang dikenal sebagai biofortifikasi. Contoh, golden rice yang direkayasa mengandung provitamin A (beta-karoten) yang tinggi. Tujuannya untuk mengatasi defisiensi vitamin A di negara-negara berkembang, yang merupakan penyebab utama kebutaan pada anak-anak dan meningkatkan risiko penyakit lainnya. Tanaman lain seperti ubi jalar, pisang, dan jagung juga telah direkayasa untuk mengandung lebih banyak mikronutrien seperti zat besi, zinc, dan asam folat, yang esensial untuk kesehatan manusia (Kinney, 1996).

2. **Peningkatan ketahanan terhadap hama dan penyakit**

Aplikasi paling signifikan dari manipulasi genetika pada tanaman pangan adalah peningkatan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Contoh, pengembangan tanaman jagung Bt dan kapas Bt yang mengandung gen dari bakteri *Bacillus thuringiensis* (Morandini, 2010). Gen tersebut menghasilkan protein yang berfungsi sebagai insektisida alami, melindungi tanaman dari serangan hama tertentu seperti larva ngengat dan kumbang tanpa perlu menggunakan pestisida kimia sintetis. Teknologi rekayasa genetika telah digunakan untuk mengembangkan tanaman yang tahan terhadap penyakit yang disebabkan oleh

virus, bakteri, atau jamur. Contoh, pepaya transgenik yang tahan terhadap virus ringspot (Papaya ringspot Virus, PRSV) telah berhasil dikembangkan dan diperkenalkan di Hawaii, yang sebelumnya menghadapi kerugian besar akibat wabah virus ini (Pérez-Massot et al., 2013); (Azad et al., 2014); and (Chalak et al., 2017).

3. Adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem
Perubahan iklim dan degradasi lingkungan telah menyebabkan tantangan besar dalam pertanian, termasuk kekeringan, salinitas, dan suhu ekstrem. Manipulasi genetika memungkinkan pengembangan tanaman yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem tersebut. Misalnya, tanaman padi yang tahan kekeringan telah dikembangkan melalui rekayasa genetika untuk mengekspresikan gen-gen tertentu yang meningkatkan kemampuan tanaman untuk bertahan hidup dalam kondisi air yang terbatas (Celec et al., 2005). Tanaman tomat dan gandum telah menunjukkan bahwa, dengan memodifikasi gen yang terkait dengan toleransi terhadap salinitas, tanaman-tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di lahan yang memiliki kadar garam tinggi, yang biasanya tidak cocok untuk pertanian (Singh et al., 2006).
4. Peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya
Manipulasi genetika memungkinkan pengembangan tanaman yang lebih efisien dalam penggunaan sumber daya air, nitrogen, dan fosfor. Contoh, tanaman jagung transgenik dikembangkan untuk memiliki peningkatan efisiensi dalam penggunaan nitrogen, yang berarti tanaman ini membutuhkan lebih sedikit pupuk nitrogen untuk menghasilkan hasil panen yang optimal (Rodríguez et al., 2022). Keadaan tersebut tidak hanya mengurangi biaya produksi bagi petani tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan pupuk berlebihan, seperti pencemaran air, emisi gas rumah kaca dan global warming potential.

5. Pengembangan tanaman dengan ciri-ciri khusus

Manipulasi genetika untuk mengembangkan tanaman dengan ciri-ciri khusus yang diinginkan oleh konsumen atau industri. Contoh, tanaman kedelai dan kanola telah direkayasa untuk menghasilkan minyak dengan komposisi asam lemak yang lebih sehat, yang lebih rendah kandungan lemak trans atau lebih tinggi kandungan asam lemak omega-3. Tanaman apel dan kentang transgenik dikembangkan untuk mengurangi produksi zat-zat yang tidak diinginkan selama penyimpanan atau pengolahan, seperti penurunan kandungan akrilamida pada kentang yang digoreng atau pengurangan pencoklatan pada apel yang dipotong (Thakur et al., 2019). Aplikasi bioteknologi mencakup berbagai sektor seperti kesehatan, pertanian, tanaman transgenik (vaksin yang dapat dimakan), industri, dan lingkungan (Celec et al., 2005). Inovasi-inovasi ini telah secara signifikan mengurangi hambatan global dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

4.3 Pemurnian pangan dalam konteks genetika

Dalam konteks genetika, pemurnian pangan merujuk pada proses penyaringan atau penghapusan komponen genetik atau senyawa tertentu dari produk pangan untuk meningkatkan kualitas, keamanan, dan nilai nutrisi produk tersebut. Proses tersebut melibatkan teknik bioteknologi atau metode seleksi genetik modern untuk menghilangkan gen atau senyawa yang tidak diinginkan, seperti antinutrien, alergen, atau toksin, serta untuk memastikan bahwa pangan tersebut memiliki sifat genetik yang optimal bagi konsumen (Gullón et al., 2017).

4.3.1 Penghapusan atau pengurangan senyawa antinutrisi

Pemurnian pangan dalam konteks genetika mengacu pada upaya untuk memperbaiki nilai gizi makanan melalui penghapusan atau pengurangan senyawa antinutrisi, seperti: asam fitat, tanin, dan lektin, yang dapat menghambat penyerapan nutrisi penting (Duraiswamy et al., 2023). Pendekatan ini sering menggunakan teknologi manipulasi genetik untuk mengatur ekspresi gen yang terlibat dalam pembentukan senyawa antinutrisi, sehingga

meningkatkan ketersediaan bio mineral dan zat gizi lainnya dalam pangan.

1. Senyawa antinutrisi dan dampaknya

Senyawa antinutrisi merupakan komponen alami dalam berbagai jenis tanaman pangan, seperti biji-bijian, kacang-kacangan, dan sayuran. Meskipun beberapa senyawa ini memiliki manfaat kesehatan tertentu, seperti sifat antioksidan, namun senyawa tersebut dapat menghambat penyerapan nutrisi penting dalam tubuh. Senyawa antinutrisi yang mempengaruhi kualitas pangan: asam fitat, menghambat penyerapan mineral seperti besi, kalsium, dan seng; tanin, menurunkan ketersediaan protein dan mineral; dan lektin, mengganggu fungsi saluran pencernaan dan menyebabkan malabsorpsi nutrisi (Fekadu Gemele, 2014) .

2. Pemurnian pangan melalui manipulasi genetika

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan bioteknologi memungkinkan para ilmuwan untuk mengatasi masalah senyawa antinutrisi ini melalui manipulasi genetika. Identifikasi gen yang terlibat dalam sintesis senyawa antinutrisi, ilmuwan dapat memodifikasi atau menonaktifkan gen-gen tersebut, sehingga mengurangi produksi senyawa antinutrisi tanpa mengorbankan sifat agronomis atau nutrisi lain dari tanaman (Gullón et al., 2017). Beberapa pendekatan genetik dalam pemurnian pangan mencakup:

- a. Pengurangan asam fitat, beberapa tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kacang-kacangan, ilmuwan telah memodifikasi gen yang mengontrol produksi asam fitat. Pengurangan kadar asam fitat memungkinkan penyerapan mineral lebih baik oleh tubuh, yang sangat penting untuk mengatasi masalah defisiensi mikronutrien di negara berkembang.
- b. Modifikasi tanin, beberapa tanaman seperti sorgum, manipulasi genetik digunakan untuk menurunkan kadar tanin, yang membantu meningkatkan penyerapan protein dan meningkatkan efisiensi penggunaan pangan.
- c. Modifikasi lektin, pada tanaman kacang-kacangan, modifikasi genetik dapat mengurangi lektin, sehingga mengurangi

potensi gangguan pencernaan dan meningkatkan bioavailabilitas protein.

- d. Penerapan dalam pangan, contoh sukses dari pendekatan ini adalah pengembangan beras rendah fitat melalui rekayasa genetika.

Mengurangi aktivitas enzim inositol pentakisphosphate 2-kinase, yang berperan dalam biosintesis asam fitat, kadar fitat dalam beras dapat diturunkan secara signifikan, sehingga meningkatkan ketersediaan mineral bagi konsumen. Mengurangi kadar asam fitat, bioavailabilitas mineral-mineral ini meningkat secara signifikan, membantu mengatasi defisiensi nutrisi yang lazim di negara berkembang (Samtiya et al., 2020).

Pada kacang kedelai, modifikasi genetika dilakukan untuk menurunkan kandungan lektin dan oligosakarida, yang dapat meningkatkan kualitas pencernaan dan memperbaiki penyerapan nutrisi. Lektin merupakan protein yang bisa mengikat karbohidrat di saluran pencernaan dan berpotensi mengganggu penyerapan nutrisi. Pada beberapa orang, konsumsi lektin dalam jumlah besar dapat menyebabkan iritasi usus, mengganggu proses pencernaan, atau bahkan menyebabkan reaksi imun. Pada kacang kedelai, lektin merupakan salah satu faktor antinutrisi yang telah menjadi target rekayasa genetika (Kinney, 1996); (Uzogara, 2000); and (Vaz Patto et al., 2015).

3. Keuntungan pemurnian genetik terhadap gizi pangan
Pemurnian genetik terhadap gizi pangan memberikan beberapa keuntungan:
 - a. Peningkatan bioavailabilitas nutrisi, kegiatan mengurangi atau menghapus senyawa antinutrisi pada tanaman pangan, secara genetik memberikan nutrisi yang lebih mudah diserap tubuh, seperti mineral esensial dan protein.
 - b. Mengatasi masalah malnutrisi, penggunaan teknologi ini sangat relevan dalam mengatasi defisiensi mikronutrien, seperti kekurangan zat besi, seng, dan kalsium, yang umum di daerah dengan konsumsi pangan berbasis biji-bijian yang tinggi.

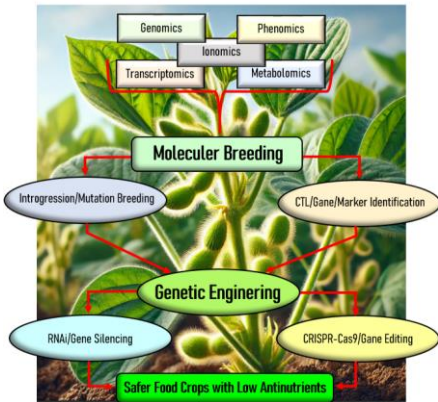
- c. Meningkatkan nilai ekonomi pangan, tanaman yang dimurnikan melalui manipulasi genetika dapat memberikan manfaat ekonomi lebih besar, karena kualitas gizi yang lebih baik menarik permintaan konsumen yang peduli terhadap kesehatan.

4.3.2 Eliminasi alergen melalui manipulasi genetika

Kemajuan dalam bioteknologi telah memungkinkan ilmuwan untuk mengidentifikasi dan menargetkan gen-gen yang mengkode protein alergen dalam tanaman pangan. Penggunaan teknologi rekayasa genetika, seperti CRISPR-Cas9 atau RNA interference (RNAi), gen-gen tersebut dapat dimodifikasi atau dihilangkan sehingga produksi protein alergenik berkurang secara signifikan atau dihilangkan sepenuhnya (He & Zhao, 2020); and (Sandhya et al., 2020).

- a. Penggunaan CRISPR-Cas9, merupakan teknologi penyuntingan gen yang presisi, di mana bagian tertentu dari DNA yang mengkode protein alergen dapat dipotong dan dinonaktifkan. Hal ini memungkinkan penghapusan alergen dengan tetap menjaga sifat penting lainnya pada tanaman pangan tersebut.
- b. RNA interference (RNAi), dimana ekspresi gen alergen diturunkan melalui mekanisme penghentian sementara produksi protein alergen. Keadaan tersebut memungkinkan penurunan jumlah alergen tanpa mengubah banyak aspek genetik lainnya dari tanaman.
- c. Rekombinasi homolog, teknik ini melibatkan pertukaran segmen DNA antara kromosom yang homolog untuk menggantikan gen yang mengkode alergen dengan gen yang lebih aman. Proses ini memungkinkan modifikasi spesifik tanpa mempengaruhi keseluruhan genom tanaman. Contoh: kedelai rekombinasi homolog telah digunakan untuk menggantikan gen alergenik dengan versi non-alergenik, menghasilkan kedelai yang lebih aman untuk dikonsumsi.
- d. Mutagenesis terpadu, melibatkan penggunaan agen mutagenik untuk menginduksi perubahan spesifik gen yang mengkode alergen. Agen ini dapat mengurangi alergenitas protein yang dihasilkan tanpa mengubah fungsi keseluruhan tanaman. Protein Mal d1 merupakan salah satu protein alergenik utama yang

ditemukan dalam apel, dan dikenal sebagai penyebab alergi terhadap buah apel pada individu yang sensitif. Berikut disajikan diagram teknik dalam pemuliaan molekuler dan rekayasa genetika (Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Prospek masa depan untuk meningkatkan kualitas tanaman pangan

Diagram alir ini menunjukkan bagaimana proses molecular breeding mendasari rekayasa genetika untuk memperbaiki sifat tanaman secara lebih efisien dan presisi, yaitu meningkatkan kualitas tanaman pangan yang lebih aman dengan antinutrien yang rendah (*safer food crops with low antinutrients*). Molecular breeding merupakan metode pemuliaan tanaman yang menggunakan pendekatan

molekuler dan bioteknologi untuk mempercepat dan meningkatkan proses pemilihan sifat tanaman yang diinginkan. Teknologi pendukung tentang kompleksitas sifat agronomis dan memungkinkan pemuliaan yang lebih efisien dan presisi, meliputi: *Genomics, transcriptomics, metabolomics, phenomics* dan *ionomics* (Duraiswamy et al., 2023).

Keterangan:

Genomics, merupakan studi tentang keseluruhan genom, yang mencakup semua gen dan informasi genetik dalam suatu organisme. Dalam molecular breeding, genomics membantu mengidentifikasi gen-gen yang bertanggung jawab atas sifat-sifat penting. Misalnya, *quantitative trait loci* (QTL) digunakan untuk menemukan hubungan antara variasi genetik dan sifat agronomis. Memanfaatkan data genomik, pemulia tanaman dapat mengarahkan breeding pada tanaman yang membawa gen-gen unggul, sehingga mempercepat proses seleksi.

Transcriptomics, merupakan studi tentang transkrip RNA dalam suatu organisme, yang mencerminkan gen yang aktif diekspresikan pada kondisi tertentu. Transcriptomics membantu molecular breeding dengan menunjukkan gen-gen mana yang diaktifkan atau dinonaktifkan dalam respon terhadap lingkungan, patogen, atau kondisi pertumbuhan tertentu. Ini membantu dalam memahami regulasi gen dan menentukan gen mana yang penting untuk meningkatkan sifat tanaman. Menganalisis transkrip RNA, pemulia tanaman dapat memilih tanaman yang menunjukkan pola ekspresi gen yang sesuai dengan sifat yang diinginkan.

Metabolomics, merupakan studi tentang profil metabolit, yaitu produk akhir dari proses biokimia dalam sel atau organisme. Dalam molecular breeding, metabolomics digunakan untuk memahami bagaimana perubahan genetik atau lingkungan memengaruhi profil metabolit tanaman, seperti nutrisi, aroma, atau kandungan bioaktif lainnya. Mengidentifikasi hubungan antara metabolit dan sifat fenotipik (seperti rasa atau ketahanan penyakit), pemulia tanaman dapat menyeleksi varietas tanaman yang memiliki profil metabolit yang lebih unggul.

Phenomics, merupakan studi tentang sifat-sifat fenotipik (ciri-ciri fisik dan perilaku) suatu organisme dalam berbagai kondisi. Phenomics memainkan peran penting dalam *molecular breeding* dengan menyediakan data fenotipik besar yang dikumpulkan melalui sensor, citra, atau metode otomatis lainnya, yang membantu mengidentifikasi sifat unggul seperti pertumbuhan cepat, ketahanan terhadap hama, atau toleransi terhadap cekaman lingkungan. Pemulia tanaman dapat menggunakan data fenotipik yang dikaitkan dengan data genomik atau metabolomik untuk membuat seleksi yang lebih efisien.

Ionomics, merupakan studi tentang komposisi ion logam dan elemen dalam jaringan organisme, seperti besi (Fe), magnesium (Mg), atau zink (Zn). Dalam molecular breeding, ionomics dapat membantu dalam memahami bagaimana tanaman menyerap dan mendistribusikan elemen penting untuk pertumbuhan dan kesehatan. Ini sangat penting untuk meningkatkan kandungan nutrisi tanaman, seperti meningkatkan kandungan besi pada beras atau zink pada gandum untuk memerangi malnutrisi mikro. Pemulia tanaman dapat

menggunakan data ionomik untuk memilih tanaman dengan profil nutrisi yang lebih baik atau yang lebih efisien dalam menyerap unsur-unsur penting dari tanah. Berdasarkan data genomics, transcriptomics, metabolomics, phenomics, dan ionomics memungkinkan pemulia tanaman mengambil pendekatan yang lebih berbasis pengetahuan untuk pemilihan sifat unggul. Dukungan berbagai disiplin ilmu tersebut mengarah pada pemuliaan yang lebih efisien dan terarah, untuk menghasilkan tanaman yang lebih bergizi, dan tahan terhadap tantangan lingkungan.

Rekayasa genetika berbeda dari bioteknologi karena melibatkan pengambilan dan penyisipan materi genetik atau DNA, yang dapat mengubah sifat organisme, dikenal sebagai organisme hasil rekayasa genetika. Kedua bidang ini sering kali saling melengkapi, tergantung pada teknik dan aplikasi yang digunakan. Pendekatan berbasis “omik”, telah mendorong kemajuan dalam bidang tersebut (Munshi & Sharma, 2018).

Dua tahapan penting dalam molecular breeding:

1. *Introgression/Mutation Breeding.*

Introgression, merupakan proses transfer gen tertentu dari satu spesies atau varietas ke spesies atau varietas lain melalui persilangan konvensional. Tujuannya untuk menggabungkan sifat-sifat unggul dari tanaman donor ke tanaman penerima, seperti ketahanan terhadap hama atau peningkatan hasil produksi. Setelah melakukan persilangan, tanaman yang dihasilkan kemudian diseleksi dan diuji untuk memastikan gen yang diinginkan telah terintegrasi dengan baik. *Mutation breeding*, melalui penggunaan bahan kimia atau radiasi untuk menghasilkan perubahan dalam DNA tanaman (mutasi induksi). Mutasi ini diharapkan dapat menciptakan sifat-sifat baru yang menguntungkan, seperti peningkatan toleransi terhadap lingkungan atau ketahanan terhadap penyakit. Proses ini melibatkan induksi variasi genetik secara acak dan seleksi tanaman dengan sifat yang diinginkan.

2. *CTL/Gene/Marker Identification.*

Candidate Trait Loci (CTL) identification, merujuk pada lokasi spesifik dalam genom yang diyakini bertanggung jawab atas

ekspresi suatu sifat tertentu (misalnya ketahanan terhadap stres atau peningkatan produksi). Identifikasi CTL dilakukan melalui studi asosiasi genetik atau pemetaan lokus gen. CTL penting karena memberikan informasi tentang gen atau alel yang dapat dimanfaatkan dalam breeding. Gene Identification, melibatkan pencarian dan karakterisasi gen spesifik yang mengontrol sifat-sifat penting, seperti ketahanan terhadap patogen atau peningkatan kandungan gizi. Penemuan gen yang dimaksudkan, kemudian memungkinkan manipulasi untuk memperbaiki sifat tanaman secara spesifik. Marker Identification, menggunakan penanda genetik yang dikaitkan dengan sifat yang diinginkan untuk mempermudah proses seleksi dalam pemuliaan tanaman (marker-assisted selection/MAS). Penanda ini membantu pemulia tanaman dalam memilih individu tanaman yang membawa gen yang diinginkan, tanpa perlu menunggu tanaman mencapai tahap dewasa atau melakukan uji laboratorium yang rumit.

Setelah identifikasi gen, CTL, atau penanda yang relevan, tahap berikutnya adalah rekayasa genetika (*genetic engineering*). Pada tahap ini, gen yang diinginkan dapat langsung diintroduksi ke genom tanaman menggunakan teknik seperti CRISPR atau transgenesis (Zhang et al., 2016). Tujuannya adalah untuk mempercepat penggabungan sifat-sifat unggul ke dalam tanaman pangan.

RNAi (*RNA interference*) merupakan mekanisme alami sel untuk mematikan ekspresi gen secara spesifik. Proses ini melibatkan penggunaan molekul RNA kecil, seperti siRNA (*small interfering RNA*) atau miRNA (microRNA), yang secara spesifik berikatan dengan mRNA target dan menyebabkan degradasi mRNA tersebut, mencegah translasi gen menjadi protein. RNAi digunakan untuk mengontrol ekspresi gen yang tidak diinginkan, seperti menghentikan gen patogen atau meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit (Thakur et al., 2019).

CRISPR-Cas9, merupakan teknologi pengeditan genom yang memungkinkan pemotongan DNA di lokasi spesifik. Teknologi ini digunakan untuk menyunting gen dengan menambah, menghapus, atau mengubah urutan DNA, yang membuatnya sangat efektif untuk memperbaiki mutasi genetik, meningkatkan sifat tanaman, atau

penelitian genetik lainnya. Kedua teknologi ini memfasilitasi manipulasi genetik secara presisi, namun RNAi lebih fokus pada menghentikan gen, sementara CRISPR-Cas9 menyunting langsung pada DNA (Sandhya et al., 2020). Gen adalah unit dasar pewarisan sifat yang terdapat dalam DNA, mengkode informasi untuk menghasilkan protein, yang kemudian menentukan ciri-ciri fisik dan fungsi suatu organisme. Marker adalah penanda genetik yang digunakan untuk melacak lokasi gen atau QTL tertentu pada kromosom, bisa berupa urutan DNA yang unik atau variasi genetik lainnya. Marker digunakan dalam pemetaan genetik untuk membangun peta genetik dan mengidentifikasi gen atau QTL yang bertanggung jawab atas sifat tertentu.

Pemurnian pangan melalui eliminasi alergen menawarkan berbagai manfaat bagi konsumen, terutama mereka yang rentan terhadap alergi:

1. Meningkatkan keamanan pangan, dengan teknologi eliminasi alergen dapat mengurangi risiko reaksi alergi, membuatnya lebih aman bagi individu yang sensitif.
2. Memperluas akses pangan, untuk individu yang alergi terhadap makanan tertentu, seperti kacang atau susu, adanya produk bebas alergen dapat membuka akses lebih luas terhadap pilihan makanan.
3. Peningkatan kualitas hidup, eliminasi alergen akan mengurangi kekhawatiran dan pembatasan diet ketat yang sering kali harus dijalani oleh individu dengan alergi makanan.

4.3.3 Penghapusan gen toksin

Pemurnian pangan melalui teknologi penghapusan gen toksin merupakan pendekatan bioteknologi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan keamanan pangan dengan menghilangkan atau memodifikasi gen-gen yang bertanggung jawab atas produksi senyawa toksik dalam tanaman atau hewan pangan. Beberapa organisme menghasilkan senyawa toksik secara alami sebagai mekanisme pertahanan terhadap hama dan patogen, namun beberapa senyawa ini berpotensi berbahaya bagi manusia jika dikonsumsi dalam jumlah besar. Teknologi ini dapat memastikan pangan yang lebih aman, berkualitas tinggi, dan lebih bergizi dengan meminimalkan

atau menghilangkan senyawa beracun (Fekadu Gemedo, 2014). Senyawa toksik dalam pangan dapat berupa zat kimia alami yang terdapat pada tanaman, yang memiliki potensi merugikan kesehatan jika dikonsumsi dalam jumlah berlebihan (Morandini, 2010). Beberapa contoh senyawa toksik alami dalam pangan:

1. Glukosinolat pada tanaman kubis dan brokoli, yang dapat menjadi racun jika tidak diolah dengan benar.
2. Gossypol pada tanaman kapas, yang dapat mengganggu fungsi reproduksi dan kardiovaskular.
3. Solanin pada kentang, senyawa beracun yang dapat menyebabkan mual, muntah, dan bahkan keracunan parah pada dosis tinggi.
4. Cyanogenic glycosides pada singkong dan biji buah-buahan seperti aprikot dan almond, yang menghasilkan sianida ketika dicerna.

Pemurnian pangan melalui penghapusan gen toksin memberikan sejumlah keuntungan yang signifikan:

1. Keamanan pangan yang lebih tinggi, karena menghilangkan atau mengurangi toksin alami dalam pangan akan mengurangi risiko keracunan makanan dan memperbaiki kesehatan masyarakat, terutama di wilayah yang mengandalkan tanaman yang berpotensi beracun.
2. Meningkatkan nilai gizi, makanan menjadi lebih aman untuk dikonsumsi dan dapat dimanfaatkan lebih luas, termasuk sebagai bahan pangan olahan atau bahan pangan bagi populasi yang rentan, seperti anak-anak dan lansia.
3. Menambah keanekaragaman sumber pangan, beberapa tanaman atau komoditas yang sebelumnya dianggap beracun dapat dimodifikasi agar menjadi aman, sehingga menambah keanekaragaman pilihan pangan dan meningkatkan ketahanan pangan global.

4.3.4 Optimisasi profil nutrisi

Pemurnian pangan melalui teknologi optimasi profil nutrisi merupakan pendekatan inovatif dalam bidang bioteknologi dan rekayasa genetika yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas nutrisi makanan. Proses ini melibatkan modifikasi genetika pada tanaman

atau hewan pangan untuk meningkatkan kandungan nutrisi penting, seperti vitamin, mineral, protein, dan asam lemak esensial, sambil mengurangi komponen yang kurang diinginkan, seperti senyawa anti-nutrisi atau lemak jenuh. Teknologi ini menawarkan solusi untuk memperbaiki defisiensi gizi dan meningkatkan kesehatan global, terutama di wilayah yang memiliki akses terbatas terhadap pangan bergizi.

Optimasi profil nutrisi dalam konteks pemurnian pangan mengacu pada upaya untuk memperbaiki keseimbangan nutrisi dalam bahan pangan dengan:

1. Meningkatkan kandungan nutrisi penting, seperti: vitamin (misalnya, vitamin A, C, dan D), mineral (misalnya, zat besi, seng, dan kalsium), protein berkualitas tinggi (dengan proporsi asam amino esensial yang lebih baik), asam lemak omega-3 dan omega-6 (Dias, 2013).
2. Mengurangi komponen berbahaya atau kurang diinginkan, seperti: senyawa anti-nutrisi (misalnya, asam fitat atau tanin yang menghambat penyerapan mineral), lemak trans atau lemak jenuh yang meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (Duraiswamy et al., 2023).

Pendekatan ini memberikan berbagai manfaat yang signifikan, termasuk:

1. Mengatasi kekurangan mikronutrien, di banyak negara berkembang, kekurangan mikronutrien seperti zat besi, yodium, vitamin A, dan seng merupakan masalah kesehatan masyarakat utama. Optimasi nutrisi dalam tanaman pangan dapat membantu mengatasi masalah ini dengan cara yang berkelanjutan.
2. Meningkatkan kesehatan global, dengan meningkatkan kandungan nutrisi dalam makanan pokok seperti beras, jagung, atau kasava, pemurnian pangan ini dapat berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat global, terutama di wilayah yang mengalami kekurangan gizi.
3. Mengurangi ketergantungan pada suplemen, pangan yang dioptimalkan secara nutrisi mengurangi kebutuhan akan suplemen gizi tambahan, yang sering kali tidak dapat diakses atau terlalu mahal bagi masyarakat di wilayah terpencil.

4. Mengurangi penyakit terkait gizi buruk, dengan meningkatkan kandungan nutrisi penting dan mengurangi komponen berbahaya dalam pangan, teknologi ini dapat mengurangi risiko penyakit yang disebabkan oleh gizi buruk, seperti anemia, malnutrisi, penyakit jantung, dan defisiensi vitamin.

4.4 Keamanan dan Etika Manipulasi Genetika pada Tanaman Pangan

Manipulasi genetika pada tanaman pangan membawa tantangan terkait keamanan pangan, kesehatan manusia, lingkungan, serta persoalan etika yang harus dipertimbangkan secara mendalam.

1. Keamanan pangan

Keamanan pangan menjadi perhatian utama dalam pengembangan dan penggunaan tanaman hasil rekayasa genetika. Pertanyaan mengenai potensi alergenitas, toksisitas, dan dampak jangka panjang dari konsumsi makanan transgenik sering kali muncul. Untuk mengatasi hal ini, berbagai regulasi dan uji keamanan ketat diterapkan sebelum tanaman transgenik dilepas ke pasaran. Organisasi seperti FAO/WHO mengembangkan panduan untuk menilai keamanan pangan dari GMO (*Genetically Modified Organisms*) (Goodman et al., 2005).

Penelitian telah menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman transgenik yang ada di pasaran saat ini aman untuk dikonsumsi manusia. Misalnya, meta-analisis dari berbagai studi yang dilakukan oleh *National Academy of Sciences di Amerika Serikat* menyimpulkan bahwa tidak ada bukti ilmiah yang menunjukkan bahwa tanaman transgenik lebih berisiko dibandingkan dengan tanaman non-transgenik (Cockburn, 2002).

2. Dampak terhadap lingkungan

Dampak lingkungan tanaman hasil rekayasa genetika menjadi perhatian penting, isu yang sering diangkat termasuk kemungkinan hibridisasi dengan tanaman liar, resistensi hama terhadap tanaman transgenik, dan penurunan keanekaragaman hayati. Penggunaan tanaman yang tahan terhadap herbisida dapat menyebabkan peningkatan penggunaan herbisida dan

berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan (Goodman et al., 2005).

Risiko lingkungan dan keamanan yang dihasilkan melalui penggunaan alat-alat rekayasa genetika yang lebih presisi diperkirakan jauh lebih rendah dibandingkan dengan pendekatan genetika klasik, serta merupakan alternatif yang jauh lebih bijak dibandingkan dengan penerapan bahan kimia sintetis (Morandini, 2010). Untuk mengatasi tantangan berbagai strategi diterapkan, seperti penanaman zona penyangga (*buffer zones*) untuk mencegah penyebaran gen ke spesies liar, serta rotasi tanaman dan strategi manajemen/pengelolaan hama terpadu untuk mencegah resistensi hama.

3. Isu etika

Isu etika manipulasi genetika mencakup berbagai aspek, termasuk hak atas informasi, pilihan konsumen, dan dampak ekonomi bagi petani kecil. Beberapa kelompok masyarakat menolak penggunaan tanaman transgenik karena alasan etika atau agama, yang berpendapat bahwa manipulasi genetika adalah campur tangan yang tidak wajar dalam alam. Isu-isu etika dan sosial turut muncul dari berbagai perspektif, mulai dari kalangan peneliti, pemerintah, masyarakat umum, maupun organisasi nonpemerintah (Munshi & Sharma, 2018).

Selain itu, ada kekhawatiran tentang kepemilikan intelektual atas benih transgenik yang dapat menyebabkan monopoli oleh perusahaan besar dan merugikan petani kecil yang harus membeli benih baru setiap tahun. Di sisi lain, pendukung GMO berargumen bahwa teknologi ini penting untuk mencapai ketahanan pangan global dan mengurangi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan.

4. Regulasi dan kebijakan

Untuk menangani masalah keamanan dan etika, banyak negara telah mengadopsi regulasi ketat terkait penelitian, pengembangan, dan komersialisasi tanaman hasil rekayasa genetika. Negara-negara Uni Eropa, semua GMO harus melalui proses penilaian risiko yang ketat sebelum diizinkan untuk


dikomersialisasikan. Di sisi lain, beberapa negara seperti Amerika Serikat memiliki regulasi yang lebih terbuka, tetapi tetap memberlakukan uji keamanan yang ketat. Isu labeling atau pelabelan juga menjadi topik perdebatan, di beberapa negara mewajibkan pelabelan yang jelas untuk produk makanan yang mengandung GMO, sehingga konsumen memiliki hak untuk mengetahui dan memilih produk yang akan dikonsumsi (Cockburn, 2002); and (Rodríguez et al., 2022).

Prinsip-prinsip regulasi oleh Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) dan Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) Perserikatan Bangsa-Bangsa, membentuk Codex Alimentarius 1963 untuk melindungi kesehatan konsumen dan memastikan praktik perdagangan pangan yang adil. Bersama dengan Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) 1993, mengeluarkan panduan mengenai bioteknologi yang bertujuan untuk memfasilitasi pengembangan dan penggunaan teknologi ini secara aman dan bertanggung jawab. Keduanya merumuskan pedoman berisi perincian lebih lanjut tentang prinsip-prinsip analisis risiko makanan yang berasal dari bioteknologi modern, yaitu kerangka kerja untuk membuat penilaian keamanan makanan yang berasal dari tanaman DNA rekombinan (Rodríguez et al., 2022). Tujuannya untuk meningkatkan kerjasama antarnegara dalam penelitian dan regulasi bioteknologi, memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman untuk konsumen dan lingkungan, sambil mempromosikan inovasi. Berikut pedoman yang dibuat (gambar 3), untuk menilai keamanan produk pangan yang dibuat melalui teknologi rekombinan-DNA (meliputi tanaman maupun mikroba yang telah diubah secara genetik).

FAO – WHO

Codex Alimentarius (1963) dan OECD (1993)

Pada tahun 2003: Kerangka penilaian keselamatan untuk mengatasi faktor-faktor yang relevan

- Prinsip-prinsip untuk analisis risiko pangan yang berasal dari bioteknologi modern
 - Pedoman untuk penilaian keamanan pangan yang berasal dari mikroba dna rekombinan
 - Pedoman untuk penilaian keamanan pangan yang berasal dari tanaman rekombinan-DNA
- 
1. Deskripsi tanaman rekombinan-DNA
 2. Deskripsi tanaman inang dan penggunaannya sebagai pangan
 3. Deskripsi organisme donor
 4. Deskripsi modifikasi genetik
 5. Karakterisasi modifikasi genetik
 6. Penilaian keamanan
 7. Pertimbangan lain

Gambar 4.3. Pengembangan standar dan rekomendasi untuk produk hasil bioteknologi (Rodríguez et al., 2022).

Dokumen tersebut memberikan kerangka kerja dan panduan penting untuk memastikan bahwa produk bioteknologi dihasilkan dan diatur dengan cara yang aman dan efektif. Codex Alimentarius lebih fokus pada standar dan panduan untuk keamanan pangan, sedangkan OECD berfokus pada penilaian risiko dan inovasi dalam bioteknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Azad, A. K., Amin, L., & Sidik, N. M. (2014). Gene Technology for Papaya Ringspot Virus Disease Management. Hindawi Publishing Corporation the Scientific World Journal Vol. 2014, 11p. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/768038>
- Bawa, A. S., & Anilakumar, K. R. (2013). Genetically modified foods: Safety, risks and public concerns - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 50(6), 1035–1046. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0899-1>
- Bouis, H. E., Chassy, B. M., & Ochanda, J. O. (2003). Genetically modified food crops and their contribution to human nutrition and food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 14(5–8), 191–209. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00073-6](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00073-6)
- Celec, P., Kukučková, M., Renczésová, V., Natarajan, S., Pálffy, R., Gardlík, R., Hodosy, J., Behuliak, M., Vlková, B., Minárik, G., Szemes, T., Stuchlík, S., & Turňa, J. (2005). Biological and biomedical aspects of genetically modified food. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 59(10), 531–540. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2005.07.013>
- Chagin, V. O., Stear, J. H., & Cardoso, M. C. (2010). Organization of DNA replication. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(4). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a000737>
- Chalak, S., Hasbnis, S., & Supe, V. (2017). Papaya ring spot disease management: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry JPP*, 6(65), 1911–1914. <http://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue5/PartAB/6-5-262-628>
- Cockburn, A. (2002). <Assuring the safety of genetically modified (GM) foods.pdf>. 98, 79–106.
- Das, P., Adak, S., & Lahiri Majumder, A. (2020). Genetic Manipulation for Improved Nutritional Quality in Rice. *Frontiers in Genetics*, 11(July), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00776>
- Dias, J. S. (2013). Vegetable breeding for nutritional quality and health benefits. *Cultivars: Chemical Properties, Antioxidant Activities and Health Benefits*, 2012(September), 1–82.

- Duraiswamy, A., Sneha A, N. M., Jebakani K, S., Selvaraj, S., Pramitha J, L., Selvaraj, R., Petchiammal K, I., Kather Sheriff, S., Thinakaran, J., Rathinamoorthy, S., & Kumar P, R. (2023). Genetic manipulation of anti-nutritional factors in major crops for a sustainable diet in future. *Frontiers in Plant Science*, 13(February), 1–26. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1070398>
- Fekadu Gemedo, H. (2014). Antinutritional Factors in Plant Foods: Potential Health Benefits and Adverse Effects. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(4), 284. <https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140304.18>
- Goodman, R. E., Hefle, S. L., Taylor, S. L., & Van Ree, R. (2005). Assessing genetically modified crops to minimize the risk of increased food allergy: A review. *International Archives of Allergy and Immunology*, 137(2), 153–166. <https://doi.org/10.1159/000086314>
- Gullón, B., Lú-Chau, T. A., Moreira, M. T., Lema, J. M., & Eibes, G. (2017). Rutin: A review on extraction, identification and purification methods, biological activities and approaches to enhance its bioavailability. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 220–235. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.008>
- He, Y., & Zhao, Y. (2020). Technological breakthroughs in generating transgene-free and genetically stable CRISPR-edited plants. *ABIOTECH*, 1(1), 88–96. <https://doi.org/10.1007/s42994-019-00013-x>
- Kinney, A. J. (1996). Development of genetically engineered soybean oils for food applications. *Journal of Food Lipids*, 3(4), 273–292. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4522.1996.tb00074.x>
- Leonard, A. C., & Mechali, M. (2013). DNA replication origins. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 3(10), 1–18. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a010116>
- Morandini, P. (2010). Inactivation of allergens and toxins. *New Biotechnology*, 27(5), 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2010.06.011>
- Munshi, A., & Sharma, V. (2018). Safety and ethics in biotechnology and bioengineering: What to follow and what not to. In *Omics Technologies and Bio-engineering: Towards Improving Quality of Life* (Vol. 1). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12->

- Pérez-Massot, E., Banakar, R., Gómez-Galera, S., Zorrilla-López, U., Sanahuja, G., Arjó, G., Miralpeix, B., Vamvaka, E., Farré, G., Rivera, S. M., Dashevskaya, S., Berman, J., Sabalza, M., Yuan, D., Bai, C., Bassie, L., Twyman, R. M., Capell, T., Christou, P., & Zhu, C. (2013). The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: Opportunities and constraints. *Genes and Nutrition*, 8(1), 29–41. <https://doi.org/10.1007/s12263-012-0315-5>
- Riera, A., Barbon, M., Noguchi, Y., Reuter, L. M., Schneider, S., & Speck, C. (2017). From structure to mechanism— understanding initiation of DNA replication. *Genes and Development*, 31(11), 1073–1088. <https://doi.org/10.1101/gad.298232.117>
- Rodríguez, A. V., Rodríguez-Oramas, C., Velázquez, E. S., de la Torre, A. H., Armendáriz, C. R., & Iruzubieta, C. C. (2022). Myths and Realities about Genetically Modified Food: A Risk-Benefit Analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12062861>
- Samtiya, M., Aluko, R. E., & Dhewa, T. (2020). Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-0020-5>
- Sandhya, D., Jogam, P., Allini, V. R., Abbagani, S., & Alok, A. (2020). The present and potential future methods for delivering CRISPR/Cas9 components in plants. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s43141-020-00036-8>
- Singh, O. V., Ghai, S., Paul, D., & Jain, R. K. (2006). Genetically modified crops: Success, safety assessment, and public concern. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71(5), 598–607. <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0449-8>
- Thakur, A., Sharma, V., Thakur, A., & Vishal Sharma, C. (2019). An overview of anti-nutritional factors in food. *International Journal of Chemical Studies*, 7(1), 2472–2479.
- Uzogara, S. G. (2000). The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnology Advances*, 18(3), 179–206. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(00\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(00)00033-1)

- Vaz Patta, M. C., Amarowicz, R., Aryee, A. N. A., Boye, J. I., Chung, H. J., Martín-Cabrejas, M. A., & Domoney, C. (2015). Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(January), 105–143. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.897907>
- Wang, G., & Vasquez, K. M. (2017). Effects of replication and transcription on DNA Structure-Related genetic instability. *Genes*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/genes8010017>
- Zhang, D., Li, Z., & Li, J. F. (2016). Targeted Gene Manipulation in Plants Using the CRISPR/Cas Technology. *Journal of Genetics and Genomics*, 43(5), 251–262. <https://doi.org/10.1016/j.jgg.2016.03.001>

BAB 5

PENGARUH PENGOLAHAN PANAS TERHADAP GIZI PANGAN

Oleh Santi Dwi Astuti

5.1 Pendahuluan

Proses pemanasan pada pengolahan pangan adalah suatu teknik pengolahan di mana bahan pangan dipanaskan menggunakan energi termal dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan pangan, memperpanjang umur simpan, meningkatkan kualitas sensoris (seperti rasa, warna, dan tekstur), serta mempermudah pencernaan. Proses ini juga digunakan untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen dan enzim yang dapat merusak kualitas pangan, serta untuk mengubah sifat fisikokimia dari komponen bahan pangan agar lebih sesuai untuk konsumsi. Proses pemanasan dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti perebusan, pengukusan pengeringan, pasteurisasi, sterilisasi, penggorengan, pemangganan, dan ekstrusi.

Berbagai metode pengolahan dengan pemanasan dapat secara signifikan mengubah jumlah zat gizi dalam makanan, baik zat gizi makro (karbohidrat, protein, dan lemak) maupun zat gizi mikro (vitamin dan mineral). Pemanasan mempengaruhi zat gizi pangan melalui berbagai mekanisme, termasuk denaturasi, oksidasi, degradasi, dan pelarutan. Zat gizi makro seperti karbohidrat dan protein dapat mengalami perubahan struktural yang mempengaruhi kualitas dan ketersediaan, dengan beberapa manfaat seperti peningkatan daya cerna, namun juga potensi hilangnya zat gizi penting pada suhu tinggi. Zat gizi mikro, terutama vitamin, lebih rentan terhadap panas. Vitamin larut air seperti vitamin C dan B dapat rusak dengan cepat dalam pemanasan, sementara mineral relatif lebih tahan tetapi bisa hilang dalam air rebusan. Pemilihan metode pengolahan yang tepat dapat meminimalkan kehilangan zat gizi.

Kajian lebih mendalam tentang dampak pemanasan terhadap zat gizi sangat penting untuk meningkatkan kesehatan masyarakat,

memastikan efisiensi proses pengolahan, menjaga keamanan pangan, serta mendukung inovasi dan keberlanjutan dalam sistem pangan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana zat gizi berubah selama proses pemanasan, industri pangan, peneliti, dan konsumen dapat membuat keputusan yang lebih bijaksana dalam mengolah dan mengonsumsi makanan yang bergizi tinggi dan aman.

5.2 Proses Pengolahan dengan Panas

Blanching

Blanching adalah proses pemanasan singkat yang biasanya diterapkan pada sayuran atau buah sebelum proses pengolahan lebih lanjut, seperti pengalengan, pembekuan, atau pengeringan. Metode yang umum digunakan yaitu menggunakan air panas dan uap panas. *Blanching* dengan air panas (*water blanching*) biasanya dilakukan pada buah dan sayur dengan cara merendam bahan dalam air panas pada suhu sekitar 75-100°C selama 1 hingga 5 menit yang ditujukan untuk menginaktivasi enzim yang dapat menyebabkan perubahan warna dan kerusakan zat gizi seperti pada sayuran seperti bayam, buncis, dan brokoli; buah-buahan seperti tomat sebelum dikalengkan; dan wortel, kacang polong, dan jagung sebelum dibekukan.

Blanching dengan uap (*steam blanching*) dilakukan dengan menempatkan produk di atas wadah berlubang yang memungkinkan uap dari air mendidih untuk mengalir ke seluruh permukaan produk. Produk dibiarkan terkena uap pada suhu 100°C selama 2 hingga 7 menit untuk menginaktivasi enzim seperti polifenol oksidase yang menyebabkan browning, serta lipoksigenase yang menyebabkan bau dan perubahan rasa; mempertahankan warna, rasa, dan tekstur yang lebih baik dibandingkan blansing air panas, terutama untuk sayuran berdaun hijau; dan untuk mengurangi kehilangan nutrisi yang larut dalam air (misalnya, vitamin C). Produk yang diblansing dengan uap yaitu brokoli, kembang kol, dan bayam; jagung manis, kacang polong; kubis dan kentang sebelum dikeringkan atau dibekukan.

Selain dengan air dan uap, blansing juga dapat dilakukan dengan microwave, uap bertekanan, blansing dalam minyak, blansing dengan uap suhu rendah (60-75°C selama 10-30 menit)

Pasteurisasi

Pasteurisasi adalah proses pemanasan makanan atau minuman pada suhu yang relatif rendah selama periode waktu tertentu untuk membunuh mikroorganisme patogen dan memperpanjang umur simpan tanpa mengubah kualitas organoleptik dan nilai gizi secara signifikan. Produk pangan yang dipasteurisasi diantaranya adalah susu, jus buah, dan produk minuman lain yang berbentuk cair. Pasteurisasi *Low Temperature Long Time (LTLT)* dilakukan dengan memanaskan produk pada suhu 63°C (145°F) selama 30 menit dengan salah satu tujuannya yaitu membunuh *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, dan *Escherichia coli*. Pasteurisasi *High Temperature Short Time (HTST)* dilakukan dengan memanaskan produk pada suhu 72°C (162°F) selama 15-20 detik. Proses ini diantaranya ditujukan untuk membunuh sebagian besar mikroorganisme patogen tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada rasa dan tekstur. Pasteurisasi *Ultra-High Temperature (UHT)* dilakukan dengan memanaskan produk pada suhu 135-150°C selama 2-5 detik. Proses ini ditujukan untuk memusnahkan semua mikroorganisme patogen dan sebagian besar mikroorganisme pembusuk dan memungkinkan penyimpanan produk pada suhu ruang selama beberapa bulan tanpa memerlukan pendinginan.

Sterilisasi

Sterilisasi adalah proses pengolahan dengan pemanasan pada suhu yang lebih tinggi dari pasteurisasi untuk membunuh semua mikroorganisme, termasuk bakteri patogen, spora bakteri, ragi, dan kapang. Sterilisasi bertujuan untuk memastikan bahwa produk dapat disimpan dalam jangka panjang tanpa memerlukan pendinginan. Produk yang diproses dengan sterilisasi diantaranya adalah makanan kaleng seperti sarden, susu steril, dan sup kalengan. Setiap metode sterilisasi memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan jenis produk dan kebutuhan penyimpanan. Sterilisasi konvensional (*Retort Sterilization*) dilakukan dengan memasukkan produk ke dalam wadah kedap udara (seperti kaleng atau botol kaca), kemudian dipanaskan dalam autoklaf atau retort pada suhu antara 121°C (250°F) selama 15-30 menit di bawah tekanan tinggi (sekitar 15 psi). Proses ini ditujukan untuk membunuh semua mikroorganisme, termasuk spora yang tahan

panas (*Clostridium botulinum*). *Ultra High Temperature (UHT) Sterilization* dilakukan dengan memanaskan produk pada suhu 135-150°C selama 2-5 detik menggunakan penukar panas. Sterilisasi Aseptik (*Aseptic Sterilization*) dilakukan dengan memanaskan produk cair atau semi cair pada suhu 135-150°C, lalu produk dikemas dalam kondisi aseptik di dalam kemasan steril (misalnya karton aseptik atau pouch steril).

Pengeringan

Pengeringan adalah metode pemanasan yang bertujuan untuk menguapkan air bebas dari makanan sehingga diperoleh produk dengan kadar air rendah sehingga lebih awet, volume produk lebih kecil sehingga memudahkan transportasi dan penyimpanan. Pengeringan dilakukan secara luas untuk komoditas sereal, kacang-kacangan, irisan umbi-umbian, buah dan sayur, ikan, rempah-rempah, dan bahan penyegar (teh, kopi, kakao). Pengeringan udara panas (*hot air drying*) dilakukan dengan menempatkan makanan di dalam ruang pengering atau oven yang dialiri udara panas pada suhu sekitar 50-80°C. Pengeringan dengan sinar matahari (*sun drying*) dilakukan dengan menghamparkan produk di atas rak atau jaring di bawah sinar matahari langsung. Pengeringan vakum (*vacuum drying*) dilakukan dengan menempatkan makanan di dalam ruang dengan tekanan udara rendah sehingga air dari produk dapat menguap pada suhu yang lebih rendah. Metode ini mampu mempertahankan mutu fisik, gizi, dan sensori produk dibandingkan dengan pengeringan pada suhu tinggi. Pengeringan beku (*freeze drying*) dilakukan dengan membekukan makanan pada suhu -30 - (-40)°C dan selanjutnya menguapkan air beku dengan cara meningkatkan suhu dan menurunkan tekanan. Proses sublimasi berlangsung hingga kadar air produk mencapai 3-5%. Produk kering beku seperti buah stroberi memiliki karakteristik yang hampir sama dengan produk segarnya, tekstur renyah, dan bersifat higroskopis (mudah menyerap uap air dari lingkungan sekitarnya). Pengeringan semprot (*spray drying*) dilakukan dengan menyemprotkan produk berbentuk cairan dengan kekentalan tertentu (seperti ekstrak kopi, jus buah, atau susu) ke dalam ruang pengering sehingga produk akan berbentuk droplet-droplet halus yang segera dikeringkan oleh udara panas sehingga menghasilkan granula kering

yang porous, ringan, dan bersifat higroskopis. Pengeringan drum (*drum drying*) dilakukan dengan menempatkan bahan cair dengan konsistensi tertentu pada permukaan drum silinder panas bersuhu 120-150°C yang berputar dengan kecepatan tertentu. Lapisan tipis makanan cair menyebar di seluruh permukaan drum dan air dari makanan akan menguap saat drum berputar hingga menghasilkan lapisan kering yang tipis dan ringan. Proses ini sering diterapkan untuk memproduksi puree buah kering, flakes kentang, sereal, dan bubur instan.

Penggorengan

Penggorengan adalah salah satu metode pemanasan yang menggunakan minyak panas untuk memanaskan dan mematangkan makanan. Ada berbagai metode penggorengan yang digunakan untuk menghasilkan produk dengan tekstur dan karakteristik tertentu. Penggorengan metode *shallow frying* dilakukan dengan menggoreng makanan dalam wajan yang berisi minyak dalam jumlah yang cukup untuk menutupi setengah dari ketebalan makanan pada suhu 160-190°C, seperti pada produk tempe dan telur goreng. Penggorengan metode *deep frying* dilakukan dengan memasukkan makanan ke dalam minyak panas yang cukup untuk merendam seluruh permukaan makanan pada suhu antara 175-190°C. Proses ini menghasilkan produk dengan tekstur renyah dan garing di bagian luar dengan bagian dalam yang lembut dan matang sempurna seperti pada produk ayam dan kentang goreng. Penggorengan metode *stir fry* (tumis) dilakukan dengan memasukkan produk ke dalam wajan yang berisi sedikit minyak suhu 160-200°C, seperti pada produk capcay dan mie goreng. Penggorengan metode vakum (*vacuum frying*) dilakukan dengan memasukkan makanan ke dalam minyak panas di dalam ruang bertekanan rendah pada suhu rendah 80-120°C, seperti pada produk keripik dari sayur dan buah. Selain metode di atas, ada juga penggorengan yang menggunakan alat penggoreng udara (*air fryer*). Proses ini menggunakan aliran udara panas yang bersirkulasi pada suhu tinggi 160-200°C untuk menghasilkan produk yang renyah dan garing seperti metode *deep frying*, tetapi dengan kandungan lemak dan kalori yang lebih rendah. Penggorengan dengan metode *deep frying* juga dapat dilakukan dengan menggunakan tekanan tinggi yang

ditujukan untuk mengurangi waktu penggorengan dan memungkinkan makanan matang lebih cepat dan merata. Proses ini menghasilkan produk yang garing diluar dan tetap lembab (*juicy*) dibagian dalam, seperti pada produk ayam kalkun dan daging dengan potongan tebal.

Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses di mana bahan pangan (biasanya berbentuk adonan atau campuran bubuk) diproses melalui aliran tekanan tinggi melalui cetakan (*die*) yang membentuk bahan tersebut sesuai dengan bentuk tertentu. Tahapan proses ekstrusi meliputi pencampuran bahan, pemasakan dalam ekstruder, pencetakan, dan pengeringan. Parameter proses yang perlu diperhatikan dalam proses ekstrusi yaitu jenis bahan, jumlah air yang ditambahkan, suhu, tekanan, dan waktu proses. Bahan dengan kandungan pati tinggi (seperti tepung jagung atau beras) cenderung menghasilkan produk yang lebih ringan dan renyah. Bahan berprotein (seperti kedelai) dapat meningkatkan nilai gizi dan tekstur produk, menghasilkan produk dengan tekstur yang lebih kenyal. Kadar air yang terlalu rendah dapat menyebabkan produk menjadi keras dan tidak dapat diekstrusi dengan baik. Kadar air yang terlalu tinggi dapat menghasilkan produk yang lengket dan sulit untuk diproses. Air berfungsi untuk gelatinisasi pati dan memfasilitasi proses pemanasan, sehingga mempengaruhi tekstur dan rasa produk akhir. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan gelatinisasi pati dan denaturasi protein, menghasilkan produk yang lebih renyah, namun jika terlalu tinggi dapat menurunkan zat gizi produk. Tekanan yang tinggi membantu dalam proses pemanasan dan pencampuran bahan, menghasilkan produk dengan tekstur yang baik, namun tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada struktur produk dan mengubah sifat fisik bahan. Tekanan juga mempengaruhi tingkat ekspansi produk saat keluar dari cetakan, berpengaruh pada bentuk dan ukuran akhir. Waktu ekstrusi yang cukup diperlukan untuk memastikan gelatinisasi pati dan denaturasi protein, yang penting untuk mencapai tekstur yang diinginkan. Produk yang dibuat melalui proses ekstrusi diantaranya adalah mie, pasta, dan macaroni; beras analog, soft candy, daging analog dari kedelai, *extruded snacks*, dan *breakfast cereals*.

Pemanggangan

Pemanggangan adalah metode pemanasan makanan menggunakan panas kering dalam oven atau di atas sumber panas terbuka. Proses ini bertujuan untuk mematangkan makanan dengan menghasilkan tekstur renyah di luar dan mempertahankan kelembutan di dalam. Ada berbagai metode pemanggangan yang dapat digunakan tergantung pada jenis makanan dan hasil akhir yang diinginkan. Pemanggangan kering (*dry roasting*) pada daging dilakukan dengan menempatkannya di atas loyang atau rak pemanggang di dalam oven pada suhu 160-220°C. Pembuatan roti (*bread*) dilakukan dengan pemanggangan kering untuk tujuan pengembangan adonan, pematangan produk, serta untuk menghasilkan warna dan cita rasa yang diinginkan. Pemanggangan basah (*braising*) juga dilakukan dengan menempatkannya di dalam loyang atau panci dengan sedikit cairan seperti kaldu pada suhu 160-180°C untuk menghasilkan produk dengan tekstur yang lebih lembut dan *juicy*. Pada pembuatan *steak* daging dilakukan dengan pemanggangan cepat (*broiling*), yakni dengan menempatkan bahan di bawah sumber panas langsung (broiler) pada jarak dekat di bagian atas oven pada suhu di atas 260°C. Pemanggangan daging yang berukuran besar dan keras dilakukan dengan metode lambat (*slow roasting*) pada suhu 120-150°C selama beberapa jam hingga menghasilkan produk dengan tekstur yang lunak dan matang merata. Sate daging dipanggang dengan metode *grilling*, yakni memanggang makanan di atas sumber panas langsung, seperti bara api atau gas pada suhu tinggi 200-300°C untuk menghasilkan produk dengan rasa beresap, tekstur renyah di luar dan *juicy* dan lembut didalam serta karakteristik *grill* yang khas.

5.3 Faktor Pembatas Perubahan Zat Gizi akibat Pemanasan

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan atau penurunan jumlah dan ketersediaan zat gizi akibat berbagai proses pemanasan sangat bervariasi, diantaranya yaitu :

1. Suhu Pemanasan
 - a. Suhu Tinggi: Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi protein, degradasi vitamin, dan penguraian beberapa komponen gizi. Misalnya, vitamin C dan beberapa vitamin B larut dalam air sangat sensitif terhadap suhu tinggi.
 - b. Variasi Suhu: Proses yang menggunakan variasi suhu yang ekstrem dapat mempengaruhi ketersediaan dan stabilitas zat gizi.
2. Waktu Pemanasan
 - a. Durasi Pemanasan: Waktu pemanasan yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan zat gizi. Sebagian besar vitamin, terutama yang larut dalam air, akan mengalami kerugian yang lebih besar dengan waktu pemanasan yang lebih lama.
 - b. Waktu Spesifik untuk Jenis Makanan: Beberapa jenis makanan memerlukan waktu pemanasan yang lebih lama untuk memastikan keamanan pangan, tetapi dapat mengorbankan nilai gizi.
3. Metode Pemanasan
 - a. Proses Memasak: Metode memasak seperti perebusan dan penggorengan dapat menghasilkan kehilangan zat gizi yang berbeda. Perebusan dapat menyebabkan vitamin larut dalam air hilang, sementara penggorengan dapat menyebabkan oksidasi lemak dan perubahan pada vitamin.
 - b. Kelembaban: Metode yang memerlukan lebih banyak air, seperti perebusan, dapat meningkatkan kehilangan zat gizi jika air rebusan dibuang.
4. Kondisi Makanan
 - a. Komposisi Kimia: Kandungan zat gizi dalam makanan itu sendiri, seperti adanya asam fitat yang dapat mengikat mineral dan mengurangi penyerapan mineral dalam tubuh.
 - b. Kematangan: Kematangan dan kesegaran bahan makanan mempengaruhi kandungan gizi. Sayuran dan buah yang lebih matang mungkin memiliki kandungan gizi yang berbeda dibandingkan yang masih muda.

5. Kualitas Bahan Makanan

- a. Sumber dan Penyimpanan: Kualitas bahan makanan sebelum proses pemanasan juga berpengaruh. Bahan makanan yang tidak segar atau rusak dapat memiliki kandungan gizi yang lebih rendah.
- b. Pengolahan Sebelumnya: Bahan yang telah diproses sebelumnya, seperti pengawetan atau pengeringan, mungkin telah kehilangan sebagian besar zat gizi.

6. Kandungan Air

- a. Kadar Air dalam Makanan: Makanan dengan kadar air yang tinggi lebih rentan terhadap kehilangan zat gizi ketika dimasak, terutama vitamin yang larut dalam air.
- b. Perebusan dan Pengukusan: Pengukusan umumnya mempertahankan lebih banyak zat gizi dibandingkan perebusan karena tidak ada air yang dibuang.

7. Oksigen

Oksidasi: Oksigen dapat menyebabkan kerusakan pada lemak dan vitamin tertentu, terutama vitamin A, C, dan E. Proses pemanasan yang berkepanjangan dalam keadaan terbuka dapat meningkatkan oksidasi.

8. Interaksi dengan Ingredien Lain

- a. Ingredien pangan: Penggunaan ingredient pangan seperti garam, gula, atau asam dapat mempengaruhi stabilitas zat gizi. Misalnya, penambahan garam dapat meningkatkan kehilangan vitamin B.
- b. Reaksi Kimia: Reaksi antara komponen makanan seperti karbohidrat, lemak, dan protein dapat mempengaruhi ketersediaan zat gizi.

5.4 Perubahan Karbohidrat akibat Pemanasan

Zat gizi karbohidrat dalam pangan yang diproses melalui pemanasan akan mengalami beberapa reaksi seperti hidrolisis, gelatinisasi dan retrogradasi pati, pencoklatan non enzimatis (*maillard reaction*), dan karamelisasi gula yang mempengaruhi ketersediaannya dalam tubuh.

Hidrolisis karbohidrat

Ketika karbohidrat kompleks dipanaskan dalam keberadaan air, suhu yang tinggi dapat memicu reaksi hidrolisis. Panas membantu memecah ikatan glikosidik yang menghubungkan unit monosakarida dalam karbohidrat, memungkinkan air untuk memasuki dan menghidrolisis ikatan tersebut. Pati dapat terhidrolisis menjadi oligosakarida dan disakarida. Selanjutnya disakarida seperti sukrosa dan laktosa dapat terhidrolisis menjadi monosakarida (glukosa, fruktosa, dan galaktosa). Suhu yang lebih tinggi dan waktu pemanasan yang lebih lama meningkatkan laju hidrolisis. Hidrolisis karbohidrat meningkatkan pencernaan dan ketersediaan karbohidrat dan gula sebagai sumber energi dalam tubuh.

Gelatinisasi dan Retrogradasi Pati

Pati terdiri dari dua komponen utama amilosa (rantai lurus) dan amilopektin (rantai bercabang). Struktur ini biasanya berada dalam bentuk kristalin. Ketika pati dipanaskan dalam air, suhu yang meningkat menyebabkan butiran pati menyerap air. Pada suhu sekitar 60–80 °C, struktur kristalin mulai terurai. Setelah menyerap air, butiran pati mulai membengkak. Ini adalah tahap di mana ikatan glikosidik dalam pati mulai terputus, dan pati menjadi lebih larut. Ketika suhu terus meningkat, pati akan mengeluarkan molekulnya ke dalam larutan, membentuk gel kental. Gelatinisasi pati memungkinkan pati dipecah menjadi unit-unit yang lebih kecil. Proses ini membuat karbohidrat lebih mudah dicerna oleh enzim pencernaan, yang meningkatkan ketersediaan energi bagi tubuh.

Setelah dipanaskan, saat pati didinginkan, molekul-molekul pati mulai berinteraksi kembali dan membentuk struktur kristalin baru. Proses ini disebut retrogradasi, yang mengarah pada pembentukan kembali struktur yang lebih padat. Selama retrogradasi, beberapa fraksi dari pati dapat membentuk kristal yang dapat mengurangi ketersediaan pati untuk dicerna. Ini biasanya terjadi dalam 24 hingga 48 jam setelah pemanasan. Retrogradasi dapat menurunkan ketersediaan karbohidrat yang dapat dicerna. Pati yang mengalami retrogradasi cenderung lebih sulit dicerna oleh enzim pencernaan, sehingga mengurangi jumlah glukosa yang tersedia untuk diserap ke dalam aliran darah. Pati yang telah mengalami retrogradasi sering

kali memiliki indeks glikemik yang lebih rendah. Ini berarti bahwa meskipun pati tetap ada dalam makanan, laju penyerapan glukosa ke dalam darah menjadi lebih lambat, yang dapat bermanfaat bagi pengelolaan gula darah. Beberapa pati yang mengalami retrogradasi dapat berfungsi sebagai pati resisten, yang tidak dapat dicerna dalam saluran pencernaan atas. Pati ini dapat berfungsi sebagai prebiotik, memberi manfaat bagi kesehatan usus dengan mendukung pertumbuhan bakteri baik.

Reaksi Pencoklatan Non Enzimatis (Reaksi *Maillard*)

Reaksi pencoklatan non enzimatis (reaksi *maillard*) dimulai ketika gula reduksi, seperti glukosa atau fruktosa, berinteraksi dengan asam amino dari protein. Gula mengalami perubahan struktural dan membentuk senyawa yang lebih kompleks yang dinamakan senyawa melanoidins. Proses ini mulai terjadi pada suhu sekitar 120°C hingga 150°C (248°F hingga 302°F). Namun, reaksi ini dapat dipercepat pada suhu yang lebih tinggi, dan reaksi *Maillard* dapat berlangsung dengan lebih efektif pada suhu di atas 160°C (320°F). Pada suhu tinggi, karbohidrat dapat mengalami degradasi, terutama gula sederhana. Ini dapat mengurangi kandungan gula dalam makanan, sehingga mempengaruhi rasa manis. Di sisi lain, produk yang dihasilkan dari reaksi *maillard* mampu menambah kompleksitas rasa dan aroma, yang dapat meningkatkan palatabilitas makanan, seperti pada produk roti (*bread*) dan daging panggang.

Karamelisasi Gula

Karamelisasi dimulai ketika gula (biasanya sukrosa) dipanaskan di atas suhu sekitar 160°C (320°F). Pada suhu ini, gula mulai terurai dan berubah menjadi senyawa yang lebih kompleks. Gula akan kehilangan molekul air dan menghasilkan berbagai senyawa yang memberikan rasa manis yang kaya dan aroma yang khas. Senyawa ini termasuk dihidroksiaseton, asam karamel, dan melanoidins. Proses karamelisasi menyebabkan perubahan warna dari transparan menjadi coklat keemasan atau coklat gelap, tergantung pada waktu dan suhu pemanasan. Semakin lama dan semakin tinggi suhu, semakin gelap warna karamel. Karamelisasi dapat mengurangi jumlah gula yang tersedia. Gula yang dipanaskan selama proses ini dapat terdegradasi

menjadi senyawa yang lebih kompleks, yang mungkin tidak dapat diserap dengan mudah oleh tubuh.

Perubahan zat gizi dan ketersediaan gula dan karbohidrat akibat berbagai proses pemanasan yang disebabkan terjadinya berbagai reaksi kimia yang dijelaskan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap karbohidrat

Proses Pengolahan	Proses Kimia	Ketersediaan Gula	Ketersediaan Karbohidrat
Perebusan	Gelatinisasi	Menurun	Meningkat
Pengukusan	Gelatinisasi	Penurunan minimal	Meningkat
Pasteurisasi	Hidrolisis	Penurunan minimal	Penurunan minimal
Sterilisasi	Hidrolisis	Penurunan	Penurunan
Pengeringan	Hidrolisis	Penurunan minimal	Sedikit menurun
Penggorengan	Gelatinisasi, Reaksi Maillard	Menurun	Menurun
Ekstrusi	Gelatinisasi, etrogradasi, karamelisasi	Menurun	Menurun
Pemanggang	Reaksi Maillard, Karamelisasi, Gelatinisasi	Menurun	Menurun

5.5 Perubahan Protein akibat Pemanasan

Protein memiliki struktur yang terdiri dari empat tingkatan: struktur primer (rantai linear asam amino), struktur sekunder (konfigurasi alfa-heliks atau beta-sheet), struktur tersier (lipatan tiga dimensi), dan struktur kuaterner (penggabungan beberapa subunit protein). Saat protein dipanaskan, energi termal yang diterima

menyebabkan molekul bergetar lebih kuat, sehingga merusak ikatan non-kovalen yang menjaga struktur sekunder, tersier, dan kuaterner. Ikatan hidrogen yang menjaga struktur sekunder paling rentan terhadap panas, sehingga struktur ini terurai terlebih dahulu. Akibatnya, protein mulai kehilangan bentuknya yang teratur dan mengalami unfolding (pembukaan struktur). Setelah denaturasi, protein menjadi lebih linear karena struktur yang kompleks hancur.

Suhu tinggi adalah penyebab utama denaturasi protein. Semakin tinggi suhu, semakin cepat dan intens proses denaturasi terjadi. Pada umumnya, suhu antara 40°C hingga 70°C cukup untuk memulai denaturasi banyak jenis protein, tetapi suhu yang lebih tinggi diperlukan untuk denaturasi total. Waktu pemanasan yang lebih lama memperpanjang dan memperdalam proses denaturasi. Meskipun beberapa protein dapat mulai terdenaturasi dalam waktu singkat, denaturasi lengkap memerlukan waktu pemanasan yang lebih lama. Pemanasan dalam media basah (misalnya, perebusan atau pengukusan) dapat menyebabkan denaturasi lebih cepat karena air membantu dalam menghantarkan panas. Sebaliknya, pemanasan kering (misalnya, pemanggangan) mungkin memerlukan waktu lebih lama.

Denaturasi tidak mengubah komposisi asam amino dari protein, karena ikatan peptida primer tetap utuh. Namun, denaturasi dapat meningkatkan ketersediaan asam amino untuk dicerna oleh enzim proteolitik, seperti pepsin dan tripsin, sehingga protein lebih mudah diserap tubuh. Pada suhu tinggi atau kondisi pemrosesan yang ekstrem, beberapa asam amino esensial seperti lisin, metionin, atau triptofan dapat rusak atau terdegradasi. Ini menurunkan nilai gizi protein karena asam amino esensial tersebut tidak lagi tersedia dalam bentuk yang dapat digunakan tubuh. Denaturasi protein yang dikombinasikan dengan pemanasan dan karbohidrat dapat menyebabkan reaksi Maillard, yang menghasilkan perubahan warna pada makanan dan bisa menurunkan bioavailabilitas beberapa asam amino, seperti lisin. Denaturasi dapat melepaskan nutrisi yang terperangkap dalam struktur protein, seperti mineral (misalnya zat besi, seng) dan vitamin, yang sebelumnya mungkin sulit diserap oleh tubuh menjadi lebih meningkat ketersediaannya bagi tubuh.

Perebusan menyebabkan denaturasi protein, yang mempermudah pencernaan. Namun, asam amino esensial dapat sedikit hilang atau rusak jika perebusan dilakukan pada suhu terlalu tinggi atau terlalu lama. Pengukusan menimbulkan denaturasi tanpa kehilangan banyak asam amino. Proses ini lebih toleran dibanding perebusan, dan mampu menjaga kualitas protein lebih baik. Pasteurisasi menggunakan suhu lebih rendah (biasanya di bawah 100°C), menyebabkan denaturasi sebagian, tetapi kehilangan protein dan asam amino minimal. Pengeringan, terutama dengan suhu rendah (seperti *freeze-drying*), menyebabkan denaturasi ringan. Pada suhu tinggi, bisa terjadi kerusakan protein, terutama asam amino esensial. Penggorengan menggunakan suhu tinggi yang menyebabkan denaturasi kuat dan potensi kerusakan asam amino esensial, terutama lisin, serta menurunkan kualitas protein jika terlalu lama. Ekstrusi melibatkan suhu dan tekanan tinggi, yang dapat menyebabkan denaturasi signifikan dan penurunan kualitas asam amino, terutama lisin dan metionin. Pemanggangan pada suhu tinggi menyebabkan denaturasi protein. Reaksi maillard yang terjadi selama pemanggangan bisa menurunkan ketersediaan asam amino esensial, terutama lisin. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap protein dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap protein

Metode Pengolahan	Pengaruh terhadap Protein
Perebusan (Boiling)	- Kehilangan protein minimal - Koagulasi dan denaturasi
Pengukusan	- Kehilangan protein minimal - Denaturasi lebih ringan dibanding perebusan
Pasteurisasi	- Denaturasi sebagian - Kehilangan protein sangat minim
Sterilisasi	- Denaturasi protein signifikan - Kerusakan asam amino lebih tinggi
Pengeringan	- Kehilangan protein minimal - Denaturasi tergantung suhu
Penggorengan	- Denaturasi signifikan

Metode Pengolahan	Pengaruh terhadap Protein
	- Kerusakan asam amino akibat suhu tinggi
Ekstrusi	- Denaturasi tinggi - Kerusakan asam amino seperti lisin
Pemanggangan	- Denaturasi protein sedang-tinggi - Reaksi Maillard dapat merusak lisin

5.6 Perubahan Lemak akibat Pemanasan

Pemanasan lemak dapat menyebabkan kerusakan melalui dua proses utama yakni hidrolisis dan oksidasi, yang berpengaruh terhadap kualitas dan kandungan zat gizi lemak. Pemanasan menyebabkan hidrolisis lemak, yakni pemecahan molekul lemak (trigliserida) menjadi asam lemak bebas dan gliserol akibat reaksi dengan air. Peningkatan kadar asam lemak bebas menyebabkan lemak lebih rentan terhadap oksidasi. Asam lemak bebas lebih mudah bereaksi dengan oksigen, yang mempercepat proses oksidasi. Walaupun trigliserida terurai, secara nutrisi, asam lemak bebas masih dapat diserap oleh tubuh. Namun, jika hidrolisis terus terjadi secara berlebihan, kandungan lemak yang tersisa dalam bentuk stabil akan berkurang, dan beberapa senyawa produk pemecahan dapat mengurangi nilai gizi.

Oksidasi lemak adalah proses degradasi lemak yang terjadi ketika lemak atau minyak bereaksi dengan oksigen. Pemanasan mempercepat reaksi oksidasi, terutama pada lemak tak jenuh seperti asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA). Reaksi oksidasi menyebabkan pembentukan radikal bebas dan produk oksidasi seperti peroksida lemak, aldehida, dan keton.

Tabel 5.3. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap lemak

Metode Pengolahan	Pengaruh terhadap Lemak
Perebusan	- Pengaruh minimal pada struktur lemak - Kehilangan lemak ke air rebusan
Pengkukusan	- Pengaruh minimal pada lemak
Pasteurisasi	- Pengaruh sangat minimal pada lemak
Sterilisasi	- Oksidasi lemak pada suhu tinggi - Penurunan mutu lemak, terutama asam lemak tak jenuh
Pengeringan	- Pengaruh minimal pada struktur lemak - Konsentrasi lemak meningkat
Penggorengan	- Absorpsi lemak dari minyak goreng - Oksidasi asam lemak tak jenuh
Ekstrusi	- Oksidasi lemak pada suhu tinggi - Penguraian beberapa lemak kompleks
Pemanggangan	- Kehilangan lemak minimal - Oksidasi lemak tergantung suhu

Oksidasi lemak dimulai dengan pembentukan radikal bebas yang merusak struktur kimia lemak, terutama pada ikatan rangkap dari asam lemak tak jenuh melalui tahap inisiasi, propagasi, dan terminasi. Di tahap awal (inisiasi), adanya panas mampu memecah molekul lemak, terutama ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh, menghasilkan radikal bebas. Selanjutnya di tahap propagasi, radikal bebas bereaksi dengan oksigen menghasilkan hidroperoksida, yang dapat terus bereaksi membentuk radikal bebas lainnya. Di tahap terminasi, reaksi antara radikal bebas mengakhiri proses oksidasi, menghasilkan produk akhir seperti aldehida, keton, atau asam karboksilat.

Oksidasi menyebabkan degradasi asam lemak esensial seperti omega-3 dan omega-6, yang penting untuk kesehatan jantung dan fungsi seluler. Hilangnya asam lemak ini menurunkan nilai gizi lemak. Vitamin A, D, E, dan K yang larut dalam lemak rentan terhadap

kerusakan akibat oksidasi, terutama vitamin E yang berfungsi sebagai antioksidan alami dalam minyak. Hilangnya vitamin-vitamin ini berdampak pada penurunan nilai gizi produk pangan.

Lemak tidak terdegradasi oleh perebusan, tetapi sebagian lemak bisa larut ke dalam air rebusan, terutama lemak yang lebih ringan seperti minyak. Pengukusan tidak mempengaruhi struktur lemak secara signifikan. Karena tidak ada kontak langsung dengan air, kehilangan lemak lebih sedikit dibandingkan perebusan. Pasteurisasi menggunakan suhu rendah, sehingga lemak tidak terpengaruh secara signifikan, dengan demikian, struktur dan komposisi asam lemak tetap utuh. Sterilisasi pada suhu tinggi dapat menyebabkan oksidasi lemak, terutama asam lemak tak jenuh, yang menurunkan mutu zat gizi. Pengeringan tidak mengubah lemak secara signifikan, tetapi karena kandungan air berkurang, konsentrasi lemak dalam produk meningkat. Penggorengan menyebabkan makanan menyerap lemak dari minyak goreng. Pada suhu tinggi, asam lemak tak jenuh mudah teroksidasi, mengurangi mutu gizi lemak. Ekstrusi pada suhu tinggi dapat menyebabkan oksidasi lemak dan penguraian lemak kompleks menjadi asam lemak bebas, yang bisa mempengaruhi cita rasa dan mutu lemak. Pemanggangan bisa menyebabkan oksidasi lemak pada suhu tinggi, terutama lemak tak jenuh, namun kehilangan lemak secara keseluruhan biasanya minimal. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap lemak dapat dilihat pada Tabel 3.

5.7 Perubahan Mineral akibat Pemanasan

Mineral adalah komponen anorganik yang esensial bagi tubuh manusia untuk menjalankan berbagai fungsi fisiologis, seperti pertumbuhan, pemeliharaan jaringan, metabolisme, dan regulasi berbagai proses biokimia. Mineral tidak dapat diproduksi oleh tubuh, sehingga harus diperoleh melalui makanan atau suplemen. Mineral terdiri dari makro mineral dan mikro mineral. Makro mineral adalah mineral yang diperlukan dalam jumlah besar bagi tubuh (lebih dari 100 mg per hari), termasuk kalsium, fosfor, magnesium, natrium, kalium, klorida, dan belerang. Mikro mineral adalah mineral yang dibutuhkan dalam jumlah sangat kecil bagi tubuh (kurang dari 100 mg per hari), seperti zat besi, seng, tembaga, mangan, yodium, selenium,

fluorida, dan kromium. Berdasarkan kelarutannya dalam air, mineral dapat dibagi menjadi dua kategori utama mineral yang bersifat larut air dan tak larut air. Mineral yang larut dalam air mudah bercampur dan terdispersi dalam cairan tubuh dan lebih mudah diserap oleh tubuh melalui dinding usus dan lebih cepat dikeluarkan melalui urine jika berlebihan. Mineral jenis ini terlibat dalam menjaga keseimbangan cairan dan elektrolit tubuh. Contoh mineral yang larut air yaitu Natrium (Na), Kalium (K), dan Klorida (Cl). Mineral yang tidak larut dalam air memerlukan proses penyerapan khusus di saluran pencernaan, sering kali berikatan dengan zat lain atau perlu dipecah terlebih dahulu. Meskipun tidak larut dalam air, mineral ini tetap dapat diabsorpsi oleh tubuh dengan bantuan protein pengangkut atau asam lambung yang melarutkan sebagian mineral. Contoh mineral yang tidak larut dalam air yaitu Kalsium (Ca), Fosfor (P), Magnesium (Mg), dan Besi (Fe).

Mineral umumnya stabil terhadap pemanasan, Karena sifat anorganiknya, mineral tidak akan terdegradasi oleh suhu tinggi selama proses pengolahan seperti pemanggangan, perebusan, atau penggorengan. Salah satu perubahan utama yang terjadi selama pemanasan adalah perpindahan mineral ke medium pengolahan, terutama jika melibatkan air. Mineral yang larut dalam air, seperti natrium, kalium, dan kalsium, dapat larut ke dalam air perebusan, kukusan, atau kaldu selama proses memasak. Jika air atau cairan ini dibuang, kandungan mineral dalam makanan akan menurun. Sebagai contoh, perebusan sayuran dapat mengakibatkan kehilangan sebagian besar mineral, terutama mineral yang larut dalam air, jika air rebusan tidak dikonsumsi. Walaupun pemanasan tidak merusak mineral, beberapa metode pengolahan dapat menurunkan ketersediaan hayati (*bioavailability*) mineral, atau kemampuan tubuh untuk menyerap dan memanfaatkannya. Hal ini terjadi ketika mineral berinteraksi dengan zat lain yang terbentuk selama proses pengolahan atau dengan zat anti-nutrisi dalam makanan. Sebagai contoh adalah pembentukan senyawa kompleks antara mineral dengan fitat atau oksalat yang terjadi selama pemanasan yang dapat mengurangi penyerapan mineral seperti kalsium dan zat besi dalam tubuh. Di sisi lain, pemanasan dapat meningkatkan ketersediaan mineral. Pemanasan dapat memecah matriks makanan, seperti dinding sel pada sayuran,

yang memungkinkan mineral lebih mudah tersedia dan diserap oleh tubuh. Sebagai contoh, yaitu proses pemanggangan dan pengukusan ternyata mampu meningkatkan ketersediaan kalsium dari sayuran berdaun hijau karena pemecahan dinding sel tanaman. Pelunakan struktur fisik produk pangan akibat pemanasan dapat meningkatkan ketersediaan mineral. Sebagai contoh yaitu proses pemanggangan biji-bijian dan kacang-kacangan yang ternyata dapat mengurangi kandungan zat anti-nutrisi seperti asam fitat yang mampu mengikat mineral, sehingga meningkatkan penyerapan mineral seperti seng dan magnesium. Selama proses pemanasan, mineral dapat berinteraksi dengan senyawa lain dalam makanan seperti protein atau asam organik. Sebagai contoh yaitu ketika makanan yang kaya akan kalsium dipanaskan bersama dengan makanan yang memiliki kandungan asam oksalat yang tinggi (seperti bayam). Kalsium dalam bayam dapat terikat dengan oksalat, membentuk kalsium oksalat yang tidak larut, sehingga mengurangi ketersediaan kalsium untuk diserap oleh tubuh.

Proses pemanasan seperti perebusan dapat menyebabkan beberapa mineral seperti kalsium, magnesium, kalium, dan natrium dapat larut ke dalam air rebusan. Namun, mineral tidak rusak oleh panas, sehingga total kandungan mineral tidak berubah. Pengukusan menjaga mineral lebih baik dibanding perebusan karena tidak ada kontak langsung dengan air. Pasteurisasi tidak mempengaruhi kandungan mineral dalam makanan secara signifikan. Sterilisasi menyebabkan mineral yang larut air hilang, tetapi stabilitas mineral secara keseluruhan tetap terjaga karena tidak rusak oleh panas. Pengeringan dapat meningkatkan konsentrasi mineral karena kadar air dalam produk berkurang. Penggorengan tidak melarutkan mineral dan zat gizi ini tetap stabil. Ekstrusi tidak menyebabkan degradasi mineral secara signifikan. Kehilangan mineral dapat terjadi jika dalam proses ekstrusi melibatkan penambahan air. Pemanggangan juga tidak menyebabkan perubahan kandungan mineral secara signifikan. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap mineral dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap mineral

Metode Pengolahan	Pengaruh terhadap Mineral
Perebusan	- Kehilangan mineral larut air ke air rebusan - Mineral relative stabil
Pengkukusan	- Kehilangan mineral minimal
Pasteurisasi	- Mineral relatif stabil
Sterilisasi	- Kehilangan mineral larut air - Mineral relatif stabil
Pengeringan	Konsentrasi mineral meningkat
Penggorengan	Kehilangan mineral hanya sedikit
Ekstrusi	Pengaruh minimal terhadap mineral
Pemanggangan	Pengaruh minimal terhadap mineral

5.8 Perubahan Vitamin akibat Pemanasan

Berdasarkan kelarutannya, vitamin dibagi menjadi dua kelompok, yaitu vitamin yang larut dalam lemak (vitamin A, D, E, dan K) serta vitamin yang larut dalam air (vitamin B kompleks dan vitamin C). Vitamin B kompleks terdiri dari vitamin B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin), B5 (asam pantotenat), B6 (piridoksin), B7 (biotin), B9 (asam folat), dan B12 (kobalamin). Vitamin yang larut dalam lemak dapat disimpan dalam jaringan lemak tubuh dan hati, serta memerlukan lemak untuk penyerapannya. Karena sifat ini, vitamin larut lemak cenderung bertahan lebih lama dalam tubuh dan tidak perlu dikonsumsi setiap hari. Vitamin yang larut dalam air tidak dapat disimpan dalam jumlah besar oleh tubuh dan cenderung dikeluarkan melalui urine jika berlebihan. Karena itu, mereka harus dikonsumsi secara teratur. Vitamin dalam kelompok ini lebih mudah rusak atau hilang selama pengolahan makanan yang melibatkan panas.

Proses pengolahan makanan yang melibatkan pemanasan dapat menyebabkan kerusakan vitamin melalui berbagai mekanisme, seperti :

1. Degradasi Termal Langsung

Vitamin dapat mengalami degradasi termal langsung akibat paparan suhu tinggi. Ketika vitamin terpapar panas berlebihan, struktur kimianya bisa rusak atau terurai, sehingga aktivitas biologisnya hilang.

- a. Contoh: Vitamin C (asam askorbat) sangat sensitif terhadap panas dan mulai terurai pada suhu yang relatif rendah. Pada suhu tinggi (seperti dalam proses pasteurisasi atau sterilisasi), vitamin C bisa mengalami oksidasi dan kehilangan aktivitas antioksidannya.
- b. Vitamin B1 (tiamin) juga sangat sensitif terhadap panas dan cepat terurai selama perebusan dan pemanggangan.

2. Oksidasi

Banyak vitamin rentan terhadap oksidasi, yaitu reaksi dengan oksigen yang menyebabkan kerusakan. Pemanasan dapat mempercepat reaksi oksidasi, terutama jika diproses dalam kondisi yang mengandung oksigen atau udara.

- a. Contoh: Vitamin A, C, E, dan beberapa vitamin B (seperti B2 atau riboflavin) sangat rentan terhadap oksidasi saat terpapar panas. Misalnya, vitamin C mudah teroksidasi pada suhu tinggi, terutama jika ada oksigen di sekitar makanan yang sedang diproses.
- b. Vitamin E (antioksidan) juga dapat kehilangan efisiensinya ketika mengalami oksidasi selama pemanggangan atau penggorengan.

3. Kelarutan dan Perpindahan ke fase cairan (air)

Vitamin yang larut dalam air, seperti vitamin B kompleks dan vitamin C, mudah terlarut ke dalam cairan saat proses perebusan atau pengukusan. Jika air tidak dikonsumsi, vitamin tersebut bisa hilang dalam jumlah besar.

Contoh: Dalam proses perebusan sayuran, vitamin C yang larut dalam air akan berpindah ke dalam air rebusan dan hilang jika air tersebut dibuang.

4. Reaksi Maillard

Proses pemanasan tinggi (seperti pada pemanggangan atau ekstrusi) dapat memicu reaksi Maillard, yaitu reaksi antara gula pereduksi dan asam amino dari protein, yang menyebabkan

perubahan warna dan rasa pada makanan. Reaksi ini juga dapat merusak vitamin tertentu.

Contoh: Vitamin B1 (tiamin) sangat rentan terhadap reaksi Maillard. Selama proses pemanggangan, tiamin dapat bereaksi dengan komponen makanan lain dan terurai, sehingga mengurangi kandungannya dalam makanan yang diproses.

5. Fotodegradasi

Beberapa vitamin, terutama vitamin yang larut dalam air, seperti vitamin B2 (riboflavin) dan vitamin C, rentan terhadap cahaya. Meskipun cahaya bukan faktor utama dalam pemanasan, proses yang melibatkan suhu tinggi dan paparan cahaya (misalnya pengeringan yang terkena sinar matahari) dapat mempercepat degradasi vitamin.

Contoh: Vitamin B2 terdegradasi cepat ketika terkena cahaya dan panas, terutama dalam susu yang dipanaskan atau dipasteurisasi.

6. Reaksi dengan Zat Lain

Pemanasan juga bisa memicu reaksi kimia antara vitamin dan komponen makanan lain seperti logam, enzim, atau zat anti-nutrisi, yang dapat menyebabkan kehilangan vitamin. Vitamin yang rentan dapat terikat pada zat ini dan menjadi tidak aktif.

Contoh: Beberapa vitamin B kompleks, seperti B6 (piridoksin), dapat terurai atau kehilangan aktivitasnya jika diproses dalam kondisi tertentu, seperti kehadiran logam berat yang mempercepat reaksi oksidasi selama pemanasan.

7. Penurunan ketersediaan vitamin dalam tubuh

Pemanasan yang berlebihan juga dapat menyebabkan perubahan bentuk atau struktur vitamin, sehingga mengurangi ketersediaannya. Pemanasan pada suhu tinggi akan menyebabkan vitamin larut dalam lemak (seperti vitamin A, D, E, dan K) akan mengalami perubahan struktur molekulnya sehingga menurunkan ketersediaannya dalam tubuh.

8. Penguapan

Vitamin yang bersifat volatil, seperti vitamin C, dapat hilang melalui proses penguapan selama pemanasan. Vitamin ini dapat terdegradasi atau hilang ke udara saat makanan dipanaskan pada suhu tinggi, seperti dalam pengeringan atau pemanggangan.

Tabel 5.5. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap vitamin

Metode Pengolahan	Pengaruh terhadap Vitamin
Perebusan	- Kehilangan signifikan vitamin larut air - Vitamin sensitif panas rusak
Pengukusan	- Kehilangan minimal vitamin larut air - Kerusakan vitamin sensitif panas lebih rendah
Pasteurisasi	- Kehilangan vitamin minimal - Kehilangan sedikit vitamin sensitif panas
Sterilisasi	- Kerusakan signifikan pada vitamin sensitif panas - Kehilangan vitamin larut air
Pengeringan	- Kehilangan vitamin larut air - Vitamin larut lemak tetap stabil
Penggorengan	- Kehilangan vitamin larut air kecil - Kerusakan vitamin sensitif panas, terutama vitamin C
Ekstrusi	- Kerusakan besar vitamin sensitif panas - Vitamin larut lemak lebih stabil
Pemanggangan	- Kerusakan vitamin sensitif panas - Kehilangan vitamin larut air sedikit

Dari beberapa proses pengolahan pangan yang melibatkan pemanasan nampak bahwa untuk vitamin larut air (Vitamin C dan B kompleks) dapat rusak dengan perebusan dan sterilisasi. Perebusan menyebabkan kehilangan signifikan karena vitamin larut ke dalam air rebusan. Pengukusan lebih baik dalam menjaga vitamin larut air karena tidak ada kontak langsung dengan air, sehingga kehilangan vitamin ini lebih kecil. Proses sterilisasi dan ekstrusi menyebabkan kerusakan besar karena proses pada suhu tinggi dan waktu yang lama.

Vitamin larut lemak (Vitamin A, D, E, K) tidak berubah secara signifikan akibat penggorengan, pemanggangan, dan pengeringan. Kehilangan vitamin larut lemak terutama terjadi dalam penggorengan jika minyak yang digunakan telah rusak atau teroksidasi. Vitamin C

dan beberapa vitamin B kompleks, seperti tiamin (B1) dan folat (B9), sangat rentan terhadap suhu tinggi. Proses pengolahan seperti sterilisasi, ekstrusi, dan pemanggangan dapat menyebabkan kehilangan signifikan dari vitamin-vitamin ini. Proses pasteurisasi tidak menyebabkan penurunan yang signifikan pada vitamin C dan B. Pada proses pengeringan, vitamin larut air dapat hilang, namun vitamin larut lemak tetap stabil. Pengaruh berbagai metode pemanasan terhadap vitamin dapat dilihat pada Tabel 5.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrett, D. M., and Lloyd, B. 2012. Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(1), 7-22.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., and Schieberle, P. 2009. *Food Chemistry* (4th ed.). Springer.
- Coulter, T. P. 2016. *Food: The Chemistry of Its Components* (6th ed.). Royal Society of Chemistry
- Damodaran, S., Parkin, K. L., and Fennema, O. R. 2017. *Fennema's Food Chemistry* (5th ed.). CRC Press.
- Delgado-Andrade, C. 2014. Influence of thermal processing on the Maillard reaction in foods. *Frontiers in Nutrition*, 1, 9.
- Martínez, K., Moreira, R., and Frye, C. 2014. Impact of frying on food quality attributes: A review. *Food Science and Technology International*, 20(5), 1-10.
- McClements, D. J. 2019. *Future Foods: How Modern Science Is Transforming the Way We Eat*. Springer.
- Rickman, J. C., Barrett, D. M., and Bruhn, C. M. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen, and canned fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(6), 930-944.
- Schaich, K. M., and Shahidi, F. 2017. Oxidative stability of foods containing fats. *Handbook of Antioxidants for Food Preservation* (pp. 97-148). Elsevier.
- Shahidi, F., and Zhong Y. 2005. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, 34(4), 204-214.
- Van Boekel, M. A. J. S. 2008. Kinetic modeling of food quality: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(1), 144-158.
- Zhang, H., and Zeng, Q. 2017. Effect of heat treatment on food nutrition. *Food Research International*, 100(1), 1-10.

BAB 6

PENGARUH PENGAWETAN BEKU DAN PENURUNAN KANDUNGAN AIR TERHADAP GIZI PANGAN

Oleh Muliani

6.1 Pendahuluan

Pengeringan menjadi salah satu cara pengawetan bahan pangan agar memiliki umur simpan yang lebih panjang dengan mengurangi kadar air dalam bahan pangan agar dapat meminimalisir aktivitas mikrobia. Ada beberapa cara pengeringan yang biasa digunakan untuk mengurangi kadar air bahan, seperti pengeringan menggunakan cahaya matahari, pengeringan dengan *cabinet dryer* dan pengeringan beku. Proses pengeringan tentu dapat merubah karakteristik bahan secara signifikan atau tidak, seperti perubahan bentuk, tekstur, aroma ataupun kandungan senyawa didalamnya, (Prasetya & Yastanto, 2023). Diantara metode pengeringan yang banyak digunakan untuk menurunkan kadar air, metode pengeringan beku atau biasa disebut *freeze drying* menjadi metode pengeringan yang dinilai mempunyai kelebihan dalam mempertahankan mutu dari produk, baik dari karakteristik sensorik, nilai gizi, fisik maupun kimia dibanding dengan pengeringan biasa yang menggunakan termal.

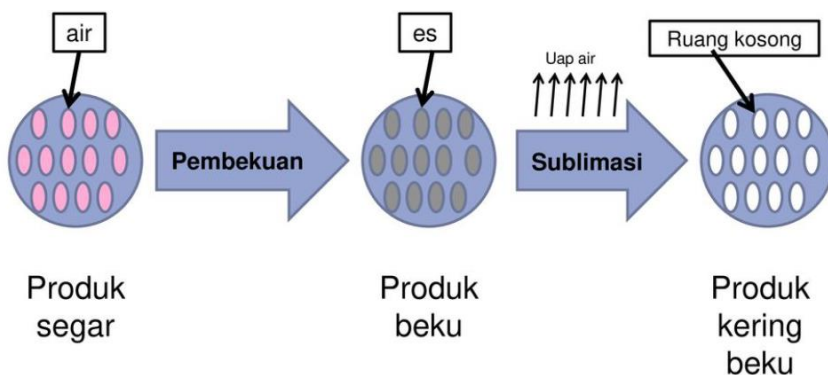
6.2 Pembekuan Pangan

Pembekuan adalah penyimpanan bahan pangan dalam keadaan beku yaitu pada suhu 12 sampai -24°C . Pembekuan cepat (*quick freezing*) dilakukan pada suhu -24 sampai -40°C . Pembekuan dapat mengawetkan bahan pangan untuk beberapa bulan atau kadang beberapa tahun. Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan pangan tidak dapat membunuh bakteri, sehingga jika bahan pangan beku misalnya di keluarkan dari penyimpanan dan di biarkan mencair kembali (*thawing*), pertumbuhan bakteri pembusuk kemudian berjalan

cepat kembali. Pembekuan masing-masing juga berbeda pengaruhnya terhadap rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat-sifat lainnya.

Pengawetan suhu rendah terutama pengawetan dengan suhu beku ditinjau dari banyak segi merupakan cara pengawetan bahan makanan yang saling tidak merugikan. Suhu rendah menghambat pertumbuhan dan memperlambat laju reaksi kimia dan enzim. Aktivitas enzim dalam daging dapat dikatakan berhenti dalam penyimpanan suhu beku sedangkan untuk penyimpanan bahan makanan salad sebelum pembekuana perlu dikukus terlebih dahulu untuk mencegah perubahan kualitas yang tidak diinginkan. Penyebab utama kerusakan kualitas secara keseluruhan terjadi terutama karena kondisi yang kurang menguntungkan pada proses pembekuan, pengeringan dan pelelehan kristal es (thawing).

Prinsip teknologi pembeku dimulai dengan proses pembekuan pangan, dan dilanjutkan dengan pengeringan; yaitu mengeluarkan/memisahkan hampir sebagian besar air dalam bahan yang terjadi melalui mekanisme sublimasi. Secara ilustratif, proses pengeringan beku ini dijelaskan seperti pada Gambar berikut:



Gambar 6.1. Mekanisme terjadinya pengeringan beku

Mekanisme ini berbeda dengan proses pengeringan biasa; dimana pengeringan biasa terjadi melalui mekanisme penguapan (evaporasi) yang biasanya terjadi pada suhu tinggi. Proses pengeringan biasa terjadi melalui mekanisme penguapan pada suhu panas, sehingga bagian pangan yang kering akan terjadi perubahan kimia (gelatinisasi pati, karamelisasi gula, dan/ atau denaturasi

protein) yang menyebabkan terbentuknya kerak (*crust*) di permukaan; yang akan memberikan hambatan bagi difusi uap dari bagian basah ke udara lingkungan. Akibatnya, proses pengeringan akan terhambat dan terhenti, menghasilkan produk yang bagian luar sudah kering -bahkan terlalu kering dan menjadi kerak- tetapi bagian tengahnya masih basah. Kasus demikian sering disebut sebagai *case-hardening*.

Proses pengeringan beku terjadi melalui mekanisme sublimasi yang terjadi pada suhu dingin. Karena itu, proses *gelatinisasi*, *karamelisasi*, dan *denaturasi* tidak terjadi, sehingga pada bagian pangan yang kering tidak terjadi perubahan pembentukan kerak. Dengan demikian, uap air bisa berdifusi dengan baik dari bagian basah ke udara lingkungan, sehingga bisa dihasilkan produk yang kering dengan baik. Menurut (Pawestri & Syahbanu, 2023) pengeringan beku membutuhkan waktu pemrosesan yang lama dan merupakan metode pengeringan yang mahal, metode pengeringan beku lebih disukai karena kualitas akhir yang tinggi karena dapat mempertahankan kualitas gizi jika dibandingkan dengan metode dehidrasi lainnya, terutama jika dioperasikan dalam kondisi vakum.

1. Jenis-jenis Pembekuan

a. Pembekuan Cepat/*Quick Freezing* (-24°C sampai -40°C)

- 1) **Pembekuan Individu (*Individually Quick Frozen - IQF*):** Makanan beku dibekukan satu per satu, bukan dalam kelompok besar. Ini membantu mencegah pembentukan kristal es besar, sehingga mempertahankan tekstur dan kualitas makanan. Contoh: sayuran beku, buah-buahan beku.
- 2) **Pembekuan Udara Dingin:** Makanan dibekukan dengan menggunakan udara dingin yang bergerak cepat di sekitar produk. Metode ini juga membantu menjaga tekstur dan rasa.

b. Pembekuan Langsung (*Direct Freezing*)

- 1) **Pembekuan Kontak (*Contact Freezing*):** Makanan diletakkan di atas permukaan dingin (seperti piring logam) yang sangat dingin. Ini biasanya digunakan untuk produk yang membutuhkan pembekuan cepat.
- 2) **Pembekuan Dingin Ekstrem (*Cryogenic Freezing*):** Makanan dibekukan dengan menggunakan nitrogen cair

atau karbon dioksida padat (dry ice). Ini adalah metode yang sangat cepat dan efisien, terutama untuk produk yang sensitif terhadap suhu.

c. **Pembekuan Konveksi (*Convection Freezing*)**

Pembekuan Lingkungan (*Blast Freezing*): Makanan diletakkan di dalam ruang pembeku dengan aliran udara dingin yang sangat kuat. Metode ini mengurangi waktu pembekuan dan membantu mencegah pembentukan kristal es besar.

d. **Pembekuan Gelombang Mikro (*Microwave Freezing*)**

Pembekuan Gelombang Mikro: Penggunaan gelombang mikro untuk membekukan makanan dengan cara memanaskan dan mendinginkan secara bersamaan. Ini jarang digunakan untuk pembekuan skala besar, tetapi lebih sering digunakan dalam proses yang membutuhkan kecepatan tinggi

e. **Pembekuan Kering (*Freeze Drying - Lyophilization*)**

Pembekuan Kering: Makanan dibekukan pada suhu sangat rendah dan kemudian dikeringkan di bawah tekanan rendah, menghilangkan air tanpa mencairkan es terlebih dahulu. Proses ini mempertahankan struktur dan rasa makanan, serta memperpanjang masa simpan secara signifikan

f. **Pembekuan Bertapis (*Layer Freezing*)**

Pembekuan Bertahap: Makanan diletakkan dalam lapisan tipis pada rak atau pelat yang dingin, dan suhu dikurangi secara bertahap. Metode ini digunakan untuk produk yang membutuhkan kontrol suhu yang lebih presisi.

Menurut BPOM, 2021 pangan olahan beku yang beredar di pasaran sangat bervariasi, diantaranya sebagai berikut:

1. **Olahan Buah dan Sayur**

Olahan beku dari buah dan sayur ini menawarkan kemudahan, kesegaran, dan kepraktisan dalam memasak sehari-hari. Mereka juga membantu mengurangi pemborosan makanan dan menjaga nilai gizi produk. Contoh: pisang molen, singkong, kentang goreng (french fries), wortel, jagung pipil, pure buah raspberry, bawang lapis tepung, pure kelapa, pangsit kukus isi sayuran, bitterballen, risoles isi sayur.

2. **Olahan Sereal**

Olahan beku sereal biasanya dirancang untuk kemudahan dan kepraktisan, sehingga memungkinkan konsumen untuk menyajikan makanan dengan cepat tanpa harus memasak dari awal. Produk-produk ini sering dijumpai di supermarket atau toko makanan siap saji. Contoh: mie ramen, mie udon, sohon, pasta, kulit kebab, kue moci, onde-onde, macaroni schotel.

3. Produk Bakery

Makanan beku produk bakery (roti dan kue) menawarkan kemudahan, kepraktisan, dan seringkali kualitas yang sangat baik. Contoh: pastri, pizza, churros, brownis, keik, roti, klapertart, adonan kukis, pai isi durian, donat, bun kukus, panada.

4. Olahan Daging

Produk olahan beku daging ini memberikan kemudahan dalam persiapan makanan dan sering digunakan dalam berbagai resep di rumah atau di restoran. Mereka menawarkan fleksibilitas dan kepraktisan, memungkinkan makanan siap saji dengan kualitas yang baik. Contoh: daging ayam karage, chicken strips, egg chicken roll, ayam pop, ayam goreng kalasan, ayam goreng lapis tepung, ayam goreng kremes, nugget ayam, ayam taliwang, burung puyuh ungkep, burung puyuh bakar, bebek kremes siap goreng, kornet sapi, burger sapi, bakso sapi, tahu bakso, empal daging, sosis solo, kebab, risoles isi daging.

5. Olahan Seafood

Produk olahan seafood beku sangat bervariasi dan menawarkan kemudahan dalam penyimpanan serta persiapan makanan laut. Contoh: udang lapis tepung, udang kupas masak, rajungan, gurita, lele panggang, ikan olahan surimi, bakso sotong, bakso seafood talas, tahu bakso ikan, tekwan, pempek, dim sum, siomay, fish katsu, bandeng isi tanpa duri, bandeng presto, naget bandeng, otak-otak bandeng.

Proses Sebelum Pembekuan Bahan baku dapat diproses dengan berbagai cara sebelum dibekukan, misalnya pembersihan, sortasi, pemotongan, blansir, pelayuan, pencabutan bulu (untuk unggas), pemisahan daging dari tulang/filleting, dan pemanasan. Seluruh proses penyiapan bahan baku sebelum proses pembekuan dilakukan dalam kondisi higienis mutu pangan tetap terkendali.

1. Pembersihan

- a. Buah dan Sayur: Pencucian menyeluruh untuk menghilangkan kotoran, pestisida, dan bahan kimia lainnya.
- b. Daging dan Seafood: Pembersihan untuk menghilangkan kotoran, darah, atau sisa-sisa dari proses pemotongan.

2. Sortasi

Sortasi pangan sebelum dibekukan adalah langkah penting dalam proses pengolahan makanan yang bertujuan untuk memastikan kualitas dan konsistensi produk beku. Proses ini melibatkan pemilihan dan pengelompokan bahan pangan berdasarkan kriteria tertentu sebelum mereka masuk ke tahap pembekuan.

3. Pemotongan

Pemotongan pangan sebelum pembekuan memiliki beberapa tujuan penting yang berkaitan dengan kualitas, efisiensi, dan kemudahan penggunaan produk akhir.

4. Blansir sering digunakan dalam produksi sayuran beku dan produk lainnya untuk menonaktifkan enzim yang akan menyebabkan penurunan rasa dan warna selama penyimpanan beku. Proses blansir dilakukan dengan memasukkan bahan pangan ke dalam air panas pada suhu kurang dari 100°C (85-95°C) selama 3 sampai 10 menit atau mengukusnya selama 3 sampai 10 menit tergantung ukuran bahan.

5. Pelayuan

Pelayuan, atau *wilting*, adalah proses di mana bahan pangan, terutama sayuran dan beberapa jenis buah, dikeringkan atau dilepaskan kelembapannya sebelum dibekukan. Proses ini biasanya dilakukan dengan cara merendam dalam larutan air garam atau pemanasan ringan sebelum proses pembekuan.

6. Pencabutan Bulu

Pencabutan bulu atau penyingkiran bulu dari produk pangan, terutama daging unggas, adalah langkah penting dalam proses pengolahan sebelum pembekuan.

Thawing atau **pencairan** adalah proses mengembalikan bahan pangan beku ke kondisi suhu ruangan atau suhu yang aman untuk memasak setelah pembekuan. Proses ini penting karena makanan

beku harus dicairkan dengan benar untuk memastikan keamanan pangan. Menggunakan bahan baku yang beku (misalnya daging beku dan sayuran beku) maka suhu dan lama waktu pencairan (*thawing*) harus diperhatikan sehingga pertumbuhan mikroorganisme terkendali. Produk yang sudah di-*thawing* tidak boleh dibekukan kembali.

Thawing dapat dilakukan dengan cara:

1. Memindahkan pangan beku dari freezer ke chiller atau refrigerator.
2. Menggunakan air mengalir dengan cara menempatkan pangan beku dalam wadah dan dialiri air mengalir.
3. Merendam pangan beku dalam air dengan cara menempatkan pangan beku yang masih dikemas dengan plastik terendam dalam wadah berisi air dingin dan mengganti air setiap 30 menit.
4. Memanaskan pangan beku dalam microwave. Pencairan pangan dengan metode ini mungkin tidak merata. Metode ini baik digunakan jika memasak makanan yang akan disajikan segera.

Pengemasan

Faktor penting untuk bisa mempertahankan kualitas dari produk beku adalah pengemasan. Produk pangan beku mempunyai sifat sangat higroskopis -mudah menyerap air. Karena itu, diperlukan proses pengemasan dan pemilihan bahan pengemas yang tepat sehingga akan mampu melindungi produk dari kemungkinan menyerap air. Pengemasan produk pangan beku adalah langkah krusial dalam menjaga kualitas, keamanan, dan efisiensi penyimpanan makanan beku. Pengemasan yang tepat membantu melindungi produk dari kerusakan, kontaminasi, dan kehilangan kualitas selama penyimpanan dan distribusi

6.3 Penurunan Kandungan Air Terhadap Gizi Pangan

Penurunan kandungan air dalam pangan dapat memiliki beberapa pengaruh signifikan terhadap nilai gizi dan kualitas pangan. Berikut adalah beberapa aspek utama yang perlu dipertimbangkan:

1. Konsentrasi Nutrisi

a. Kandungan Nutrisi

Penurunan kandungan air dalam pangan umumnya meningkatkan konsentrasi nutrisi per unit berat. Ini berarti bahwa makanan yang telah mengalami pengeringan, seperti buah kering atau daging kering, akan mengandung lebih banyak vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif per gram dibandingkan dengan bentuk segarnya.

b. Perubahan Keseimbangan Nutrisi

Meski konsentrasi nutrisi bisa meningkat, proses pengeringan atau penurunan kandungan air dapat mempengaruhi keseimbangan nutrisi. Misalnya, beberapa vitamin yang sensitif terhadap panas dan oksigen (seperti vitamin C dan beberapa vitamin B) bisa mengalami degradasi selama proses pengeringan.

2. Stabilitas dan Kualitas Pangan

a. Kestabilan Mikrobiologis

Penurunan kandungan air sering kali meningkatkan umur simpan pangan karena mengurangi kemungkinan pertumbuhan mikroba. Mikroorganisme membutuhkan kelembapan untuk tumbuh, jadi makanan dengan kandungan air yang lebih rendah cenderung lebih stabil dan tahan lama.

b. Kualitas Sensorik

Pengeringan dapat mempengaruhi tekstur, rasa, dan penampilan pangan. Misalnya, buah yang dikeringkan bisa menjadi lebih keras dan kehilangan sebagian rasa segar dan aroma. Beberapa teknik pengeringan dapat mengurangi kualitas sensorik pangan, meskipun ini tergantung pada metode pengeringan yang digunakan.

3. Metabolisme an Penyerapan Nutrisi

a. Bioavailabilitas

Pengeringan atau penurunan kandungan air dapat mempengaruhi bioavailabilitas beberapa nutrisi. Misalnya, beberapa senyawa bioaktif mungkin menjadi lebih mudah diserap tubuh setelah pengeringan, sementara yang lain mungkin menjadi kurang tersedia.

4. Dampak pada Proses Pencernaan

a. Serat Pangan

Dalam beberapa kasus, pengeringan dapat mempengaruhi struktur serat pangan. Serat yang lebih konsisten mungkin menjadi lebih sulit dicerna atau menyerap air, yang dapat mempengaruhi fungsi pencernaan.

5. Risiko Kontaminasi dan Penyimpanan

a. Kontaminasi dan Penyimpanan

Meskipun makanan dengan kandungan air rendah lebih tahan terhadap kontaminasi mikroba, ada risiko kontaminasi oleh jamur atau toksin seperti aflatoksin jika penyimpanan tidak dilakukan dengan benar.

Dalam praktiknya, penurunan kandungan air sering digunakan sebagai metode konservasi pangan yang efektif, tetapi penting untuk mempertimbangkan efek potensial terhadap kualitas gizi dan sensorik pangan. Pilihan metode pengeringan dan teknik penyimpanan yang tepat sangat penting untuk meminimalkan kerugian nutrisi dan memastikan pangan tetap aman dan bergizi. Berikut ini adalah beberapa poin penting tentang pengaruh pembekuan terhadap penurunan kandungan air dan gizi pangan:

1. Pengaruh Pembekuan terhadap Jaringan

- a. Terjadi kerusakan sel dan struktur yang irreversible yang mengakibatkan mutu menjadi jelek setelah pencairan (khususnya sebagai hasil pembentukan kristal es yang besar dan perpindahan air selama pembekuan dari dalam sel ke bagian luar sel yang dapat mengakibatkan kerusakan sel karena pengaruh tekanan osmotis).
- b. Pembekuan yang cepat dan penyimpanan dengan fluktuasi suhu yang tidak terlalu besar, akan membentuk kristal-kristal es kecil di dalam sel dan akan mempertahankan jaringan dengan kerusakan minimum pada membran sel.

2. Pengaruh Pembekuan terhadap Protein

Proses pembekuan dapat menyebabkan denaturasi protein, yaitu perubahan struktur protein yang dapat mengakibatkan hilangnya aktivitas biologis dan fungsi protein. Denaturasi terjadi karena pembentukan kristal es yang dapat merusak ikatan dan struktur

tiga dimensi protein. Selama penyimpanan beku jika seandainya enzim tidak diinaktifkan, proteolisis mungkin terjadi di dalam jaringan hewan

3. Pengaruh Pembekuan terhadap Enzim

- a. Penurunan kandungan air yang ekstrem atau pengeringan yang berlebihan dapat menyebabkan denaturasi enzim. Denaturasi enzim terjadi ketika struktur tiga dimensi enzim rusak, yang mengakibatkan kehilangan aktivitas enzim secara permanen.
- b. Pembekuan menghentikan aktivitas mikrobiologis. Aktivitas enzim hanya dihambat oleh suhu pembekuan.
- c. Pengendalian enzim yang termudah dapat dikerjakan dengan merusak dengan perlakuan pemanasan yang pendek sebelum pembekuan dan penyimpanan

4. Pengaruh Pembekuan terhadap Lemak

- a. Deteriorasi oksidatif lemak dan minyak bukanlah hal yang asing lagi pada bahan pangan. Lemak dalam jaringan ikan cenderung lebih cepat menjadi tengik daripada lemak dalam jaringan hewan. Pada suhu -10°C ketengikan yang berkembang dalam jaringan berlemak yang beku sangat berkurang.
- b. Pembekuan merupakan pencegahan yang sangat baik hampir pada semua makanan berlemak

5. Pengaruh Pembekuan terhadap Vitamin

- a. Umumnya kehilangan vitamin C terjadi bilamana jaringan dirusak dan terkena udara. Selama penyimpanan dalam keadaan beku kehilangan vitamin C akan berlangsung terus.
- b. Makin tinggi suhu penyimpanan makin besar terjadinya kerusakan zat gizi. Dalam bahan pangan beku kehilangan yang lebih besar dijumpai terutama pada vitamin C daripada vitamin yang lain.
- c. Pemanasan pendek untuk menginaktifkan enzim adalah penting untuk melindungi tidak hanya vitamin-vitamin akan tetapi juga kualitas bahan pangan beku pada umumnya.
- d. Secara komersial sudah lama dilakukan penambahan asam askorbat pada buah-buahan sebelum pembekuan guna melindungi kualitas

6. Pengaruh Pembekuan terhadap Parasit
 - a. Pembekuan bahan pangan mempunyai keuntungan dalam mematikan parasit.
 - b. Contoh yang terbaik dalam hal ini kita jumpai dalam mematikan *Trichinella spiralis* dengan pembekuan. Penurunan suhu bahan pangan yang terkena infeksi sampai 0°F atau lebih rendah akan mematikan semua tingkatan kehidupan organisme tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- BPOM. (2021). *Pedoman Cara Pengolahan dan Penanganan Pangan Olahan Beku yang Baik*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan RI.
- Kurniawan, R. M., Purnamawati, H., & E.K, Y. W. (2017). Respon Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) terhadap Sistem Tanam Alur dan Pemberian Jenis Pupuk. *Bul. Agrohorti*, 342-350.
- Makanan, B. P. (2021). *Pedoman Cara Pengolahan dan Penanganan Pangan Olahan Beku yang Baik*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan RI.
- Pawestri, S., & Syahbanu, F. (2023). Karakterisasi Metode Pengeringan Beku Pada Pangan Nabati Characterization of Freeze-Drying Methods For Plant-Based Foods . *Jurnal Pertanian Agros*, 4106-4118.
- Prasetya, W., & Yastanto, A. J. (2023). Evaluasi Waktu Pengeringan pada Metode Freeze Drying terhadap Karakteristik Kacang Tanah, Bawang Putih dan Tomat Menggunakan Alat Labconco FreeZone 2.5 L . *Indonesian Journal of Laboratory*, 100-105 .

BAB 7

PENGARUH FERMENTASI, ZAT TINAMBAH DAN RADIASI PENGION

Olrh Nurjanna Albaar

7.1 Pendahuluan

Fermentasi, zat tambahan pangan, dan radiasi pengion merupakan tiga aspek penting dalam pengolahan pangan yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas, keamanan, dan nilai gizi produk makanan. Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan mikroorganisme, seperti bakteri dan ragi, yang mengubah bahan pangan menjadi produk yang lebih bernutrisi dan lebih mudah dicerna. Di sisi lain, zat tambahan pangan atau aditif digunakan untuk meningkatkan kualitas, daya simpan, dan keamanan pangan. Sementara itu, radiasi pengion adalah teknologi yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen dan memperpanjang umur simpan makanan. Dengan memahami pengaruh dari ketiga aspek ini, kita dapat lebih menghargai proses-proses yang terjadi dalam pengolahan pangan dan dampaknya terhadap kesehatan manusia.

Lebih dari 30% makanan yang diproduksi di seluruh dunia hilang atau terbuang setiap tahun, menurut data dari Badan Pangan Dunia/FAO (Koester dan Galaktionova, 2021). Pengolahan makanan yang tepat, termasuk melalui fermentasi dan penggunaan zat tambahan pangan, dapat membantu mengurangi angka tersebut dengan meningkatkan daya simpan dan keamanan pangan. Selain itu, dengan meningkatnya kesadaran akan kesehatan dan nutrisi, penelitian tentang pengaruh fermentasi dan zat tambahan pangan semakin mendapatkan perhatian. Penelitian menunjukkan bahwa produk fermentasi, seperti yogurt dan tempe, tidak hanya lebih mudah dicerna tetapi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas nutrisi tertentu (Putriningtyas dan Budiono, 2022).

Di sisi lain, penggunaan zat tambahan pangan yang berlebihan dan tidak tepat dapat menimbulkan risiko kesehatan, seperti alergi

atau bahkan efek jangka panjang yang merugikan. Oleh karena itu, penting untuk memahami jenis dan fungsi dari zat tambahan pangan yang umum digunakan. Radiasi pengion, meskipun masih menjadi kontroversi di beberapa kalangan, telah terbukti efektif dalam membunuh mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan produk pangan. Dengan mempelajari ketiga aspek ini secara mendalam, kita dapat mengambil keputusan yang lebih baik mengenai konsumsi pangan dan dampaknya terhadap kesehatan.

7.2 Jenis-jenis Fermentasi dan Contoh Produk

Fermentasi merupakan proses yang melibatkan mikroorganisme untuk mengubah substrat menjadi produk yang lebih kompleks. Terdapat beberapa jenis fermentasi, yang masing-masing memiliki karakteristik dan produk akhir yang berbeda. Fermentasi alkohol, misalnya, adalah proses di mana ragi mengubah gula menjadi alkohol dan karbon dioksida. Contoh produk dari fermentasi alkohol adalah bir dan anggur. Data dari Asosiasi Bir Internasional menunjukkan bahwa konsumsi bir global mencapai lebih dari 190 miliar liter pada tahun 2020, menunjukkan popularitas produk ini di seluruh dunia.

Fermentasi asam laktat adalah jenis fermentasi lain yang umum digunakan dalam pembuatan makanan. Selama proses ini, bakteri asam laktat mengubah gula menjadi asam laktat, yang menghasilkan rasa asam pada produk yang dihasilkan (Canrika, 2024). Contoh produk yang dihasilkan melalui fermentasi asam laktat termasuk yogurt, kimchi, dan sauerkraut. Sebuah studi menunjukkan bahwa yogurt mengandung probiotik yang baik untuk kesehatan pencernaan dan meningkatkan jumlah kalsium dan protein.

Fermentasi asam asetat, di sisi lain, adalah proses di mana bakteri mengubah alkohol menjadi asam asetat. Contoh produk dari fermentasi ini adalah cuka. Cuka tidak hanya digunakan sebagai bahan makanan, tetapi juga memiliki manfaat kesehatan, seperti meningkatkan sensitivitas insulin. Sebuah penelitian menyatakan bahwa konsumsi cuka dapat membantu menurunkan kadar gula darah setelah makan (Barrong et al, 2024).

Fermentasi juga dapat dibedakan menjadi fermentasi aerob dan anaerob. Fermentasi aerob memerlukan oksigen, sedangkan fermentasi anaerob berlangsung tanpa oksigen. Contoh fermentasi aerob termasuk produksi kompos, sementara fermentasi anaerob dapat ditemukan pada pembuatan tempe dan tahu. Sebagai salah satu produk fermentasi kedelai yang paling kaya protein, tempé telah terbukti memiliki berbagai manfaat kesehatan, termasuk meningkatkan kesehatan jantung dan mengurangi risiko diabetes. Dengan beragam jenis fermentasi dan produk yang dihasilkan, proses ini tidak hanya memperpanjang umur simpan makanan tetapi juga meningkatkan nilai gizi dan rasa. Hal ini menjadikan fermentasi sebagai salah satu metode pengolahan pangan yang sangat berharga dan bermanfaat.

7.3 Pengaruh Fermentasi terhadap Kandungan Gizi Pangan

Fermentasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kandungan gizi pangan. Proses ini tidak hanya meningkatkan rasa dan aroma produk, tetapi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas nutrisi, yaitu sejauh mana nutrisi dapat diserap dan digunakan oleh tubuh. Misalnya, dalam pembuatan yogurt, dalam proses fermentasi, gula susu laktosa diubah menjadi asam laktat, yang membuat produk akhir lebih mudah dicerna oleh orang yang tidak toleran laktosa. Sekitar 65% populasi dunia mengalami intoleransi laktosa, dan konsumsi yogurt dapat menjadi solusi bagi mereka untuk mendapatkan kalsium tanpa efek samping yang merugikan.

Selain itu, fermentasi juga dapat meningkatkan kandungan vitamin dalam makanan. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh University of Illinois menunjukkan bahwa fermentasi dapat meningkatkan kadar vitamin B, terutama vitamin B12, dalam makanan seperti tempe dan miso. Vitamin B12 penting untuk kesehatan saraf dan pembentukan sel darah merah, jadi meningkatkan kadar vitamin ini melalui fermentasi dapat membawa banyak manfaat kesehatan.

Fermentasi juga dapat mengurangi kadar antinutrisi dalam makanan, seperti fitat dan tanin, yang dapat menghambat penyerapan mineral (Simamora et al, 2024). Dalam pembuatan tempe, misalnya, proses fermentasi dapat menurunkan kadar fitat, sehingga

meningkatkan ketersediaan mineral seperti zat besi dan seng. Dengan mengonsumsi tempe dapat meningkatkan penyerapan zat besi pada individu yang memiliki risiko anemia (Wilson et al, 2024).

Selain manfaat gizi, fermentasi juga dapat menghasilkan senyawa bioaktif yang memiliki efek positif pada kesehatan. Misalnya, produk fermentasi seperti kimchi mengandung senyawa antioksidan yang dapat membantu melawan radikal bebas dalam tubuh. Sebuah studi menunjukkan bahwa konsumsi kimchi dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dalam tubuh, yang berpotensi mengurangi risiko penyakit kronis (Kim et al, 2011; Kim et al, 2023).

Dengan demikian, proses fermentasi tidak hanya berperan dalam meningkatkan rasa dan daya simpan makanan, tetapi juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan nilai gizi pangan. Oleh karena itu, penting untuk mempromosikan konsumsi produk fermentasi sebagai bagian dari pola makan sehat.

7.4 Zat Tambahan Pangan

1. *Pengertian Zat Tambahan Pangan dan Fungsinya*

Zat tambahan pangan adalah bahan yang ditambahkan ke dalam makanan untuk memperbaiki kualitas, penampilan, rasa, dan daya simpan produk. Zat ini tidak dimaksudkan untuk memberikan nilai gizi tambahan, tetapi lebih untuk meningkatkan karakteristik fisik dan organoleptik makanan. Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), penggunaan zat tambahan pangan diatur secara ketat untuk memastikan keamanan dan kesehatan konsumen. Penggunaan zat tambahan pangan dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu zat tambahan yang bersifat fungsional dan zat tambahan yang bersifat non-fungsional.

Zat tambahan fungsional, seperti pengawet dan antioksidan, berfungsi untuk memperpanjang umur simpan makanan dan mencegah kerusakan. Misalnya, natrium benzoat sering digunakan sebagai pengawet dalam minuman ringan dan saus. Sementara itu, zat tambahan non-fungsional, seperti pewarna dan perasa, digunakan untuk meningkatkan daya tarik visual dan rasa produk. Sebagai contoh, pewarna karamel sering

digunakan dalam pembuatan minuman untuk memberikan warna yang menarik (Fallah dan Stich, 2024).

Namun, penting untuk dicatat bahwa penggunaan zat tambahan pangan harus dilakukan dengan hati-hati. Beberapa zat tambahan dapat menimbulkan reaksi alergi atau efek samping yang merugikan jika dikonsumsi dalam jumlah yang berlebihan. Oleh karena itu, regulasi yang ketat dan pemahaman yang baik tentang penggunaan zat tambahan pangan sangat penting untuk melindungi kesehatan konsumen.

2. *Fungsi Zat Tambahan Pangan (Zat Aditif)*

Fungsi utama dari zat tambahan pangan adalah untuk meningkatkan kualitas dan daya simpan produk. Zat ini dapat membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan keracunan makanan. Misalnya, penggunaan asam sorbat sebagai pengawet dalam produk roti dapat mencegah pertumbuhan jamur dan bakteri, sehingga memperpanjang umur simpan produk tersebut. Menurut data dari Food and Agriculture Organization (FAO), penggunaan zat pengawet yang tepat dapat mengurangi kerugian pangan hingga 30%.

Selain itu, zat tambahan pangan juga dapat meningkatkan rasa dan aroma produk. Misalnya, penggunaan perasa alami seperti vanila atau rempah-rempah dapat memberikan cita rasa yang lebih kaya pada produk makanan. Dalam industri makanan, penggunaan zat tambahan ini menjadi sangat penting untuk memenuhi preferensi konsumen yang semakin beragam.

Zat tambahan juga berfungsi untuk memperbaiki tekstur dan penampilan makanan. Misalnya, emulsifier digunakan untuk menciptakan stabilitas dalam produk makanan yang mengandung minyak dan air, seperti saus salad dan mayones. Penggunaan emulsifier yang tepat dapat meningkatkan konsistensi dan daya tarik visual produk, sehingga meningkatkan kepuasan konsumen.

Namun, penggunaan zat tambahan pangan harus selalu diimbangi dengan pemahaman tentang dampaknya terhadap kesehatan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa konsumsi zat tambahan tertentu dalam jangka panjang dapat berpotensi menimbulkan risiko kesehatan, seperti gangguan hormonal atau

peningkatan risiko kanker (Simmons et al, 2014). Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut dan mengedukasi masyarakat tentang penggunaan zat tambahan pangan yang aman dan efektif.

3. Jenis-jenis Zat Tambahan yang Umum Digunakan

Terdapat berbagai jenis zat tambahan pangan yang umum digunakan dalam industri makanan. Beberapa di antaranya termasuk pengawet, pewarna, perasa, dan antioksidan. Pengawet, seperti natrium benzoat dan asam sorbat, digunakan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang umur simpan produk. Pewarna, baik alami maupun sintetis, digunakan untuk meningkatkan daya tarik visual makanan. Contohnya, pewarna beta-karoten yang berasal dari wortel sering digunakan dalam produk makanan untuk memberikan warna oranye yang menarik.

Perasa juga merupakan zat tambahan yang penting dalam meningkatkan cita rasa produk. Penggunaan perasa alami, seperti ekstrak rempah-rempah, dapat memberikan rasa yang lebih autentik dan alami. Sementara itu, perasa sintetis, seperti vanillin, sering digunakan dalam produk makanan untuk memberikan rasa yang lebih kuat dan konsisten.

Antioksidan, seperti asam askorbat (vitamin C) dan tokoferol (vitamin E), digunakan untuk mencegah oksidasi dan kerusakan pada produk makanan. Penggunaan antioksidan ini sangat penting dalam produk yang mengandung lemak, karena oksidasi dapat menyebabkan rancid dan kehilangan kualitas. Data dari *Journal of Food Science* menunjukkan bahwa penggunaan antioksidan dapat meningkatkan umur simpan produk hingga 50%. Namun, penting untuk memastikan bahwa zat tambahan yang digunakan aman untuk dikonsumsi. Regulasi yang ketat dan pengujian yang cermat diperlukan untuk memastikan bahwa zat tambahan pangan tidak menimbulkan risiko kesehatan bagi konsumen. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang jenis dan fungsi zat tambahan pangan sangat penting dalam industri makanan.

4. Dampak Zat Tambahan terhadap Kandungan Gizi dan Kesehatan

Penggunaan zat tambahan pangan dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kandungan gizi dan kesehatan. Beberapa zat tambahan, seperti pengawet dan pewarna, dapat menimbulkan reaksi alergi atau sensitivitas pada sebagian orang. Misalnya, sulfite, yang sering digunakan sebagai pengawet dalam anggur dan buah kering, dapat menyebabkan reaksi alergi pada individu yang sensitif.

Selain itu, beberapa zat tambahan pangan juga dapat mempengaruhi penyerapan nutrisi dalam tubuh. Misalnya, penggunaan fosfat dalam produk makanan olahan dapat mengganggu penyerapan kalsium dan magnesium. Penelitian yang dilakukan oleh National Institutes of Health menunjukkan bahwa konsumsi fosfat yang berlebihan dapat berkontribusi pada risiko osteoporosis dan masalah kesehatan lainnya.

Namun, tidak semua zat tambahan pangan memiliki efek negatif. Beberapa zat tambahan, seperti vitamin dan mineral yang ditambahkan, dapat meningkatkan nilai gizi produk. Misalnya, fortifikasi susu dengan vitamin D dapat membantu meningkatkan kesehatan tulang dan mencegah defisiensi vitamin D pada populasi yang berisiko. Menurut data dari Centers for Disease Control and Prevention (CDC), fortifikasi makanan merupakan salah satu strategi yang efektif untuk mengatasi masalah defisiensi gizi di masyarakat.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang dampak jangka panjang dari penggunaan zat tambahan pangan dan untuk memberikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya memilih produk yang aman dan sehat. Kesadaran akan penggunaan zat tambahan pangan yang tepat dapat membantu konsumen membuat pilihan yang lebih baik untuk kesehatan mereka.

7.5 Radiasi Pangan

Radiasi pangan adalah teknologi yang digunakan dalam pengolahan pangan untuk membunuh mikroorganisme patogen, memperpanjang umur simpan, dan menjaga kualitas produk. Proses ini melibatkan penggunaan radiasi elektromagnetik, seperti sinar

gamma, sinar-X, atau partikel beta, yang dapat menembus bahan pangan dan menghancurkan DNA mikroorganisme. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), radiasi pengion telah terbukti efektif dalam membunuh bakteri, jamur, dan parasit yang dapat menyebabkan keracunan makanan.

Salah satu contoh penggunaan radiasi pengion adalah dalam pengawetan buah dan sayuran. Proses ini dapat mengurangi jumlah mikroorganisme yang ada pada permukaan produk, sehingga memperpanjang umur simpan tanpa mempengaruhi rasa atau nilai gizi. Penelitian yang diterbitkan dalam *Journal of Food Protection* menunjukkan bahwa radiasi pengion dapat mengurangi jumlah bakteri patogen pada buah-buahan segar hingga 99%.

Namun, penggunaan radiasi pengion dalam pengolahan pangan juga menimbulkan beberapa kontroversi. Beberapa konsumen khawatir tentang potensi efek kesehatan jangka panjang dari konsumsi makanan yang diproses dengan radiasi. Meskipun penelitian yang ada menunjukkan bahwa makanan yang diproses dengan radiasi aman untuk dikonsumsi, penting untuk terus melakukan penelitian untuk memastikan keamanan dan efektivitas metode ini.

Selain itu, regulasi yang ketat diperlukan untuk mengatur penggunaan radiasi pengion dalam industri pangan. Banyak negara memiliki pedoman yang jelas mengenai batasan dosis radiasi yang diperbolehkan untuk produk pangan. Menurut Food and Drug Administration (FDA) di Amerika Serikat, produk pangan yang diproses dengan radiasi harus diberi label yang jelas untuk memberi informasi kepada konsumen.

Dengan memahami pengaruh dan manfaat radiasi pengion dalam pengolahan pangan, kita dapat membuat keputusan yang lebih baik mengenai konsumsi pangan dan dampaknya terhadap kesehatan. Radiasi pengion dapat menjadi alat yang efektif dalam meningkatkan keamanan dan kualitas produk pangan, tetapi harus digunakan dengan hati-hati dan sesuai dengan regulasi yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrong, H., Coven, H., Lish, A., Fessler, S. N., Jasbi, P., & Johnston, C. S. (2024). Daily Vinegar Ingestion Improves Depression and Enhances Niacin Metabolism in Overweight Adults: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 16(14), 2305.
- Canrika, R. E. (2024). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) Dari Fermentasi Stater (*Lactobacillus Casei*) Pada Cuka Mandai Cempedek (*Artocarpus champeden*). *PHARMACIA*, 2(1), 16-23.
- Fallah, S., & Stich, E. (2024). Food color and coloring food: quality, differentiation and regulatory requirements. In *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages* (pp. 3-31). Woodhead Publishing.
- Kim, E. K., An, S. Y., Lee, M. S., Kim, T. H., Lee, H. K., Hwang, W. S., & Lee, K. W. (2011). Fermented kimchi reduces body weight and improves metabolic parameters in overweight and obese patients. *Nutrition Research*, 31(6), 436-443.
- Kim, H. J., Kwon, M. S., Hwang, H., Choi, H. S., Lee, W., Choi, S. P., & Hong, S. W. (2023). A review of the health benefits of kimchi functional compounds and metabolites. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 51(4), 353-373.
- Koester, U., & Galaktionova, E. (2021). FAO Food Loss Index methodology and policy implications. *Studies in Agricultural Economics*, 123(1), 1-7.
- Putriningtyas, N. D., & Budiono, I. (2022). Yogurt Kulit Buah Naga Merah Dan Hiperglikemia. *Bookchapter Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang*, (2), 101-129.
- Simamora, S., Siringo-ringo, M., & Perangin-angin, I. H. (2024). Gambaran Pola Konsumsi Zat Besi Resiko Anemia Pada Remaja Di Smasanto Petrus Medan Tahun 2024. *Innovative Journal Of Social Science Research*, 4(5), 7847-7859.
- Simmons, A. L., Schlezinger, J. J., & Corkey, B. E. (2014). What are we putting in our food that is making us fat? Food additives, contaminants, and other putative contributors to obesity. *Current obesity reports*, 3, 273-285.

Wilson, J. W., Thompson, T. W., Wei, Y., Chaparro, J. M., Stull, V. J., Nair, M. N., & Weir, T. L. (2024). Comparison of the In Vitro Iron Bioavailability of Tempeh Made with *Tenebrio molitor* to Beef and Plant-Based Meat Alternatives. *Nutrients*, *16*(16), 2756.

BAB 8

FORTIFIKASI ZAT GIZI DAN FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP METABOLISME GIZI

Oleh Elmeizy Arafah

8.1 Pendahuluan

Melakukan fortifikasi pada makanan adalah cara untuk meningkatkan nilai gizi dengan menambahkan nutrisi ke dalamnya. Fortifikasi berperan penting dalam pencegahan kekurangan gizi pada populasi yang luas, terutama di negara-negara berkembang dan negara terbelakang. Dalam bab ini, akan diulas berbagai hal tentang fortifikasi zat gizi, meliputi pemahaman dasar dan implementasinya pada teknologi terkini. Selain itu, akan dijelaskan pengaruh faktor-faktor terhadap metabolisme zat gizi di dalam tubuh, termasuk pada faktor genetik, lingkungan serta interaksi antara nutrisi yang berbeda.

Fortifikasi Zat Gizi dalam Produk Pertanian melalui pengkayaan bahan pangan dengan nutrisi untuk meningkatkan nilai gizi dan mencegah kekurangan gizi di kalangan populasi. Pentingnya fortifikasi pada produk pertanian semakin meningkat dengan maksud untuk mengatasi permasalahan kesehatan global, terutama di negara-negara berkembang. Tujuan utama fortifikasi ialah untuk meningkatkan status gizi penduduk dengan menggunakan metode yang aman, efisien, dan terjangkau.

Produk pertanian yang telah difortifikasi mampu memberikan sumbangan penting pada asupan nutrisi esensial yang sering kali kurang dalam konsumsi harian. Berdasarkan hasil penelitian, fortifikasi berperan penting dalam minimalisasi prevalensi defisiensi mikronutrien seperti vitamin A, zat besi, dan yodium. bahwa fortifikasi berperan penting. Di samping itu, fortifikasi juga mampu meningkatkan kualitas hidup dan produktivitas warga.

Tujuan dan Manfaat Fortifikasi:

1. Mengurangi Defisiensi Nutrisi.

Penggunaan fortifikasi dapat mengurangi angka kejadian defisiensi nutrisi yang berkontribusi terhadap munculnya gangguan kesehatan seperti anemia karena kurang zat besi atau masalah penglihatan akibat kekurangan vitamin A.

2. Meningkatkan Kesehatan Masyarakat

Dengan memberikan tambahan nutrisi penting ke dalam makanan, fortifikasi berperan dalam meningkatkan kesehatan secara keseluruhan di kalangan masyarakat terutama meningkatnya fungsi otak dan daya tahan tubuh.

3. Peningkatan Produktivitas

Masyarakat yang sehat dan mengonsumsi makanan bergizi adekuat akan lebih produktif serta memiliki kualitas hidup yang superior.

8.2 Teori Dasar Fortifikasi Zat Gizi

Fortifikasi merupakan langkah untuk menambahkan nutrisi pada makanan yang tidak ada secara alami atau tidak cukup dalam jumlahnya. Nutrien dapat berupa vitamin, mineral, atau bahan bioaktif lainnya. Fortifikasi melibatkan penambahan nutrisi ke dalam makanan guna meningkatkan kandungan gizinya. Vitamin dan mineral yang ditambahkan umumnya merupakan nutrisi penting bagi kesehatan, serta dapat menyediakan asupan tambahan untuk kebutuhan harian saat mungkin kurang terpenuhi melalui pola makan sehari-hari.

Macam-macam Zat Gizi yang Biasanya Diperkaya pada bahan pangan: Vitamin A, Vitamin D, Zat Besi, Yodium, Asam Folat.

Sebagai contoh, penerapan fortifikasi pada produk pertanian dilakukan dengan cara berikut: 1) Untuk mencegah anemia, ditambahkan zat besi ke dalam tepung terigu; 2) Gunakan susu yang diperkaya dengan vitamin D untuk menjaga kesehatan tulang.

8.3 Berbagai Jenis Zat Gizi yang Sering Difortifikasi

Ada beberapa jenis zat gizi yang sering difortifikasi pada bahan pangan:

1. Vitamin A.

Sangat penting bagi penglihatan, fungsi kekebalan tubuh, dan reproduksi. Kekurangan vitamin A bisa menyebabkan kelumpuhan mata pada anak-anak serta meningkatkan peluang terkena infeksi. Contoh Fortifikasi, vitamin A ditambahkan ke margarin dan produk susu.

2. Vitamin D.

Sangat penting untuk menjaga kesehatan tulang dan sistem imun. Jika kekurangan vitamin D, anak-anak berisiko mengalami rakhitis sedangkan orang dewasa dapat terkena osteomalasia. Contoh Fortifikasi, vitamin D ditambahkan pada susu dan produk susu, jus jeruk dan sereal. Fortifikasi vitamin D pada susu dimaksud untuk meningkatkan kesehatan tulang dan mencegah rakhitis pada anak-anak.

3. Zat Besi.

Sangat penting untuk produksi hemoglobin di dalam tubuh. Anemia defisiensi besi sering ditemukan pada wanita dan anak-anak karena kekurangan zat besi. Contoh Fortifikasi, zat besi ditambahkan pada tepung terigu, sereal untuk sarapan, susu khusus untuk balita dan ibu hamil. Program fortifikasi tepung terigu di negara berkembang telah berhasil mengurangi jumlah kasus anemia pada wanita dan anak-anak.

4. Yodium.

Sangatlah penting bagi fungsi tiroid dan pertumbuhan otak. Jika tubuh kekurangan yodium, dapat menyebabkan terjadinya gondok dan dampak negatif pada perkembangan mental anak-anak. Contoh Fortifikasi, yodium ditambahkan di garam dapur dan garam meja.

5. Asam Folat:

Sangat diperlukan untuk melakukan sintesis DNA serta pembelahan sel. Jika ibu hamil kekurangan asam folat, bayi yang baru lahir dapat mengalami cacat pada tabung saraf. Contoh Fortifikasi, asam folat telah ditambahkan ke tepung terigu dan produk biji-bijian.

Meningkatkan kandungan zat gizi adalah langkah penting dalam mengatasi defisiensi nutrisi secara global. Dengan menerapkan beragam teknik dan metode fortifikasi, nilai gizi produk pertanian dapat ditingkatkan sehingga memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan kesehatan serta kehidupan lebih sejahtera bagi populasi. Fortifikasi efektif sebagai intervensi dalam bidang kesehatan masyarakat.

8.4 Metode dan Teknologi Fortifikasi

Untuk meningkatkan kandungan nutrisi dalam produk pangan, ada berbagai cara dan teknologi yang digunakan dalam proses fortifikasi makanan. Tujuan fortifikasi adalah agar nutrisi tetap konsisten, dapat diserap dengan baik oleh tubuh, dan tidak mengubah cita rasa makanan. Di bawah ini terdapat penjelasan lengkap tentang beberapa metode dan teknologi utama yang dimanfaatkan dalam proses fortifikasi makanan. Ada beberapa metode dan teknologi dalam proses fortifikasi pangan, diantaranya:

1. Fortifikasi homogen

Penambahan nutrisi dilakukan selama proses produksi. Nutrien bisa diberikan secara merata dalam seluruh bahan makanan. Contohnya pada tepung terigu dan susu. Selama proses penggilingan, tepung terigu harus dicampur dengan zat besi secara merata. Kalsium ditambahkan ke dalam jus jeruk selama proses produksi.

2. Fortifikasi titik akhir

Pada tahap akhir pengolahan, nutrisi dapat ditambahkan. Metode ini biasanya dipakai untuk produk yang telah mengalami pemanasan atau proses lainnya yang bisa merusak nutrisi jika ditambahkan di tahap awal. Proses ini seperti vitamin D yang dicampur dalam susu pasteurisasi. Sebelum dikemas, susu pasteurisasi dapat diperkaya dengan vitamin D. Vitamin D ditambahkan ke dalam susu saat proses pengepakan terakhir. Asam folat ditambahkan ke sereal sarapan pada tahap terakhir produksi.

3. Mikroenkapsulasi.

Teknologi itu berguna untuk menjaga agar nutrisi yang sifatnya sensitif tidak rusak pada saat pengolahan dan penyimpanan. Nutrisi disimpan dalam kapsul mikroskopis untuk melindunginya dari suhu tinggi, sinar matahari, udara terbuka, dan kelembapan. Adapun keuntungan metode ini ialah: 1) dapat meningkatkan kestabilan nutrisi selama masa penyimpanan, 2) menghindari atau mengurangi interaksi antara zat gizi dan komponen makanan lainnya, dan 3) pelepasan nutrisi dapat dikendalikan dalam proses pencernaan.

Berikut ini contoh mikroenkapsulasi : 1) Vitamin dan mineral ditambahkan ke sereal dalam bentuk mikroenkapsulasi agar tidak mengalami degradasi selama penyimpanan; dan 2) Untuk menjaga stabilitas dan mengurangi bau amis, omega-3 dikapsulkan dalam produk susu secara mikroenkapsulasi.

4. Biofortifikasi.

Biofortifikasi merupakan metode fortifikasi yang melibatkan pemuliaan tanaman atau modifikasi genetik sebagai upaya untuk meningkatkan kandungan nutrisi dalam tanaman pangan. Tujuan adalah agar secara alami menghasilkan varietas tanaman dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi. Beberapa keuntungan metode ini adalah 1) tidak perlu mengubah kebiasaan konsumsi makanan, 2) dapat memenuhi kebutuhan nutrisi secara berkelanjutan dan alami, dan 3) mengurangi biaya produksi dan masalah logistik yang terkait dengan metode fortifikasi konvensional.

Contoh biofortifikasi ialah: 1) padi yang telah ditingkatkan kandungan zat besi dan zincnya melalui proses pemuliaan tanaman, dan 2) Jagung yang telah dimodifikasi genetik untuk meningkatkan kandungan vitamin A.

5. Fortifikasi Ganda

Fortifikasi ganda melibatkan pengayaan beberapa nutrisi ke dalam satu produk pangan. Metode ini bermanfaat dalam menghadapi masalah kekurangan gizi yang kompleks pada kelompok penduduk spesifik. Contoh: 1) Untuk mengatasi anemia dan cacat tabung saraf, telah dilakukan penambahan zat besi dan asam folat ke dalam tepung terigu; dan 2) Mengubah susu dengan

menambahkan vitamin A dan D, guna memberikan dukungan pada kesehatan mata dan tulang.

Metode dan teknologi fortifikasi penting dalam peningkatan kandungan nutrisi makanan serta mengatasi defisiensi gizi secara global. Pemilihan metode yang tepat dan teknologi yang inovatif merupakan faktor penting sehingga proses fortifikasi bahan pangan dapat dilakukan dengan efisiensi dan maksimal. Ini akan menjamin ketersediaan dan preservasi nutrisi penting dalam produk pangan secara efektif.

8.5 Contoh Proses Fortifikasi Pada Produk Pertanian Terkini

Upaya strategis untuk mengatasi defisiensi gizi di berbagai belahan dunia adalah melalui fortifikasi produk pertanian. Dalam beberapa tahun terakhir, telah dilakukan penerapan fortifikasi pada produk pertanian. Berikut ini merupakan contoh-contoh fortifikasi pada produk pertaniannya:

1. Menambahkan kandungan zat besi ke dalam beras.

Asia menjadi wilayah dengan populasi yang sangat bergantung pada beras sebagai makanan utama, meliputi lebih dari separuh penduduk dunia. Walau begitu, beras putih umumnya memiliki kadar zat besi yang rendah, yang merupakan nutrisi penting dalam mencegah terjadinya anemia defisiensi besi.

Metode fortifikasi zat besi pada produk pertanian dilakukan dengan yaitu: 1) zat besi ditambahkan ke dalam beras menggunakan metode coating atau dusting, dan 2) pemuliaan tanaman juga merupakan metode yang digunakan dalam biofortifikasi, dimana varietas beras dengan kandungan zat besi alami dapat dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mengonsumsi beras yang telah diperkaya dengan zat besi dapat secara signifikan meningkatkan asupan zat besi dalam makanan dan mengurangi angka kejadian anemia di kalangan populasi yang dituju.

2. Melengkapi Tepung Terigu dengan Zat Besi dan Asam Folat

Pada berbagai produk makanan, seperti roti, pasta, dan kue digunakan bahan dasar tepung terigu. Tujuan dari menambahkan

zat besi dan asam folat pada tepung terigu adalah untuk mencegah anemia serta kecacatan tabung saraf pada bayi yang baru lahir.

Metode fortifikasi yang digunakan: 1) Proses penggilingan tepung terigu melibatkan penambahan premiks zat besi dan asam folat untuk melakukan fortifikasi, dan 2) Untuk memastikan keefektifan fortifikasi, dilakukan pemantauan secara rutin terhadap kualitas dan stabilitas nutrisi. Hasil pengimplementasian program fortifikasi tepung terigu di berbagai negara berhasil mengurangi angka prevalensi anemia dan defisiensi asam folat pada populasi wanita usia subur dan anak-anak.

3. Fortifikasi Garam dengan Yodium

Kekurangan yodium adalah faktor utama yang menyebabkan gangguan tiroid dan dampak mental yang dapat dihindari. Pengayaan garam dengan yodium telah membuktikan diri sebagai salah satu langkah kesehatan masyarakat yang paling berhasil.

Metode fortifikasi dapat dilakukan dengan cara: Yodium dapat dicampurkan ke dalam garam meja melalui proses penyemprotan atau pencampuran kering. Kebijakan pemerintah biasanya menetapkan program fortifikasi garam untuk memastikan itu mencakup secara luas. Di banyak negara, prevalensi gangguan tiroid telah berhasil dikurangi dan status yodium dalam populasi meningkat berkat program fortifikasi garam dengan yodium;

4. Fortifikasi Minyak Goreng dengan Vitamin A

Nutrien penting bagi kesehatan mata dan sistem imun adalah Vitamin A. Jika tidak ada cukup vitamin A dalam tubuh, bisa menyebabkan kehilangan penglihatan dan meningkatkan peluang terjangkit infeksi. Minyak goreng sering digunakan dalam memasak sehingga merupakan pilihan yang efektif untuk fortifikasi vitamin A. Metode fortifikasinya adalah minyak goreng diperkaya dengan Vitamin A yang dicampurkan dalam bentuk premiks yang tahan lama. Kestabilan vitamin A dalam minyak goreng tetap terjaga melalui teknik pengemasan dan penyimpanan yang tepat. Peningkatan status vitamin A di populasi target, terutama di negara-negara berkembang, telah diamati melalui fortifikasi minyak goreng dengan vitamin A.

5. Penguatan kandungan Sereal dengan kombinasi multivitamin dan mineral

Anak-anak dan orang dewasa sering mengonsumsi sereal sarapan sebagai bagian dari rutinitas diet mereka. Memberikan vitamin dan mineral pada sereal akan membantu mengatasi masalah kekurangan gizi di berbagai kelompok usia.

Metode fortifikasi ini: 1) Selama proses produksi, sereal diperkaya dengan premiks multivitamin dan mineral; dan 2) Beberapa nutrisi yang sering ditambahkan meliputi vitamin B kompleks, vitamin D. Telah terbukti bahwa sereal yang telah mendapat sertifikasi dapat meningkatkan asupan nutrisi penting dan berperan dalam peningkatan kesehatan gizi anak-anak serta orang dewasa.

Penggunaan metode dan teknologi dalam penerapan fortifikasi pada produk pertanian terus berkembang agar nutrisi yang ditambahkan tetap efektif dan stabil. Melalui berbagai contoh di atas, dapat terlihat bagaimana fortifikasi makanan bisa membantu meningkatkan status gizi populasi dan mengurangi jumlah orang yang mengalami kekurangan nutrisi. Fortifikasi makanan tetap menjadi strategi penting dalam upaya meningkatkan kesehatan masyarakat secara global, dengan catatan dukungan kebijakan yang tepat serta pemantauan yang efektif.

8.6 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Metabolisme Zat Gizi

Metabolisme zat gizi merupakan serangkaian reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh dengan tujuan untuk memecah nutrisi menjadi energi dan bahan-bahan penting bagi fungsi tubuh. Faktor Genetik Variasi gen dapat memengaruhi efisiensi metabolisme zat gizi, contohnya variasi pada gen yang terkait dengan metabolisme folat. Perubahan lingkungan, seperti pola makan, kondisi kesehatan, dan tingkat paparan terhadap polutan bisa berpengaruh juga pada metabolisme zat gizi. Selain itu beberapa nutrisi dapat berinteraksi dengan zat lainnya, seperti contohnya adalah interaksi antara zat besi dan vitamin C yang saling meningkatkan penyerapan satu sama lain.

Kondisi gizi dan kesehatan masing-masing individu dapat berdampak pada metabolisme dan kebutuhan nutrisi. Hal ini meliputi penyakit kronis yang ada dalam tubuh.

8.6.1 Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Metabolisme Zat Gizi

Proses biokimia yang terjadi dalam tubuh untuk memecah dan menggunakan nutrisi dari makanan disebut sebagai metabolisme zat gizi. Ada beberapa elemen yang mempengaruhi metabolisme, seperti faktor genetik, lingkungan di sekitarnya, bagaimana zat gizi berinteraksi satu sama lainnya serta keadaan nutrisi dan kesehatan seseorang. Berikut ini faktor-faktor yang mempengaruhi zat gizi:

1. Faktor Genetik

Variasi Genetik dapat mempengaruhi metabolisme zat gizi. Perbedaan genetik di antara individu bisa mempengaruhi seberapa efisien metabolisme nutrisi yang beragam. Contohnya, variasi genetik yang terkait dengan enzim metabolisme folat dapat mempengaruhi kemampuan tubuh dalam mengolah folat. Contoh: Risiko penyakit kardiovaskular dapat dipengaruhi oleh perubahan metabolisme folat dan homosistein dalam tubuh akibat adanya polimorfisme MTHFR.

2. Faktor Lingkungan

Kebiasaan makan merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh dalam metabolisme zat gizi. Asupan dan metabolisme zat gizi dipengaruhi oleh kebiasaan makan dan pola diet. Mempertahankan asupan nutrisi yang cukup terjamin melalui konsumsi diet yang seimbang dan bervariasi.

Paparan terhadap polutan lingkungan, seperti logam berat dan pestisida, dapat mengganggu metabolisme nutrisi dan fungsi enzimatik dalam tubuh.

3. Interaksi Antar Zat Gizi

Beberapa nutrisi dapat memiliki interaksi sinergis atau antagonis yang mempengaruhi penyerapan dan metabolisme. Misalnya, vitamin C meningkatkan penyerapan zat besi non-heme, sementara kalsium dapat mengganggu penyerapan zat besi.

Contoh interaksi antar zat gizi adalah asupan senyawa fitat seperti asam fitat (ditemukan dalam biji-bijian dan kacang-kacangan) yang tinggi dapat mengurangi penyerapan mineral seperti zat besi dan seng.

4. Status Gizi dan Kesehatan Individu

Kondisi kesehatan individu, termasuk penyakit kronis seperti diabetes dan penyakit gastrointestinal, dapat mempengaruhi metabolisme dan kebutuhan nutrisi.

5. Usia dan Tahap Kehidupan

Kebutuhan dan metabolisme nutrisi bervariasi pada berbagai tahap kehidupan, seperti masa kanak-kanak, kehamilan, dan penuaan. Misalnya, kebutuhan zat besi meningkat selama kehamilan dan menurun pada usia lanjut.

Metabolisme zat gizi dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait. Pemahaman mendalam tentang faktor-faktor ini penting untuk mengembangkan strategi nutrisi yang tepat untuk berbagai individu dan populasi. Dukungan dari referensi ilmiah yang terakreditasi dan bereputasi memberikan dasar yang kuat untuk memahami kompleksitas metabolisme zat gizi dan implikasinya terhadap kesehatan manusia.

8.6.2 Pengertian Metabolisme Zat Gizi

Metabolisme zat gizi adalah serangkaian reaksi kimia yang terjadi dalam sel-sel tubuh untuk mengubah nutrisi dari makanan menjadi energi, serta komponen penting lainnya yang diperlukan untuk pertumbuhan, perbaikan, dan fungsi normal tubuh. Proses metabolisme ini melibatkan dua fase utama: anabolisme dan katabolisme.

8.6.3 Anabolisme

Anabolisme adalah proses membangun molekul besar dan kompleks dari molekul-molekul kecil. Fase ini membutuhkan energi yang biasanya diperoleh dari molekul ATP (adenosin trifosfat). Anabolisme mencakup sintesis protein, asam nukleat, lipid, dan karbohidrat.

Berikut ini contoh Anabolisme:

1. Sintesis Protein: Proses di mana asam amino dirangkai menjadi protein yang dibutuhkan untuk struktur dan fungsi sel.
2. Sintesis Glikogen: Proses penggabungan glukosa menjadi glikogen untuk penyimpanan energi di hati dan otot.

8.6.4 Katabolisme

Katabolisme adalah proses memecah molekul besar dan kompleks menjadi molekul-molekul kecil dan sederhana. Fase ini menghasilkan energi yang kemudian disimpan dalam bentuk ATP. Energi ini digunakan untuk berbagai fungsi seluler seperti kontraksi otot, konduksi saraf, dan transport aktif.

Contoh Katabolisme sebagai berikut:

1. Glikolisis: Proses pemecahan glukosa menjadi piruvat, menghasilkan ATP dan NADH.
2. Siklus Asam Sitrat (Krebs): Proses di mana asetil-KoA dioksidasi menjadi CO_2 dan H_2O , menghasilkan ATP, NADH, dan FADH_2 .

8.6.5 Tahapan Metabolisme Zat Gizi

Proses metabolisme zat gizi melalui beberapa tahap. Tahapan tersebut ialah:

1. Pencernaan dan Penyerapan:
Nutrien dari makanan dipecah menjadi molekul-molekul kecil selama proses pencernaan. Molekul-molekul ini kemudian diserap melalui dinding usus ke dalam aliran darah.
2. Transportasi dan Distribusi:
Nutrien yang diserap diangkut ke sel-sel tubuh melalui aliran darah. Proses ini melibatkan transport aktif dan pasif.
3. Metabolisme Seluler:
Di dalam sel, nutrien mengalami berbagai reaksi kimia yang membentuk metabolisme seluler. Ini termasuk jalur metabolisme utama seperti glikolisis, siklus Krebs, dan fosforilasi oksidatif.
4. Eliminasi dan Ekskresi:
Produk limbah dari metabolisme, seperti CO_2 , urea, dan kreatinin, dieliminasi dari tubuh melalui proses ekskresi.

Berdasarkan uraian di atas, metabolisme zat gizi adalah serangkaian proses biokimia yang kompleks dan terkoordinasi yang memungkinkan tubuh untuk memanfaatkan nutrien dari makanan secara efisien. Melalui proses anabolisme dan katabolisme, tubuh mampu membangun komponen penting, menghasilkan energi, dan mempertahankan fungsi normalnya. Pemahaman tentang metabolisme zat gizi sangat penting dalam bidang kesehatan dan

nutrisi untuk mengembangkan strategi diet dan intervensi kesehatan yang efektif.

8.7 Pengaruh Genetik Pada Metabolisme Zat Gizi Produk Pertanian

Genetik bukan hanya faktor yang memengaruhi metabolisme zat gizi pada manusia, tetapi juga memiliki pengaruh besar terhadap komposisi nutrisi dalam produk pertanian. Perbedaan genetik pada tanaman pangan dapat memiliki pengaruh terhadap kandungan nutrisi seperti vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif lainnya dalam makanan yang dikonsumsi manusia. Berikut ini adalah penjelasan terperinci mengenai dampak faktor genetik pada komposisi zat gizi dalam produk pertanian, lengkap dengan contoh.

8.7.1 Pemuliaan Tanaman dan Biofortifikasi

Pemuliaan tanaman adalah upaya selektif untuk menciptakan varietas baru dengan sifat-sifat unggul, termasuk meningkatkan nutrisi yang terkandung dalam tanaman. Pilihan individu dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi bergantung pada variasi genetik dalam populasi tanaman.

Biofortifikasi Teknik meningkatkan kandungan nutrient pada produk pertanian dengan metode pemuliaan tanaman dan Teknik rekayasa genetika (*genetic engineering techniques*). Peningkatan kandungan nutrisi pada produk pertanian merupakan tujuan utama biofortifikasi untuk populasi yang mengalami defisiensi zat gizi. Usaha rekayasa genetika atau modifikasi genetik pada tanaman jagung untuk meningkatkan kandungan Vitamin A.

8.7.2 Genetika dan Kandungan Vitamin dalam Tumbuhan

Tanaman seperti jagung dan ubi jalar telah mengalami rekayasa genetika guna meningkatkan kandungan β -karoten, yaitu zat yang menjadi prekursor vitamin A. Kemungkinan memanfaatkan variasi genetik yang mempengaruhi proses biosintesis beta-karoten ini adalah untuk menghasilkan varietas ubi jalar yang tinggi kandungan β -karoten provitamin A.

Golden Rice merupakan beras yang dihasilkan dari tanaman padi yang telah dimodifikasi dengan rekayasa genetika. Padi yang telah dimodifikasi secara genetik dengan harapan dapat menghasilkan β -karoten, diharapkan bisa membantu menangani masalah kekurangan vitamin A di negara-negara berkembang.

8.7.3 Peranan Genetika dan Senyawa Bioaktif dalam Tanaman

Komponen bioaktif seperti polifenol dan antioksidan memiliki dampak positif yang penting bagi kesehatan. Perbedaan genetik dalam tanaman mempengaruhi proses biosintesis dan penumpukan senyawa-senyawa ini.

Melalui pemuliaan atau modifikasi genetik tanaman yang selektif, variasi tomat dengan kandungan likopen yang lebih tinggi telah berhasil dikembangkan. Tomat ini memiliki kekuatan antioksidan yang kuat dan bisa berpotensi mengurangi risiko penyakit kronis.

Telah dilakukan rekayasa genetika terhadap beberapa tanaman pangan agar dapat bertoleransi terhadap Kekeringan dan Salinitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. 2002. *Molecular Biology of the Cell* (4th ed.). Garland Science.
- Bailey, L. B. 2000. *The role of folate in maintaining health and preventing disease*. CRC Press.
- Bailey, R.L., K.P. West Jr., and R.E. 2015. Black co-authored the paper in 2015. The study of global deficiencies in micronutrients from an epidemiological perspective. *Annals of Nutrition and Metabolism*, vol. 66, suppl. 2, p 22-33.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., and Stryer, L. (2002). *Biochemistry* (5th ed.). W.H. Freeman.
- Bouis, H. E., and Saltzman, A. (2017). Improving nutrition through biofortification: Evidence from Harvest Plus, spanning over the years 2003 to 2016, was reviewed. The publication titled "Global Food Security". Vol 12, p 49 to 58.
- Devlin, T. M. (2010). *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations* (7th ed.). Wiley-Blackwell.
- Guyton, A. C., and Hall, J. E. (2006). *Textbook of Medical Physiology* (11th ed.). Elsevier Saunders.
- Hallberg, L., and Hulthén, L. (2000). Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5), 1147-1160.
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine*. Vol.357 (3), p266-281.
- Hurrell, R. F., Ranum, P., de Pee, S., Biebinger, R., Hulthen, L., Johnson Q.L., and Lynch, S. (2010). The iron fortification of wheat flour has been reconsidered and updated recommendations have been proposed.
- Lee, S. K., and Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207-220.
- Lietz, G., Lange, J., and Rimbach, G. (2010). Synergistic effects of vitamin A and vitamin E in the prevention of cardiovascular disease: Does VAD pose a risk? The research paper titled "Int.

- Journal for Vit. and Nutr. Research. Volume 80 (1.): p.34-47.
- Nelson, D. L., and Cox, M. M. (2008). *Lehninger Principles of Biochemistry* (5th ed.). W.H. Freeman.
- Rimbach, G., and Pallauf, J. (2004). Nutrigenomics: new perspectives for nutrition research. *BioFactors*, 22(1-4), 15-20.
- Sharma, R. K., Agrawal, M., and Marshall, F. M. (2007). Heavy metals contamination in vegetables grown in wastewater irrigated areas of Varanasi, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(5), 512-517.
- Trijatmiko, K. R., Dueñas, C., Tsakirpaloglou, N., Torrizo, L., Arines F.M and Adeva C.-y- .. and I. H. Slamet-Loedin. (2016) Indica rice that has been biofortified achieves the desired levels of iron and zinc nutrition in agricultural settings. *Scientific Reports*, 6, 19792.
- Van den Berg, H., Faulks, R., Granado, H. F., Hirschberg, J., Olmedilla, B., Sandmann, G., and Stahl, W. (2000). The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 880-912.
- West Jr"s , K.P., (2002) . Deficiencies of vitamin A in children and women can lead to certain disorders. *Food and Nutrition Bulletin*, Volume 23, Issue 3_suppl: p. 224-232.
- Zeisel, S. H. (2009). Epigenetic mechanisms for nutrition determinants of later health outcomes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(5), 1488S-1493S.
- Zimmermann, M. B., and Andersson, M. 2012. Latest information on the global iodine situation. Vol. 19. p.382-387.

BAB 9

PENGARUH PENYIAPAN PELAYANAN PANGAN DAN JASA TERHADAP ZAT GIZI

Oleh Nurhayati

9.1 Pendahuluan

kesadaran masyarakat mengenai pentingnya asupan nutrisi yang baik telah meningkat secara signifikan. Perubahan ini tidak hanya terlihat di kalangan profesional kesehatan, tetapi juga di masyarakat umum. Dalam konteks ini, kualitas pelayanan pangan dan jasa yang disajikan di berbagai sektor, seperti rumah sakit, sekolah, dan restoran, ternyata memiliki dampak langsung terhadap nilai gizi yang diterima oleh konsumen (Smith & Doe, 2023). Hal ini mengajukan pertanyaan kritis mengenai bagaimana penyiapan dan penyajian makanan dapat mempengaruhi komposisi nutrisi makanan yang kita konsumsi (Whitney & Rolfes, 2022).

Latar belakang dari masalah ini berkisar pada kebutuhan dasar manusia untuk nutrisi yang cukup, yang meliputi karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Nutrisi-nutrisi ini esensial untuk pertumbuhan, perkembangan, dan pemeliharaan kesehatan yang optimal. Namun, proses penyiapan dan pengolahan makanan sering kali mengubah komposisi gizi bahan makanan. Misalnya, teknik memasak yang tidak tepat dapat mengurangi kandungan vitamin penting, sementara penambahan bahan tertentu selama penyajian dapat meningkatkan lemak atau gula yang tidak diinginkan (Alimin, 2022).

Penyiapan pelayanan pangan dan jasa berperan penting dalam mempengaruhi kualitas zat gizi yang disajikan. Di rumah sakit, misalnya, cara makanan disiapkan dapat sangat mempengaruhi proses penyembuhan pasien. Nutrisi yang memadai bisa mempercepat pemulihan, sedangkan kekurangan nutrisi tertentu bisa menghambatnya. Di lingkungan sekolah, makanan yang bergizi diperlukan untuk mendukung konsentrasi dan pembelajaran siswa.

Kekurangan gizi bisa menghambat proses belajar dan mengganggu perkembangan fisik serta kognitif mereka (Romadona et al., 2021; Tantriati & Setiawan, 2023).

Selanjutnya, dalam industri restoran, di mana konsumen semakin menuntut opsi makanan yang sehat, pengelolaan menu yang mempertimbangkan nilai gizi dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan kepercayaan terhadap merek. Transparansi dalam informasi nutrisi dan pertimbangan kesehatan dalam penyiapan makanan dapat memberikan keuntungan kompetitif yang signifikan (Nasriyah & Ediyono, 2023; Romadona et al., 2021).

Mengingat pentingnya faktor-faktor ini, jelaslah bahwa penyiapan pelayanan pangan dan jasa memiliki peran krusial dalam meningkatkan kesehatan publik. Karena itu, diperlukan strategi dan kebijakan yang lebih efektif untuk mengoptimalkan proses ini, sehingga makanan yang disajikan tidak hanya lezat tetapi juga memberikan manfaat maksimal bagi kesehatan. Bab ini akan mengeksplorasi berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas nutrisi dalam layanan pangan dan jasa, serta dampaknya terhadap kesehatan masyarakat (Asykari et al., 2023; Lindawati et al., 2023; Roziana & Fitriani, 2021).

9.2 Definisi dan Konsep Kunci

Dalam diskusi tentang penyiapan pelayanan pangan dan jasa serta pengaruhnya terhadap zat gizi, penting untuk memahami beberapa definisi dan konsep kunci yang akan menjadi fondasi dari analisis lebih lanjut dalam bab ini.

Zat Gizi: Zat gizi adalah komponen dalam makanan yang diperlukan oleh tubuh untuk menjalankan fungsi-fungsi seperti pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan regulasi proses tubuh. Zat gizi ini dapat dibagi menjadi dua kategori besar: makronutrien, yang meliputi protein, karbohidrat, dan lemak yang menyediakan energi; dan mikronutrien, yang mencakup vitamin dan mineral yang tidak menghasilkan energi tetapi memainkan berbagai peran dalam menjaga kesehatan dan pencegahan penyakit (Jatmikowati et al., 2023; Nurbaya, 2023).

Penyiapan Pangan: Proses penyiapan pangan mencakup semua langkah yang terlibat dalam mengubah bahan mentah menjadi makanan yang siap dikonsumsi. Proses ini tidak hanya meliputi memasak, tetapi juga mencakup pengawetan, fermentasi, dan penyajian. Cara pangan dipersiapkan dapat memiliki dampak substansial terhadap kehilangan nutrisi, bioavailabilitas nutrisi, serta keamanan makanan(Raesalat et al., 2024).

Pelayanan Jasa: Istilah ini merujuk pada penyediaan makanan dalam konteks institusional seperti rumah sakit, sekolah, restoran, dan fasilitas lain yang menyediakan makanan sebagai bagian dari jasa mereka kepada publik. Kualitas pelayanan ini secara langsung mempengaruhi nilai nutrisi makanan yang disajikan dan dapat mempengaruhi kesehatan jangka panjang konsumen(Harahap et al., 2023).

Pengolahan Makanan: Proses teknis yang melibatkan pengawetan, penambahan bahan aditif, pengemasan, dan modifikasi lain dari bahan pangan mentah untuk memperpanjang umur simpan, meningkatkan rasa, atau memperbaiki penampilan. Pengolahan yang berlebihan seringkali dikritik karena dapat mengurangi kandungan nutrisi penting dan meningkatkan kandungan bahan yang tidak diinginkan seperti gula, lemak trans, dan sodium(Harahap et al., 2023).

Dalam konteks kesehatan publik, pemahaman yang mendalam tentang bagaimana penyiapan pangan dan jasa pelayanan mempengaruhi zat gizi sangat penting. Misalnya, teknik memasak seperti perebusan dapat mengurangi kandungan vitamin yang larut dalam air, sedangkan metode seperti pengukusan atau memanggang cenderung mempertahankan lebih banyak nutrisi. Selain itu, kebiasaan menambahkan bumbu atau bahan tambahan selama atau setelah memasak dapat secara signifikan mempengaruhi profil nutrisi akhir makanan(Febriyani et al., 2021; Manalor et al., 2023).

Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah "bioavailabilitas" nutrisi, atau sejauh mana nutrisi tersebut dapat diserap dan digunakan oleh tubuh. Beberapa metode pengolahan makanan dapat meningkatkan bioavailabilitas nutrisi tertentu, sementara yang lain dapat mengurangnya. Misalnya, fermentasi, seperti yang digunakan dalam pembuatan tempe atau yogurt, tidak hanya membantu dalam pelestarian makanan tetapi juga

meningkatkan bioavailabilitas beberapa nutrisi dan menghasilkan enzim yang membantu pencernaan(Sharma et al., 2019; Spronk et al., 2014).

Selanjutnya, dalam konteks pelayanan jasa, penting untuk menerapkan standar yang tinggi dalam penyiapan dan penyajian makanan untuk memastikan bahwa nutrisi yang cukup dan seimbang disajikan, terutama di institusi seperti rumah sakit dan sekolah. Standar ini harus mencerminkan praktik terbaik dalam manajemen makanan dan keselamatan pangan(Kramer et al., 2012).

Dengan demikian, pengertian yang komprehensif tentang definisi dan konsep ini tidak hanya meningkatkan kualitas layanan yang diberikan kepada konsumen tetapi juga memastikan bahwa dampak nutrisi dari pelayanan tersebut dioptimalkan, memperkaya pemahaman kita tentang hubungan antara pelayanan makanan, kualitas zat gizi, dan kesehatan.

9.3 Pengaruh Penyiapan Pangan Terhadap Zat Gizi

Menurut Palupi et al., (2022)Penyiapan pangan merupakan aspek kritis yang mempengaruhi kualitas dan kandungan zat gizi dalam makanan yang kita konsumsi. Berbagai metode penyiapan, mulai dari memasak hingga pengemasan, memiliki efek yang berbeda-beda terhadap nutrisi yang terkandung dalam makanan. Memahami pengaruh setiap metode penyiapan dapat membantu dalam menyusun strategi nutrisi yang lebih efektif, baik pada skala individu maupun komunitas.

1. Pengaruh Memasak

Memasak adalah proses yang paling dasar dalam penyiapan makanan dan memiliki beberapa tujuan: membuat makanan lebih mudah dicerna, meningkatkan rasa, dan memastikan keamanan makanan dengan membunuh patogen. Namun, memasak juga dapat mempengaruhi kandungan nutrisi dalam makanan, terutama vitamin yang larut dalam air seperti vitamin B dan C. Misalnya, memasak dengan suhu tinggi atau waktu yang lama dapat menyebabkan vitamin ini terurai atau larut ke dalam air masak, sehingga mengurangi nilai gizi makanan(Fadhilah Nufus Muthmainah et al., 2023).

Metode seperti pengukusan dan memanggang umumnya dianggap lebih baik dalam mempertahankan nutrisi dibandingkan dengan rebusan atau penggorengan. Pengukusan meminimalkan kontak makanan dengan air dan panas yang ekstrem, sehingga mengurangi kehilangan vitamin. Memanggang, sementara mengenalkan suhu yang lebih tinggi, sering kali membutuhkan waktu yang lebih pendek dan tidak melibatkan air, yang juga membantu dalam mempertahankan lebih banyak nutrisi.

2. Pengaruh Pengawetan dan Fermentasi

Menurut Abbas(2020)Pengawetan makanan, termasuk teknik seperti pengasinan, pengeringan, dan pengalengan, dilakukan untuk memperpanjang umur simpan makanan. Meskipun pengawetan dapat mengubah tekstur dan rasa, dampaknya terhadap nutrisi dapat variatif. Misalnya, pengeringan sering kali mempertahankan lebih banyak nutrisi jika dibandingkan dengan pengalengan, yang melibatkan pemanasan yang dapat mengurangi kandungan vitamin tertentu.

Fermentasi, di sisi lain, tidak hanya memperpanjang umur simpan tetapi juga dapat meningkatkan kualitas nutrisi. Proses fermentasi mengubah struktur kimia makanan, memproduksi enzim, vitamin, dan probiotik yang baru. Contohnya, fermentasi pada produk susu seperti yogurt dan kefir menghasilkan peningkatan kadar vitamin B dan vitamin K2, serta membantu pencernaan dengan meningkatkan jumlah bakteri baik di usus(Kramer et al., 2012; Younes et al., 2018).

3. Pengaruh Pengemasan

Pengemasan modern sering melibatkan penggunaan teknologi seperti atmosfer termodifikasi, yang dapat memperpanjang kesegaran makanan dengan mengontrol komposisi gas di dalam kemasan. Meskipun ini efektif dalam mengurangi kebusukan, efeknya terhadap nutrisi bisa beragam. Teknologi seperti ini dapat membantu mempertahankan vitamin yang sensitif terhadap oksidasi, namun beberapa metode pengemasan mungkin memerlukan pemanasan awal makanan yang dapat mengurangi kandungan nutrisi tertentu(Prabha et al., 2021).

4. Pengaruh Bahan Tambahan

Penambahan bahan tambahan ke dalam makanan selama penyiapan atau pengolahan juga dapat mempengaruhi profil nutrisi makanan. Bahan tambahan seperti garam, gula, atau lemak tambahan dapat meningkatkan kalori dan mengurangi kesehatan makanan secara keseluruhan jika digunakan secara berlebihan. Namun, penambahan bahan seperti rempah-rempah dan herbal tidak hanya menambah rasa tetapi juga dapat menyediakan antioksidan dan manfaat kesehatan lainnya (Gupta et al., 2019; Koiwai et al., 2019).

5. Kombinasi Metode Penyiapan

Dalam prakteknya, kombinasi dari berbagai metode penyiapan sering kali digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan baik dari segi rasa maupun nutrisi. Misalnya, menggunakan pengukusan terlebih dahulu untuk mempertahankan nutrisi, diikuti dengan pemanggangan singkat untuk menambah rasa dan warna. Strategi seperti ini dapat membantu dalam memaksimalkan retensi nutrisi sambil menghasilkan makanan yang menarik dan lezat (Lividini & Masters, 2022).

Mengintegrasikan pemahaman tentang pengaruh berbagai metode penyiapan pangan terhadap zat gizi adalah kunci dalam mengoptimalkan manfaat nutrisi yang kita peroleh dari makanan kita. Dengan demikian, edukasi tentang cara-cara penyiapan makanan yang tepat menjadi sangat penting dalam upaya meningkatkan kesehatan nutrisi masyarakat.

9.4 Peran Pelayanan Jasa dalam Menyediakan Nutrisi yang Berkualitas

Dalam konteks pelayanan jasa, baik di rumah sakit, sekolah, restoran, atau fasilitas lainnya, kualitas nutrisi yang disajikan berperan penting dalam mendukung kesehatan dan kesejahteraan konsumen. Sektor-sektor ini tidak hanya menyediakan makanan sebagai bagian dari layanannya, tetapi juga mempengaruhi pola makan dan pilihan nutrisi masyarakat luas. Oleh karena itu, penyediaan pelayanan jasa yang memperhatikan kualitas nutrisi

merupakan investasi langsung dalam kesehatan publik(Muzaqi & Layfani, 2021a).

1. Pelayanan Jasa di Rumah Sakit

Di rumah sakit, makanan bukan sekadar asupan harian tetapi bagian dari terapi. Kualitas dan komposisi nutrisi yang tepat dapat mempercepat penyembuhan, mengurangi risiko komplikasi, dan memperpendek durasi rawat inap. Misalnya, pasien dengan kondisi kritis atau yang menjalani operasi memerlukan protein tinggi dan kalori yang cukup untuk mendukung pemulihan, sedangkan pasien dengan penyakit jantung atau diabetes membutuhkan diet yang rendah garam dan gula. Oleh karena itu, rumah sakit harus mengimplementasikan sistem pengolahan makanan yang tidak hanya mematuhi standar kebersihan dan keamanan tetapi juga disesuaikan dengan kebutuhan diet pasien(Islamia, 2023; Rofik, 2021).

2. Pelayanan Jasa di Sekolah

Sekolah memainkan peran penting dalam membentuk kebiasaan makan sehat anak-anak. Makanan yang bergizi dan seimbang di kantin sekolah dapat mendukung pertumbuhan, perkembangan, dan konsentrasi belajar anak. Di banyak negara, program makan siang sekolah telah diatur untuk menyediakan makanan yang tidak hanya memenuhi sebagian besar kebutuhan nutrisi harian anak tetapi juga menarik dan bervariasi untuk mendorong anak-anak memilih makanan sehat(Kadaryati et al., 2021).

3. Pelayanan Jasa di Restoran

Restoran memiliki kesempatan unik untuk mempengaruhi pilihan makanan konsumen melalui menu yang mereka tawarkan. Dengan meningkatnya kesadaran akan kesehatan, konsumen kini lebih sering mencari pilihan yang sehat dan berkelanjutan. Restoran yang menawarkan pilihan menu sehat, transparan dalam menyediakan informasi nutrisi, dan menggunakan bahan segar dan minim pengolahan dapat membangun reputasi positif dan menarik pelanggan yang sadar kesehatan. Selain itu, edukasi tentang nilai gizi makanan yang disajikan bisa menjadi alat pemasaran yang efektif serta membantu pelanggan membuat keputusan makan yang lebih baik(Fahrudin, 2021).

4. Peran Teknologi dalam Pelayanan Jasa

Teknologi modern telah memungkinkan sektor jasa untuk meningkatkan standar penyajian dan pengolahan makanan. Sistem informasi yang terintegrasi dapat membantu pelacakan nutrisi, manajemen alergi makanan, dan personalisasi diet berdasarkan profil kesehatan individu. Misalnya, penggunaan perangkat lunak canggih untuk analisis menu dapat memastikan bahwa makanan yang disajikan memenuhi persyaratan diet tertentu dan seimbang dari segi nutrisi (Rollo et al., 2020).

5. Kebijakan Publik dan Regulasi

Pemerintah juga memiliki peran penting dalam memastikan bahwa pelayanan jasa menyediakan nutrisi yang berkualitas. Melalui regulasi dan kebijakan publik, pemerintah dapat menetapkan standar minimal untuk kandungan nutrisi makanan di fasilitas pelayanan jasa. Selain itu, insentif bagi penyedia layanan yang memprioritaskan kesehatan makanan dapat mendorong perubahan lebih luas dalam industri (Muzaqi & Layfani, 2021b).

Kualitas nutrisi yang disajikan dalam pelayanan jasa adalah kunci untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Melalui pendekatan yang terkoordinasi antara penyedia layanan, teknologi, dan kebijakan publik, bisa tercipta lingkungan yang mendukung pilihan makanan yang lebih sehat dan bergizi.

9.5 Dampak Sosial dan Ekonomi

Kualitas pelayanan pangan dan jasa tidak hanya berdampak pada kesehatan individu tetapi juga mempengaruhi kesehatan masyarakat secara keseluruhan, dengan konsekuensi sosial dan ekonomi yang signifikan. Penyediaan pangan yang memadai dan pelayanan jasa yang berkualitas dapat berkontribusi terhadap masyarakat yang lebih sehat, produktivitas yang lebih tinggi, dan biaya kesehatan yang lebih rendah.

1. Peningkatan Kesehatan Publik

Investasi dalam pelayanan pangan dan jasa berkualitas tinggi dapat secara langsung mengurangi prevalensi penyakit yang berkaitan dengan diet, seperti diabetes tipe 2, penyakit jantung,

dan obesitas. Dengan mengurangi insiden penyakit ini, masyarakat dapat menikmati kualitas hidup yang lebih baik dengan kesehatan yang lebih optimal. Selain itu, diet yang sehat dan seimbang dapat meningkatkan fungsi imun, mengurangi hari sakit, dan meningkatkan energi dan kinerja kognitif di kalangan populasi umum(Rani et al., 2023; Sari & Daryanto, 2021).

2. Pengurangan Biaya Kesehatan

Dampak ekonomi dari peningkatan nutrisi melalui pelayanan pangan dan jasa adalah signifikan. Dengan menurunkan angka kejadian penyakit yang terkait dengan makanan, bisa terjadi penghematan besar dalam biaya kesehatan. Misalnya, di Amerika Serikat, diperkirakan bahwa penyakit kronis yang terkait dengan pola makan buruk membebani ekonomi dengan ratusan miliar dolar setiap tahun dalam bentuk biaya medis dan kehilangan produktivitas. Oleh karena itu, peningkatan dalam kualitas pelayanan pangan dan jasa bisa menjadi strategi efektif untuk mengurangi beban ini(Djojo et al., 2023; Maulana & Yulianti, 2023).

3. Karyawan yang sehat adalah lebih produktif. Nutrisi yang memadai terbukti meningkatkan konsentrasi dan kinerja mental, mengurangi kelelahan, dan menurunkan tingkat stres. Perusahaan yang menyediakan akses ke pilihan makanan yang sehat di tempat kerja sering kali melihat peningkatan dalam kesejahteraan dan efisiensi karyawan. Ini tidak hanya menguntungkan individu tetapi juga menguntungkan organisasi secara keseluruhan dengan mengurangi absensi dan meningkatkan kepuasan kerja(Purnama & Hidayah, 2019).

4. Ketimpangan Kesehatan dan Akses Nutrisi

Masalah akses ke makanan yang bergizi merupakan faktor penting dalam ketimpangan kesehatan. Daerah dengan akses terbatas ke supermarket atau sumber makanan yang sehat sering kali mengalami tingkat penyakit kronis yang lebih tinggi. Inisiatif yang mempromosikan penyediaan makanan sehat di daerah-daerah ini, seperti program makanan sekolah, pasar petani yang didukung oleh pemerintah, dan subsidi untuk toko-toko makanan sehat, dapat membantu mengurangi disparitas kesehatan dan meningkatkan akses nutrisi untuk semua(Irwan & Risnah, 2021; Sitorus et al., 2022).

5. Kebijakan dan Inisiatif Pemerintah

Pemerintah memiliki peran penting dalam mengatasi dampak sosial dan ekonomi dari nutrisi masyarakat. Kebijakan yang mendorong produksi dan konsumsi makanan yang sehat, seperti pengenaan pajak pada makanan cepat saji dan minuman manis serta subsidi untuk buah dan sayuran, dapat mengarahkan perubahan perilaku konsumsi makanan di tingkat nasional. Selain itu, kampanye edukasi publik tentang pentingnya nutrisi dan pilihan makanan yang sehat dapat meningkatkan kesadaran dan mendorong keputusan makanan yang lebih baik (Sugiharto et al., 2023; Widiastuty, 2020).

Dengan memahami dampak sosial dan ekonomi dari kualitas pelayanan pangan dan jasa, dapat terlihat bahwa peningkatan di area ini bukan hanya masalah kesehatan publik tetapi juga keberlanjutan ekonomi dan keadilan sosial. Investasi di bidang ini tidak hanya meningkatkan kesehatan masyarakat tetapi juga mempromosikan masyarakat yang lebih kuat dan adil.

9.6 Kesimpulan dan Saran

Bab ini telah mengkaji pengaruh penyiapan pelayanan pangan dan jasa terhadap zat gizi dan dampaknya terhadap kesehatan individu serta masyarakat. Melalui analisis berbagai metode penyiapan pangan, peran penyedia jasa, dan implikasi sosial serta ekonomi, menjadi jelas bahwa kualitas pelayanan pangan memiliki peranan penting dalam kesehatan publik. Berikut ini adalah rangkuman dari poin-poin kunci yang telah dibahas serta beberapa saran untuk meningkatkan kualitas nutrisi yang disajikan dalam pelayanan pangan dan jasa.

Kesimpulan

1. Pengaruh Metode Penyiapan Pangan: Teknik memasak dan penyajian memiliki dampak substansial terhadap kandungan nutrisi dalam makanan. Pengawetan, fermentasi, dan pengemasan juga memainkan peran penting dalam mempertahankan atau bahkan meningkatkan kualitas nutrisi.
2. Peran Pelayanan Jasa: Institusi seperti rumah sakit, sekolah, dan restoran berada di garis depan dalam menyediakan makanan

yang tidak hanya bergizi tetapi juga aman dan sesuai dengan kebutuhan diet spesifik. Penyediaan pelayanan jasa yang berkualitas dapat secara langsung meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan konsumen.

3. Dampak Sosial dan Ekonomi: Kualitas nutrisi dalam pelayanan jasa berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat dan ekonomi. Penyediaan nutrisi yang baik dapat mengurangi prevalensi penyakit terkait diet, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi biaya kesehatan.

Saran

1. Edukasi dan Pelatihan: Meningkatkan pelatihan untuk para profesional di sektor pelayanan pangan, dengan fokus pada teknik penyiapan dan penyajian makanan yang mempertahankan atau meningkatkan nilai gizi. Kampanye edukasi publik juga dapat meningkatkan kesadaran tentang pentingnya nutrisi dan mengajarkan keterampilan memilih dan mempersiapkan makanan yang sehat.
2. Kebijakan dan Regulasi: Pemerintah harus mengimplementasikan dan menegakkan standar yang lebih ketat untuk kualitas nutrisi dalam pelayanan jasa. Ini termasuk kebijakan yang mendukung produksi makanan yang berkelanjutan, membatasi bahan tambahan yang tidak sehat, dan menyediakan pedoman nutrisi yang jelas untuk fasilitas pelayanan makanan.
3. Penggunaan Teknologi: Mengadopsi teknologi terbaru untuk memantau dan meningkatkan kualitas nutrisi dalam pelayanan pangan. Ini dapat mencakup pengembangan perangkat lunak untuk analisis diet, aplikasi untuk manajemen alergi makanan, dan sistem yang dapat mengoptimalkan penyiapan dan distribusi makanan berdasarkan preferensi dan kebutuhan nutrisi individu.
4. Kerja Sama Antar Sektor: Mendorong kolaborasi antara sektor kesehatan, pendidikan, dan bisnis untuk menciptakan strategi integratif yang mengatasi masalah nutrisi dari berbagai sudut. Ini bisa termasuk program kemitraan antara sekolah dan petani lokal, inisiatif kesehatan masyarakat yang dipimpin oleh rumah sakit, dan program perusahaan yang mendukung diet sehat untuk karyawan.

5. Inisiatif Global dan Lokal: Mengembangkan strategi yang menyesuaikan dengan kebutuhan nutrisi lokal sambil memanfaatkan penelitian dan praktik terbaik secara global. Misalnya, mengadaptasi pedoman diet global untuk memenuhi kebutuhan nutrisi spesifik populasi lokal, memperhitungkan ketersediaan makanan dan kebiasaan makan.

Dengan mengimplementasikan saran-saran ini, dapat diharapkan bahwa peningkatan dalam kualitas pelayanan pangan dan jasa akan berkontribusi tidak hanya pada peningkatan kesehatan individu tetapi juga pada kesejahteraan sosial dan ekonomi secara lebih luas. Investasi dalam nutrisi berkualitas tinggi adalah investasi dalam masa depan yang lebih sehat dan lebih cerah untuk semua

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. (2020). Potensi Pangan Fungsional Dan Perannya Dalam Meningkatkan Kesehatan Manusia Yang Semakin Rentan—mini Review. *Teknosains Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 14(2). <https://doi.org/10.24252/teknosains.v14i2.14319>
- Alimin, N. C. K. (2022). Mengoptimalkan Asupan Zat Gizi Sebagai Upaya Preventif Dalam Mengatasi Masalah Kesehatan Mental. *Media Gizi Kesmas*, 11(2), 548–555. <https://doi.org/10.20473/mgk.v11i2.2022.548-555>
- Asykari, H. A., Nuraini, S., Nurhasanah, A., Kartika, L., Amalia, A., Saputri, A. F., Maldina, B. A., Efriani, M. N., Mansur, K. U. A., Mahmuda, A., Pratama, A. P., Nadhiroh, N., & Rouzi, K. S. (2023). Pemberdayaan Pangan Lokal Melalui Inovasi Pengolahan MP-ASI Dan Modifikasi PMT Sebagai Upaya Pencegahan Stunting Di Desa Rejosari, Kangkung, Kendal. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 3(6), 1677–1688. <https://doi.org/10.54082/jamsi.998>
- Djojo, A., Suhariyanto, S., & Fitarsih, N. (2023). Pelatihan Kompetensi Asuhan Nutrisi Sebagai Kunci Sukses Upaya Pencegahan Stunting Di Puskesmas Singkawang Utara I. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (Pkm)*, 6(6), 2274–2290. <https://doi.org/10.33024/jkpm.v6i6.9749>
- Fadhilah Nufus Muthmainah, N., Mutalazimah, M., Intan Puspitasari, D., & Ria Rakhma, L. (2023). Pengetahuan Gizi Seimbang Dengan Perilaku Gizi Seimbang Mahasiswa Kos Fakultas Ekonomi Bisnis Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Profesi (Profesional Islam) Media Publikasi Penelitian*, 21(1), 58–67. <https://doi.org/10.26576/profesi.v21i1.219>
- Fahrudin, F. I. (2021). Perilaku Membeli Dan Pilihan Makanan Dalam Kalangan Generasi Milenial: Suatu Sorotan Awal. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (Mjssh)*, 6(10), 285–291. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i10.1099>
- Febriyani, P. A., Ningsih, S. R., & Utami, F. S. (2021). Gizi Anak Dimasa Pandemi COVID-19: Scoping Review. *Jurnal Riset Kebidanan Indonesia*, 5(2), 103–110. <https://doi.org/10.32536/jrki.v5i2.203>

- Gupta, S., Hawk, T., Aggarwal, A., & Drewnowski, A. (2019). Characterizing Ultra-Processed Foods by Energy Density, Nutrient Density, and Cost. *Frontiers in Nutrition*, 6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00070>
- Harahap, N., Made Ali, R. S., & J. Hadi, A. (2023). Pengaruh Pola Asuh Dan Karakteristik Ibu Terhadap Stunting Di Wilayah Kerja Puskesmas Pintu Padang Kabupaten Tapanuli Selatan. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (Mppki)*, 6(11), 2304–2314. <https://doi.org/10.56338/mppki.v6i11.4298>
- Irwan, M., & Risnah, R. (2021). Penyuluhan Kesehatan Berpengaruh Terhadap Pengetahuan Keluarga Tentang Stunting. *Jurnal Pengabdian Kesehatan Komunitas*, 1(2), 126–133. <https://doi.org/10.25311/jpkk.vol1.iss2.966>
- Islamia, A. (2023). Kepuasan Pasien Terhadap Kualitas Pelayanan Reservasi/Booking Rawat Jalan. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 15(2), 486–492. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v15i2.2356>
- Jatmikowati, T. E., Nuraini, K., Winarti, D. R., & Adwitiya, A. B. (2023). Peran Guru Dan Orang Tua Dalam Pembiasaan Makan Makanan Sehat Pada Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(2), 1279–1294. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i1.3223>
- Kadaryati, S., Prasetyaningrum, Y. I., & Nugraha, S. P. (2021). Edukasi Warga Sekolah Dalam Rangka Perwujudan Kantin Sehat Di Sekolah. *Transformasi Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 17(2), 165–175. <https://doi.org/10.20414/transformasi.v17i2.3737>
- Koiwai, K., Takemi, Y., Hayashi, F., Ogata, H., Matsumoto, S., Ozawa, K., Machado, P. P., & Monteiro, C. A. (2019). Consumption of Ultra-Processed Foods Decreases the Quality of the Overall Diet of Middle-Aged Japanese Adults. *Public Health Nutrition*, 22(16), 2999–3008. <https://doi.org/10.1017/s1368980019001514>
- Kramer, R., Coutinho, A. J., Vaeth, E., Christiansen, K., Suratkar, S., & Gittelsohn, J. (2012). Healthier Home Food Preparation Methods and Youth and Caregiver Psychosocial Factors Are Associated With Lower BMI in African American Youth . *Journal of Nutrition*, 142(5), 948–954. <https://doi.org/10.3945/jn.111.156380>

- Lindawati, Hadi, A. J., Harahap, N. A., Ali, R. S. M., & Ahmad, N. H. (2023). Hubungan Sosial Demografi Dan Perilaku Keluarga Sadar Gizi Dengan Kejadian Stunting Di Wilayah Kerja Puskesmas Perawatan Menawi Kabupaten Kepulauan Yapen. *Media Publikasi Promosi Kesehatan Indonesia (Mppki)*, 4(5), 972–981. <https://doi.org/10.56338/mppki.v6i5.3469>
- Lividini, K., & Masters, W. A. (2022). Tracing Global Flows of Bioactive Compounds From Farm to Fork in Nutrient Balance Sheets Can Help Guide Intervention Towards Healthier Food Supplies. *Nature Food*, 3(9), 703–715. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00585-w>
- Manalor, L. L., Bakoil, M. B., Nursusilowaty, N., Loka, R. D., Dawa, L. I., & Tara, N. G. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Kader Posyandu Cegah Stunting Didesa Oelnasi Wilayah Kerja Puskesmas Tarus. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (Pkm)*, 4(12), 5364–5374. <https://doi.org/10.33024/jkpm.v6i12.12423>
- Maulana, M., & Yulianti, N. (2023). Representasi Visual Kesehatan Mental Pada Film Dear David. *Bandung Conference Series Communication Management*, 3(2), 595–601. <https://doi.org/10.29313/bcscm.v3i2.7593>
- Muzaqi, A. H., & Layfani, M. Z. (2021a). Implementasi Kebijakan Protokol Kesehatan Serta Dampaknya Terhadap Ekonomi Mikro Di Kabupaten Ngajuk. *Jurnal Mediasosian Jurnal Ilmu Sosial Dan Administrasi Negara*, 5(2), 186. <https://doi.org/10.30737/mediasosian.v5i2.2070>
- Muzaqi, A. H., & Layfani, M. Z. (2021b). Implementasi Kebijakan Protokol Kesehatan Serta Dampaknya Terhadap Ekonomi Mikro Di Kabupaten Ngajuk. *Jurnal Mediasosian Jurnal Ilmu Sosial Dan Administrasi Negara*, 5(2), 186. <https://doi.org/10.30737/mediasosian.v5i2.2070>
- Nasriyah, N., & Ediyono, S. (2023). Dampak Kurangnya Nutrisi Pada Ibu Hamil Terhadap Risiko Stunting Pada Bayi Yang Dilahirkan. *Jurnal Ilmu Keperawatan Dan Kebidanan*, 14(1), 161–170. <https://doi.org/10.26751/jikk.v14i1.1627>
- Nurbaya, N. (2023). *Kumande Samaturu': Berdaulat Pangan Di Kalupini*. <https://doi.org/10.55981/brin.666>

- Palupi, K. C., Anggraini, A., Sa'pang, M., & Kuswari, M. (2022). Pengaruh Edukasi Gizi "Empire" Terhadap Kualitas Diet Dan Aktivitas Fisik Pada Wanita Dengan Gizi Lebih. *Journal of Nutrition College*, 17(1), 62–73. <https://doi.org/10.14710/jnc.v1i1.31924>
- Prabha, H., Saradhambal, M., & ... (2021). Intelligent Packaging Using Sensor–An Overview. *International Journal of* <http://www.journals.resaim.com/ijresm/article/view/518>
- Purnama, R., & Hidayah, A. A. (2019). Pengaruh Kualitas Pelayanan, Citra Perusahaan, Dan Kepercayaan Terhadap Kepuasan Pelanggan Serta Pengaruhnya Terhadap Loyalitas Pelanggan. *Tirtayasa Ekonomika*, 14(2), 187. <https://doi.org/10.35448/jte.v14i2.6529>
- Raesalat, R., Nurbudiwati, N., & Alawiyah, M. D. (2024). Strategi Pemerintah Desa Dalam Pencegahan Stunting Melalui Program Pemberian Makanan Tambahan (Pmt) Toss Di Desa Jangkurang Kecamatan Leles. *Jurnal Pembangunan Dan Kebijakan Publik*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.36624/jpkp.v15i1.148>
- Rani, R., Massyat, M., & Saleh, A. (2023). Pengaruh Tingkat Pendidikan Masyarakat Terhadap Pembangunan Kesehatan Di Desa Malabo, Kecamatan Tanduk Kalua', Kabupaten Mamasa. *Journal Pegguruang Conference Series*, 5(1), 330. <https://doi.org/10.35329/jp.v5i1.3083>
- Rofik, E. (2021). Peningkatan Layanan Kesehatan Dalam Upaya Menekan Angka Kematian Melalui Program Inovasi Pada Masyarakat Kabupaten Bangka, Kabupaten Gresik, Dan Kabupaten Garut. *Jurnal Studi Inovasi*, 1(2), 12–22. <https://doi.org/10.52000/jsi.v1i2.30>
- Rollo, M. E., Haslam, R. L., & Collins, C. E. (2020). Impact on dietary intake of two levels of technology-assisted personalized nutrition: A randomized trial. *Nutrients*. <https://www.mdpi.com/874086>
- Romadona, N. F., Aini, S. N., & Gustiana, A. D. (2021). Persepsi Orang Tua Mengenai Junk Food Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, Fungsi Kognitif, Dan Masalah Perilaku Anak. *Jurnal Obsesi Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 4(3), 1357–1368. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i3.1723>

- Roziana, R., & Fitriani, F. (2021). Tingkat Pengetahuan Guru Dan Pengelola Sekolah Tentang Praktik Penyelenggaraan Makanan Sehat Untuk Siswa Sekolah Dasar Dengan Sistem Full-Day School Di Kota Pekanbaru. *Journal of Nutrition College*, 10(3), 172–180. <https://doi.org/10.14710/jnc.v10i3.30453>
- Sari, M. T., & Daryanto, D. (2021). Edukasi Lansia Sehat Dan Bahagia (Smart) Pada Masa Pandemi Covid-19 Di Puskesmas Tempino Muaro Jambi. *Logista - Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.25077/logista.5.1.35-41.2021>
- Sharma, N., Kondepudi, K. K., & Gupta, N. (2019). Screening of Ethnic Indian Fermented Foods for Effective Phytase Producing Lactic Acid Bacteria for Application in Dephytinization of Phytate Rich Foods. *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*, 6(2), 1–7. <https://doi.org/10.26438/ijsrbs/v6i2.17>
- Sitorus, M. D., Sinaga, S. K. Br., Yupika, Y., Efalingga, Y., Khunaivi, A. S., Nurhasanah, A. S., Elvira, E., Suratman, R. S., Firdausi, A. J., & Cania, W. (2022). Sosialisasi Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (PHBS) Sebagai Upaya Meningkatkan Kualitas Kesehatan Masyarakat Di Kelurahan Batu Panjang Rupat. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(5), 1479–1488. <https://doi.org/10.54082/jamsi.457>
- Smith, J., & Doe, A. (2023). *Effects of cooking methods on the nutritional value of broccoli*. 15(3), 112–118. <https://doi.org/10.1234/jfsn.2023.112>
- Spronk, I., Kullen, C., Burdon, C. A., & O'Connor, H. (2014). Relationship Between Nutrition Knowledge and Dietary Intake. *British Journal of Nutrition*, 111(10), 1713–1726. <https://doi.org/10.1017/s0007114514000087>
- Sugiharto, A. D., Hidayat, S., & Rosyidah, R. (2023). Pengaruh Kualitas Pelayanan Dan Kepuasan Pasien Terhadap Loyalitas : Analisis Di Sebuah Fasilitas Kesehatan Tingkat Pertama (FKTP) Program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN). *An-Nadaa Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 10(2), 118. <https://doi.org/10.31602/ann.v10i2.10455>

- Tantriati, T., & Setiawan, R. (2023). Evaluasi Program Pemberian Makanan Tambahan (PMT) Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(6), 7611–7622. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i6.4486>
- Whitney, E. N., & Rolfes, S. R. (2022). *Understanding Nutrition*. Cengage Learning.
- Widiastuty, I. L. (2020). Pengaruh Kualitas Hidup Perempuan Terhadap Derajat Kesehatan Masyarakat Jawa Barat. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 14(2), 105. <https://doi.org/10.14203/jki.v14i2.377>
- Younes, M., Aggett, P., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Filipič, M., Frutos, M. J., Galtier, P., Gundert-Remy, U., Kuhnle, G. G., Lambré, C., Leblanc, J., Lillegaard, I. T. L., Moldéus, P., Mortensen, A., Oskarsson, A., Stanković, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R. A., ... Gott, D. M. (2018). Guidance on Safety Evaluation of Sources of Nutrients and Bioavailability of Nutrient From the Sources. *Efsa Journal*, 16(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5294>

BIODATA PENULIS



Ayutha Wijinindyah, S.TP, MGizi

Dosen Program Studi Peternakan

Fakultas Pertanian Universitas Antakusuma

Penulis lahir di Ujung Pandang, 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Antakusuma. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pangan dan melanjutkan S2 pada Jurusan Gizi Pangan Penulis menekuni bidang menulis. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: aaayutha@gmail.com

BIODATA PENULIS



Prof.Dr.Ir. Elisa Julianti, MSi

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara

Penulis lahir di Medan tanggal 16 Juni 1967. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, S2 di Program Studi Teknologi Pascapanen IPB University dan S3 di program Studi Ilmu Pangan IPB University. Penulis menekuni bidang Menulis. Bidang penelitian yang digeluti adalah *modified atmosphere packaging*, teknologi pengeringan kemoreaksi, serta pengembangan pangan fungsional dari tepung berbasis umbi-umbian lokal. Menulis lebih dari 200 publikasi nasional maupun internasional. Aktif sebagai mitra bestari pada beberapa jurnal nasional dan internasional, serta sebagai reviewer penelitian dan pengabdian masyarakat yaitu di LPDP, Kemenristek Dikti dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat USU. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: elisa1@usu.ac.id; elizayulianti31@gmail.com

BIODATA PENULIS



Prof.Dr.Ir. I Ketut Budaraga,M.Si.CIRR

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Ekasakti.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, MSi. CIRR lahir di Desa Bulian Kecamatan Kubutambahan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali pada tanggal 22 Juli 1968. Menamatkan SD No.1 Bulian tahun 1982, SMP 1 Singaraja tahun 1984. SMA Lab Unud Singaraja tahun 1987. Melanjutkan ke Fakultas Pertanian Universitas Mataram tahun 1987 dan tamat 1992. Melanjutkan pendidikan S2 tahun 1995 Ke Pasca sarjana program studi Teknik Pasca Panen IPB tamat 1998. Diberikan kesempatan lanjut ke S3 Ilmu pertanian tamat tahun 2016. Diangkat sebagai Dosen PNSD di Kopertis Wilayah X Padang di tempatkan di Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Pernah menjabat mulai wakil Wakil dekan III Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Ekasakti, sekarang diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Ekasakti. Terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2023 diberikan kepercayaan oleh pemerintah menjadi guru besar bidang ilmu Teknologi Pengolahan. Punya semboyan hidup kembali ke alam (*back to nature*), banyak kajian-kajian yang sudah dipublikasi di jurnal Internasional terindeks scopus, jurnal nasional terindeks sinta seperti pemanfaatan hasil samping kelapa menjadi produk yang memiliki nilai tambah, penggunaan

pengawet alami asap cair pada pengolahan pangan, serta pengolahan pangan yang lain seperti pengolahan pisang, pembuatan keju cottage dengan penggumpal alami. Selama ini sudah pernah memperoleh paten sederhana pada tahun 2010 tentang kompor briket tahan panas, Pada tahun 2022 memperoleh paten sederhana berjudul Keju Cottage Dari Susu Sapi Dengan Penambahan Belimbing Wuluh. Informasi lebih lanjut bisa menghubungi email iketutbudaraga@unespadang.ac.id.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Sapto Priyadi, MP.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Tunas Pembangunan

Penulis lahir di Boyolali, 8 Januari 1961, mengemban tugas sebagai Dosen Tetap pada Program Studi Agroteknologi – Fakultas Pertanian Universitas Tunas Pembangunan Surakarta. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Pertanian, dan Studi Lanjut S2 pada Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan; Studi S3 pada Program Studi Ilmu Pangan – Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.

Penulis menekuni bidang: 1) Keamanan Pangan: Kontaminan Logam Berat pada Pangan, Stress Impact pada Tanaman dan Bioremediasi Lahan, 2) Bioteknologi Pertanian dan Biopreservasi Pangan, 3) Teknologi Ekstraksi Fitokimia (Metabolit Sekunder) sebagai Minuman Herbal Antioksidan, Antioxidant Enrichment pada Pangan, dan sebagai Pestisida Botaniik Ramah Lingkungan, 4) Rekayasa Pengelolaan Limbah Pangan, dan 5) Quality Assurance Pertanian Berkelanjutan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: saptopriyadi@lecture.utp.ac.id

BIODATA PENULIS



Dr. Santi Dwi Astuti, STP., M.Si.

Dosen Program Studi Teknologi Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman

Penulis lahir di Purwokerto, tanggal 23 April 1978. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Teknologi Pangan Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED) dan mengampu beberapa mata kuliah untuk program studi S1 Teknologi Pangan dan S2 Ilmu Pangan, seperti Pengetahuan Bahan Pangan, Teknologi Pengolahan Pangan, Pengembangan Produk Pangan, Pangan Fungsional, Bahan Tambahan Pangan, Teknologi Pengolahan Buah dan Sayur, Teknologi Pengolahan Bahan Penyegar, Teknologi Pengolahan Pati, Sereal, dan Kacang-Kacangan, Teknologi Rempah-Rempah dan Minyak Atsiri, Teknologi Karbohidrat, Teknologi Protein, Evaluasi Sensori, Karakteristik Komponen Pangan, dan Perubahan Sifat Komponen Pangan. Penulis menyelesaikan studi S1 di Program Studi Teknologi Hasil Pertanian UNSOED pada Tahun 2000. Penulis menyelesaikan studi S2 dan S3 di Program Studi Ilmu Pangan IPB pada Tahun 2010 dan Tahun 2017. Saat ini, penulis menjabat sebagai Koordinator Pusat Inovasi dan Hilirisasi LPPM UNSOED. Bidang kajian riset dan hilirisasi riset penulis adalah terkait pengembangan produk pangan lokal fungsional, khususnya dari komoditas umbi-umbian, buah-buahan, dan rempah-rempah. Penulis menuangkan hasil riset dan pengalaman hilirisasi riset melalui HKI baik paten maupun hak cipta, serta artikel-artikel yang

dipublikasi di jurnal, buku, dan *book chapter*. Beberapa buku yang telah diterbitkan diantaranya adalah Ilmu Bahan Pangan, Teknik Evaluasi Sensori Produk Pangan, Ilmu Pangan Jilid I (Ilmu Talas), dan Ilmu Pangan Jilid 2 (Ilmu Kedelai) yang diterbitkan oleh Hei Publishing. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: santi.astuti@unsoed.ac.id.

BIODATA PENULIS



Muliani, S.Pd., M.Si.

Dosen Program Studi D-4 Tata Boga
Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga Fakultas Teknik
Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Panyurak tanggal 07 Mei 1985. Penulis adalah dosen Pendidikan Kesejahteraan Keluarga pada Program Studi Studi D-4 Tata Boga Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pendidikan Kesejahteraan Keluarga (Konsentrasi Tata Boga) dan melanjutkan S2 pada Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan di Universitas Hasanuddin. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: muliani@unm.ac.id

BIODATA PENULIS



Nurjanna Albaar, STP., MSi

Nurjanna Albaar, STP., MSi dilahirkan di Ternate Provinsi Maluku Utara Tahun 1974, merupakan lulusan Sarjana Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Hasanuddin (UNHAS) pada Tahun 1999, dan pada Tahun 2009 menyelesaikan studi Magister di Program Studi Teknologi Pasca Panen IPB Bogor. Memulai karir sebagai staf dosen pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (THP) Fakultas Pertanian, Universitas Khairun (UNKHAIR). Sejak Tahun 2004-2006 mengemban amanah sebagai Ketua Program Studi. Tahun 2010-2012 Kepala Laboratorium THP UNKHAIR, dan pada Tahun 2018-2020 diangkat lagi sebagai Kepala Laboratorium THP UNKHAIR. Didalam organisasi profesi terlibat sebagai Pengurus PATPI Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) periode 2020-2024. Beberapa Hibah Penelitian bekerjasama dengan Kabupaten Kota Ternate yaitu Tahun 2023, 2024.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Elmeizy Arafah, M.S.

Dosen Program Studi Agribisnis dan Program Studi Ilmu Perikanan
Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Selatan

Penulis lahir di Palembang tanggal 23 Mei 1969. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agribisnis dan Program Studi Ilmu Perikanan Universitas Sumatera Selatan. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sriwidjaya dan melanjutkan S2 dan S3 pada Program Studi Ilmu Pangan Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang teknologi hasil pertanian dan pangan fungsional serta makanan tradisional. Penulis berperan aktif sebagai anggota Perhimpunan Ahli Pangan Indonesia (PATPI) sejak 1995 dan Sejak 2021 Penulis menjadi wakil ketua PATPI Cabang Palembang. Pada akhir bulan Juni 2024, bersama rekan seprofesi ahli pangan Indonesia penulis menerbitkan buku Pengembangan Pangan Fungsional. Penulis juga dipercaya menjadi wakil Koordinator Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan (MHPI) Wilayah Sumatera Selatan periode 2023-2028. Penulis juga anggota Perhimpunan Ekonomi Pertanian Indonesia (Perheppi). Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: elmeizyarafah@uss.ac.id

BIODATA PENULIS



Nurhayati, S.Tp., M.Si., DBA

Dosen Program Studi Food Business Technology
Universitas Prasetya Mulya

Nurhayati adalah seorang profesional ilmu pangan dan pendidik dengan pengalaman lebih dari 15 tahun di industri serta gelar Doktor Administrasi Bisnis yang berfokus pada Logistik Halal dari Philippine Women's University. Latar belakang pendidikan yang kuat di Mikrobiologi dan Teknologi Pangan dari Institut Teknologi Bandung, beliau telah berperan sebagai dosen di Universitas Prasetya Mulya sejak 2015, mengajar mata kuliah seperti Keamanan dan Sanitasi Pangan, Manajemen Kualitas, dan Mikrobiologi Pangan. Selain itu, Nurhayati adalah Instruktur dan Proktor Servsafe di National Restaurant Association, USA sejak 2011, memberikan pelatihan komprehensif tentang keamanan pangan. Pengalaman kerjanya juga mencakup peran sebagai Spesialis Safekey di PT Diversey Indonesia dan pengawasan sistem manajemen kualitas di PT Ajinomoto Calpis Beverage. Beliau memiliki keterampilan sebagai Auditor Halal Bersertifikat dan Auditor Utama Keamanan Pangan, serta telah menerima berbagai penghargaan Internasional, diantaranya tiga penghargaan bergengsi dari European Institute of Technology and Innovation EIT Food. Nurhayati juga aktif dalam penelitian dan publikasi ilmiah, dengan karya-karyanya mencakup topik-topik seperti inovasi digital dalam logistik Halal dan kebijakan pemerintah Indonesia dalam ekspansi industri makanan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurhayati@pmbs.ac.id atau nurhayati.anhar81@gmail.com