

Anderson Arnold Aloanis
Vlagia Indira Paat



BUKU
BAHAN AJAR

SENYAWA BIOAKTIF



Editor:
Jeanne Tuilan

BUKU BAHAN AJAR
SENYAWA BIOAKTIF

Anderson Arnold Aloanis
Vlagia Indira Paat



Tahta Media Group

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

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

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

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

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

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

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

**BUKU BAHAN AJAR
SENYAWA BIOAKTIF**

Penulis:
Anderson Arnold Aloanis
Vlagia Indira Paat

Desain Cover:
Tahta Media

Editor:
Jeanne Tuilan

Proofreader:
Tahta Media

Ukuran:
ix,102,Uk: 15,5 x 23 cm

ISBN: 978-623-147-551-0

Cetakan Pertama:
September 2024

Hak Cipta 2024, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2024 by Tahta Media Group
All Right Reserved

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

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

TINJAUAN MATA KULIAH

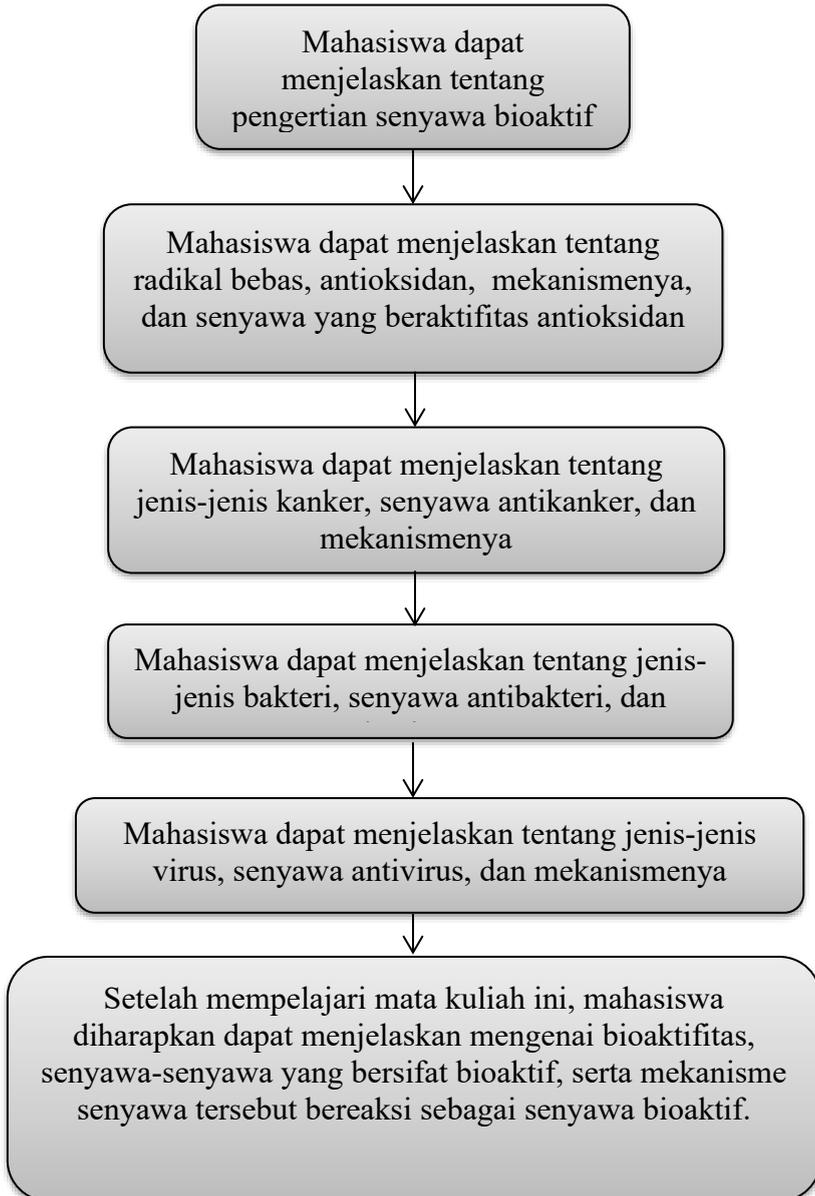
Mata kuliah Senyawa Bioaktif berbobot 2 sks diberikan kepada mahasiswa S1 Program Studi Kimia. Bertujuan memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang bioaktifitas senyawa kimia yang sering digunakan menjadi obat untuk penyakit-penyakit tertentu.

Secara umum kemampuan yang diharapkan setelah Anda mempelajari mata kuliah ini adalah Anda mampu memahami mekanisme reaksi dari senyawa, dan dapat dimanfaatkan dalam pencarian senyawa-senyawa baru untuk dapat dijadikan obat paten.

Dalam mempelajari bagian-bagian (bab atau sub-bab) dalam buku ini, Anda diharapkan memperhatikan tujuan umum dan khusus di setiap topik bahasan. Selain itu, Anda diminta membaca setiap uraian yang diberikan agar lebih memahami bacaan, dan Anda dapat mengerjakan latihan, tes formatif, kemudian mencocokkan jawaban Anda dengan kunci jawaban yang tersedia di setiap bagian akhir. Apabila ternyata skor yang Anda peroleh masih rendah Anda diminta untuk mempelajari kembali uraian materi khususnya bagian-bagian yang belum Anda kuasai.

Selamat Belajar!

PETA KOMPETENSI MATA KULIAH SENYAWA BIOAKTIF (2 SKS)



DAFTAR ISI

TINJAUAN MATA KULIAH	iv
PETA KOMPETENSI.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I SENYAWA BIOAKTIF	1
1. Senyawa Bioaktif: Prinsip & Konsep	1
2. Peran Senyawa Bioaktif dalam Kesehatan Manusia.....	8
3. Jenis senyawa bioaktif yang ada pada tumbuhan	8
4. Efek senyawa bioaktif pada penyakit kronis	16
Latihan Soal 1	21
BAB II RADIKAL BEBAS	22
1. Pengertian Radikal Bebas	22
2. Mitokondria	24
3. Oksidase Seluler	24
4. Reaksi katalis logam	25
5. Mieloperoksida	25
6. Oksigen Tunggal.....	26
7. Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	27
8. Radikal Hidroksil (OH•).....	27
9. Spesies Nitrogen Reaktif (RNS).....	28
Latihan Soal 2	30
BAB III ANTIOKSIDAN	31
1. Antioksidan dan fungsinya dalam tubuh manusia	31
2. Macam-macam Antioksidan :	32
3. Sumber antioksidan	39
4. Fungsi antioksidan.....	39
Latihan Soal 3	41
BAB IV AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SENYAWA FENOLIK	42
Latihan Soal 4	51
BAB VKAPASITAS ANTIOKSIDAN PLASMA PENGUKURAN METODE DAN STUDI INTERVENSI.....	52

1. Kapasitas Antioksidan Plasma sebagai Biomarker Status Antioksidan.....	52
2. Metodologi Penentuan PAC	53
Latihan Soal 5	59
BAB VI SENYAWA ANTIOKSIDAN DAN MEKANISME ANTIOKSIDANNYA	
1. Stres oksidatif	60
2. Proses fisiologis dan fisiopatologis yang terkait dengan free radikal (FR).....	68
3. Peran antioksidan.....	68
4. Karakteristik antioksidan	70
5. Mekanisme kerja antioksidan	70
6. Senyawa fenolik	71
7. Karotenoid	73
8. Vitamin C	75
9. Metode untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan	76
10. Kapasitas antioksidan total (TAC).....	86
Latihan Soal 6	87
RINGKASAN.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	90
LAMPIRAN	93
RIWAYAT PENULIS.....	99
GLOSARIUM	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Mekanisme reaksi radikal superoksida	65
Gambar 2. Reaksi Hidroksil dengan gula	67
Gambar 3 Reaksi radikal hidroksil dengan basa guanosin	67
Gambar 4. Reaksi radikal hidroksil dengan asam amino.....	67
Gambar 5. Senyawa fenolik dengan kemampuan HAT.....	73
Gambar 6. Senyawa kimia yang terkait dengan vitamin C.....	76
Gambar 7. Pembentukan radikal hidroksil dari ABAP	78
Gambar 8. Reaksi antara ROO dan KMBA	79
Gambar 9. Struktur kimia crocin.....	80
Gambar 10. Pengurangan DPPH.....	82
Gambar 11. Mekanisme reaksi untuk uji FRAP dengan adanya antioksidan	84
Gambar 12. Reaksi ABTS dengan senyawa antioksidan.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Total Fenolik beberapa produk pangan.....	45
Tabel 2. Metode Aktivitas antioksidan.....	47
Tabel 3. Penyerapan senyawa fenolik pada organisme manusia.....	50
Tabel 4. Pengelompokkan makanan berdasarkan efek signifikan yang serupa di PAC, menurut metode yang digunakan	57
Tabel 5. Radikal bebas yang dihasilkan dalam system biologis.....	64
Tabel 6. Klasifikasi Efisiensi antiradical terhadap DPPH.....	83

BAB I

SENYAWA BIOAKTIF

Indikator Capaian Materi :

1. Mahasiswa dapat menjelaskan prinsip dan konsep dasar senyawa bioaktif
2. Mahasiswa dapat menjelaskan peranan senyawa bioaktif dalam kehidupan sehari-hari
3. Mahasiswa dapat menjelaskan jenis-jenis senyawa bioaktif beserta manfaatnya

1. SENYAWA BIOAKTIF: PRINSIP & KONSEP

Istilah "bioaktif" terdiri dari dua kata: bio- dan -aktif. Secara etimologi: bio- dari bahasa Yunani ($\beta\acute{\iota}o-$) "bios" [bio-, -bio], merujuk: kehidupan. Dan – aktif dari bahasa Latin "activus", artinya: dinamis, penuh energi, dengan energi, atau melibatkan suatu aktivitas. Bioaktif menyajikan semua fenomena yang memanifestasikan bentuk kehidupan, fungsi atau proses. Dalam pengertian ilmiah yang ketat, istilah "bioaktif" adalah istilah alternatif untuk "aktif secara biologis". Senyawa bioaktif merupakan zat yang memiliki aktivitas biologis. Dalam kamus kedokteran, zat bioaktif didefinisikan sebagai zat yang memiliki efek, menyebabkan reaksi, atau memicu respons pada jaringan hidup. Senyawa (atau zat) yang memiliki aktivitas biologis, jika memiliki efek langsung pada organisme hidup. Efek ini mungkin positif atau negatif tergantung pada zat, dosis atau bioavailabilitas. Memang, senyawa ini memiliki efek yang luas, mulai dari pemeliharaan kesehatan yang baik bahkan efek penyembuhan, atau berbahaya bahkan fatal. Dosis senyawa bioaktif yang tertelan sering menentukan apakah efeknya positif atau merugikan. Beberapa penulis menganggap bahwa demonstrasi kegiatan ini saja tidak cukup untuk senyawa yang akan didefinisikan sebagai "bioaktif", hal ini juga harus memiliki efek menguntungkan yang terkait pada kesehatan. Definisi ini membedakan senyawa ini dari banyak senyawa lain yang bersifat bioaktif, tetapi memiliki efek samping dan dianggap karsinogenik atau toksik.

Perbedaan ini mempengaruhi jenis penelitian yang harus dirancang untuk menyelidiki senyawa bioaktif.

Selain efek senyawa ini, kriteria lain yang terlibat dalam definisi zat bioaktif, adalah asal-usulnya. Zat bioaktif dari makanan atau sumber lain yang tidak dapat dimakan oleh manusia atau hewan. Dalam kasus pertama, kita berbicara tentang "penggunaan nutrisi non-gizi", sementara melebihi nilai energi makanan dan kandungan protein, lemak dan karbohidratnya, untuk mempertimbangkan bahan lain yang dapat berkontribusi positif dalam menjaga kesehatan melalui modifikasi fungsi fisiologis normal atau peningkatan aktivitas biologis suatu organisme. Kemudian, komponen pangan bioaktif adalah komponen dalam makanan atau suplemen makanan, selain yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan gizi dasar, yang bertanggung jawab atas perubahan status kesehatan. Dalam hal ini, penting untuk dipahami bahwa senyawa bioaktif bukanlah zat gizi, meskipun terkandung dalam makanan atau penyusunnya. Definisi ini bertentangan dengan pandangan Biesalski HK *et al.* (2009) yang mempresentasikan definisi "senyawa bioaktif" adalah senyawa esensial dan non-esensial yang terjadi di alam, merupakan bagian dari rantai makanan, dan dapat terbukti berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Sebaliknya, beberapa definisi mengecualikan senyawa esensial dari senyawa bioaktif. Menurut Encyclopedia of Food & Culture, istilah "komponen bioaktif makanan" mengacu pada biomolekul non-esensial yang ada dalam makanan dan memiliki kemampuan untuk memodulasi satu atau lebih proses metabolisme, yang menghasilkan peningkatan kesehatan yang lebih baik. Dan mendekati definisi sebelumnya, "senyawa bioaktif" adalah: - Komponen ekstra non-gizi dari makanan yang diklaim memiliki efek menguntungkan bagi kesehatan; biasanya ini tidak termasuk nutrisi penting. - Konstituen ekstra-gizi yang biasanya terjadi dalam jumlah kecil dalam makanan. Senyawa bioaktif dipelajari secara ekstensif untuk mengevaluasi efeknya terhadap kesehatan. Seperti yang telah disebutkan, istilah senyawa atau komponen makanan bioaktif biasanya hanya dikaitkan dengan efek positif pada organisme. Definisi tersebut menganggap bahwa makanan bioaktif mempengaruhi keadaan kesehatan, dan karena itu memiliki nilai biologis di luar kandungan kalornya. Dalam konteks ini, bioaktivitas memiliki potensi (setidaknya) untuk mempengaruhi kesehatan dengan cara yang menguntungkan, yang mengecualikan dari definisi efek

yang berpotensi merugikan (seperti toksisitas, alergenitas dan mutagenitas) yang tidak diragukan lagi merupakan cerminan dari "bioaktivitas". dalam arti yang seluas-luasnya.

Dengan demikian, "senyawa bioaktif" dapat didefinisikan sebagai konstituen non-nutrisi yang melekat pada tanaman pangan dengan memberikan promosi yang bermanfaat pada kesehatan dan/atau efek toksik saat dicerna. Pendekatan ini mengambil kehadiran yang lebih besar dalam senyawa non-makanan. Sejauh ini, tampaknya beberapa definisi mengaitkan istilah "senyawa bioaktif" secara langsung dengan senyawa yang berasal dari makanan (produk atau ada dalam makanan, adalah bagian dari rantai makanan ...), sedemikian rupa, disajikan sebagai sinonim dengan "makanan bioaktif", dan lebih khusus lagi terbatas pada tanaman atau tanaman pangan. Meskipun ini tidak terjadi! Untuk senyawa yang berasal dari sumber yang tidak dapat dimakan, kita bahkan bisa membayangkan "limbah sebagai sumber senyawa bioaktif"! Namun, yang menarik bagi kita dalam konteks ini, adalah prinsip-prinsip yang mendasari definisi untuk memahami konsep terkait, mengingat di sini kriteria "asal" senyawa ini, terutama pada organisme yang memproduksinya.

Senyawa bioaktif mengandung bahan kimia yang ditemukan dalam jumlah kecil pada tumbuhan dan makanan tertentu (seperti buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, minyak dan biji-bijian); mereka memiliki peran dalam tubuh yang dapat meningkatkan kesehatan yang baik. Pada tumbuhan, unsur hara umumnya tidak termasuk dalam istilah "senyawa bioaktif tumbuhan". Senyawa bioaktif khas tanaman diproduksi sebagai metabolit sekunder yang tidak diperlukan untuk fungsi tanaman sehari-hari (seperti pertumbuhan), tetapi memainkan peran penting dalam kompetisi, pertahanan, daya tarik, dan pensinyalan. Senyawa bioaktif dalam tanaman dapat didefinisikan sebagai metabolit sekunder tanaman yang menimbulkan efek farmakologis atau toksikologis pada manusia dan hewan.

Dengan demikian, tanaman bukanlah satu-satunya sumber zat bioaktif. Zat tersebut juga terdapat pada organisme hidup dan mikroorganisme lainnya, seperti bakteri jamur dan pada beberapa kelompok hewan. Apa yang dikatakan tentang organisme (mikro) terestrial, juga berlaku untuk organisme laut (mikro). Ini juga menghasilkan zat yang berpotensi berguna sebagai metabolit sekunder bioaktif. Perlu dicatat bahwa selain zat bioaktif alami,

kemampuan untuk mensintesis berbagai molekul bioaktif dimulai pada awal abad kedua puluh, terlepas dari perkembangan kimia farmasi dan munculnya alat baru untuk sintesis kimia, sehingga menambah sumber bioaktif lain.

1.1. Bioaktivitas

Penelitian saat ini mengenai Identifikasi senyawa bioaktif dan menentukan pengaruhnya terhadap kesehatan sangat populer, ini mungkin menjelaskan, definisi istilah "bioaktif" yang dinamis tanpa mengabaikan konteks kajian ilmiah yang mencakup definisi yang berbeda. Dan karena tidak ada definisi yang sama, maka upaya untuk menemukan pengertian dan menemukan beberapa bagian umum dari konsep yang terkait dengan istilah "bioaktif" terus dilakukan bahkan jika definisi yang tidak jelas dan penggunaan berulang dari kata "bioaktif" hampir mengintegrasikan istilah tersebut. Dalam kategori "kata ajaib"! Schrezenmeir J. et al.(2000) menganggap bahwa definisi bioaktivitas biasanya disempurnakan oleh dua peringatan. Satu telah dibahas (efek kesehatan positif dan negatif), dan yang lain membutuhkan komponen bioaktif untuk memberikan efek biologis yang terukur pada tingkat yang realistis secara fisiologis. Mengetahui bahwa rentang proses fisiologis, yang dapat dipengaruhi oleh bioaktivitas ini, sangat luas; yang membuat pencapaian misi ini menjadi hal yang sulit, dan membutuhkan intervensi dari beberapa spesialisasi dan disiplin ilmu pada saat yang bersamaan. Menjawab pertanyaan: apa itu senyawa bioaktif? Dan mendesain ulang definisi awal membutuhkan kombinasi dari semua konsep yang telah disebutkan, dengan mengisi kembali potongan demi potongan teka-teki untuk mendapatkan jawaban yang jelas.

1.2. Kriteria

Kriteria 1: Esensi dan Asal

Apakah Bioaktivitas Berarti Senyawa Bioaktif Harus "Bio"?
Beberapa definisi menggunakan istilah seperti: biomolekul; terjadi di alam dll. Tetapi senyawa sintetik dan semi sintetik termasuk dalam konsep "bioaktivitas". Beberapa produk yang dipasarkan (dalam kosmetik, obat-obatan, pertanian...dll), prinsip aktifnya didasarkan pada molekul sintetik. Secara umum, tidak ada perbedaan aktivitas biologis antara senyawa bioaktif yang berasal dari alam dan produk sintetis. Contoh kumarin menggambarkan bioaktivitas senyawa bioaktif, baik

yang berasal dari alam maupun sintetis. Jadi, selain penelitian mengenai isolasi kumarin dari ratusan spesies tanaman dan organisme lain, ada turunan sintetis yang secara signifikan meningkatkan jumlah struktur kumarin yang diketahui hingga saat ini. Memang, sintesis kumarin dan turunannya telah menarik banyak perhatian kimia organik dan obat-obatan selama bertahun-tahun karena aplikasi potensial dalam industri farmasi, kosmetik, dan agrokimia. Karena pentingnya turunan kumarin yang tak terbantahkan ini, dan penggunaan senyawa ini secara intensif dalam beberapa tahun terakhir, banyak strategi dan metode analisis telah dikembangkan untuk sintesis kumarin, dan banyak upaya telah dilakukan oleh beberapa peneliti untuk menyiapkan senyawa baru dengan substituen sederhana, atau sistem yang lebih kompleks, termasuk heterosiklus. Oleh karena itu, senyawa bioaktif dapat berasal dari alam atau sintetis.

Esensial atau Non Esensial? Istilah "senyawa bioaktif" tidak dikaitkan dengan nutrisi yang terkandung dalam makanan atau, lebih luas lagi, nutrisi yang penting bagi organisme hidup, seperti metabolit primer. Kontroversi kecuali unsur esensial dari definisi senyawa bioaktif muncul untuk makanan (atau sumber nutrisi secara umum), dengan konstituen makanan meliputi air, karbohidrat, protein, lipid dan asam lemak, serat, vitamin, mineral dan oligo-elemen. Beberapa definisi yang disebutkan sebelumnya, mempertimbangkan bahwa peptida bioaktif, vitamin, asam lemak, flavonoid, pitosterol dan serat larut dan tidak larut adalah senyawa bioaktif. Menurut Liu RH (2013), senyawa bioaktif tersebut antara lain fitokimia, vitamin, mineral dan serat. Sedangkan penulis lain, seperti NahlerG. (2013), mengecualikan vitamin dan asam lemak tak jenuh dari klasifikasi ini karena merupakan nutrisi penting.

Untuk mengatasi kontradiksi yang nyata ini, kami memberikan contoh protein yang semakin dikenal dalam beberapa tahun terakhir sebagai komponen aktif fisiologis dalam makanan dan sumber peptida bioaktif. Menurut pengetahuan saat ini, susu sapi, keju, dan produk susu tampaknya sejauh ini merupakan sumber protein bioaktif dan peptida terbesar yang berasal dari makanan. Beberapa protein makanan menyebabkan efek spesifik di luar suplai nutrisi, seperti IGF (hormon peptida mirip insulin), laktoferin, imunoglobulin, dan -laktoglobulin (β -

Lg). -Lg sekarang menjadi sumber peptida bioaktif penting, dalam kesehatan manusia, terutama melawan hipertensi, fungsionalitas yang terkait dengan aktivitas antioksidan dan antimikroba, dan kemampuan untuk menurunkan kadar kolesterol tubuh. Peptida bioaktif dapat dikripsi dalam urutan asam amino dari protein yang lebih besar. Peptida ini biasanya terdiri dari 3-20 asam amino dan dihasilkan dari protein asli setelah degradasi melalui hidrolisis atau fermentasi

Oleh karena itu tampak bahwa jenis komponen nutrisi tertentu dapat memainkan peran non-nutrisi (atau ekstra-nutrisi), dan menghadirkan bioaktivitas dalam organisme. Tapi, begitu senyawa tersebut memiliki aktivitas biologis, dapatkah kita menganggapnya esensial (peran nutrisi)? Dalam hal ini, kami menyarankan bahwa senyawa bioaktif tidak esensial, karena senyawa (atau molekul) yang sama tidak dapat memainkan dua peran fisiologis pada saat yang sama dalam organisme yang sama: satu, nutrisi (metabolisme dan perkembangan energi), dan lainnya: bioaktif (non-gizi). Saran ini bertujuan untuk membedakan antara dua proses yang sama sekali berbeda: pertama, yang membutuhkan degradasi senyawa atau molekul untuk melepaskan energi esensial untuk berfungsi organisme dan perkembangannya, dan yang kedua, yang membutuhkan interaksi senyawa. (atau molekul) dalam kesatuannya dengan satu atau lebih komponen jaringan hidup. Oleh karena itu, secara sederhana senyawa bioaktif merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan satu atau lebih komponen jaringan hidup. Interaksi (bioaktivitas) ini dapat memanifestasikan apa pun sumber senyawa bioaktif: makanan dan non-makanan, diintegrasikan ke dalam nutrisi penting atau tidak. Dalam hal ini, dibatasi untuk merujuk pada asal alami senyawa bioaktif untuk mendefinisikannya, tetapi dengan membangkitkan perbedaan yang disarankan.

Kriteria 2: Efek Bioaktif

Bioaktivitas: Positif dan/atau Negatif? Seperti yang telah disebutkan, beberapa definisi bioaktivitas hanya untuk efek positif pada organisme, dan terutama pada kesehatan manusia, sedemikian rupa sehingga bioaktivitas ini akan bermanfaat bagi manusia. Namun,

pencarian efek bioaktif yang berbeda, termasuk efek "negatif", untuk kepentingan manusia selalu, dan akan tetap menjadi area penelitian ilmuwan yang luas, tidak hanya dalam hal kesehatan, tetapi juga di berbagai bidang (pertanian, industri ...), bercita-cita untuk meningkatkan kualitas hidup manusia pada akhirnya. Kisaran efek yang dapat menggunakan senyawa bioaktif pada organisme biologis yang berbeda terkait dengan beberapa faktor, seperti struktur kimia, dosis... dll. Perubahan satu atau lebih faktor ini dapat membuat efek negatif yang diharapkan menjadi positif, atau membalikkan. Selain itu efek yang positif bagi suatu organisme secara keseluruhan, atau untuk jaringan tertentu dari organisme ini, tidak akan berdampak positif bagi organisme lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Contoh mata-mata yang paling dapat dikutip di sini, adalah: (a) efek samping (umumnya tidak diinginkan) yang dapat dimanifestasikan dalam organisme yang sama dengan senyawa bioaktif yang sama, dan (b) biosida, terutama yang berasal dari alam. asal, yang akan memiliki, sebagaimana mestinya, efek positif pada organisme hidup (atau jaringan) dengan melawan yang lain yang akan menjadi negatif untuk itu. Oleh karena itu, senyawa bioaktif dapat memberikan efek yang sangat berbeda dalam satu atau lebih komponen jaringan hidup; dan ini, menurut beberapa faktor, yang biasanya terkait dengan tiga perubahan besar: - Biocompounactive: Senyawa bioaktif dalam kaitannya dengan sifat fisikokimia dan biologinya (misalnya struktur kimia, bioavailabilitas...dst.); - Subyek yang terlibat dalam penggunaan biocompounactive: organisme hidup dalam hal ini, dan - Cara penggunaan biocompounactive (dosis, sendiri atau campuran)

Kriteria 3: Kuantitas

Dari definisi di atas, kami menemukan bahwa beberapa definisi memasukkan kriteria "kuantitas" dalam definisi senyawa bioaktif:

- Komponen yang biasanya terdapat dalam jumlah kecil dalam makanan;
- Senyawa bioaktif mengandung bahan kimia yang ditemukan dalam jumlah kecil di beberapa makanan dan tanaman;

- Komponen minor yang berpotensi berdampak pada kesehatan manusia. Integrasi kriteria "kuantitas" dalam definisi dapat membatasi untuk memberi pengertian pada istilah "bioaktif". Tapi kita harus sangat berhati-hati dengan cara ini!

2. PERAN SENYAWA BIOAKTIF DALAM KESEHATAN MANUSIA

Senyawa bioaktif didefinisikan sebagai komponen makanan yang berdampak pada aktivitas fisiologis atau seluler pada manusia atau hewan yang mengkonsumsi senyawa tersebut. Mereka termasuk flavonoid, antosianin, tanin, betalain, karotenoid, sterol tumbuhan, dan glukosinolat. Mereka terutama ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran; memiliki efek antioksidan, anti-inflamasi, dan anti-karsinogenik; dan dapat menjadi pelindung terhadap berbagai penyakit dan gangguan metabolisme. Efek menguntungkan tersebut menjadikannya kandidat yang baik untuk pengembangan makanan fungsional baru dengan sifat pelindung dan pengawet yang potensial. Berbagai buah dan sayuran menyediakan berbagai nutrisi dan senyawa bioaktif yang berbeda termasuk fitokimia (fenolik, flavonoid, dan karotenoid). Yang paling penting, flavonoid memiliki manfaat kesehatan antioksidan dan anti-inflamasi, efek positif pada kesehatan jantung, dan sifat anti-kanker. Antosianin memiliki efek kesehatan kardiovaskular yang positif, meskipun perlu evaluasi lebih lanjut. Karotenoid memberikan efek perlindungan terhadap beberapa jenis kanker, selain manfaat untuk mata dan kulit. Glukosinolat memiliki peran protektif terhadap kanker dan demensia. Namun, ada variasi besar dalam literatur tentang peran senyawa bioaktif yang berbeda dalam kesehatan manusia, yang memerlukan penelitian lebih lanjut dan pemahaman yang lebih baik untuk memaksimalkan potensi manfaat kesehatan.

3. JENIS SENYAWA BIOAKTIF YANG ADA PADA TUMBUHAN

Senyawa bioaktif terutama ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran, dan termasuk flavonoid, antosianin, tanin, betalain, karotenoid, sterol tumbuhan, dan glukosinolat. Berbagai buah dan sayuran menyediakan berbagai nutrisi dan senyawa bioaktif yang berbeda termasuk fitokimia

(fenolik, flavonoid, dan karotenoid) yang dapat memberikan efek fisiologis dan seluler yang khas.

3.1 Flavonoid

Flavonoid dari kelompok senyawa bioaktif terbesar dan beragam, yang dikenal sebagai fitonutrien atau fitokimia, yang merupakan penyusun utama polifenol dan dapat dianggap lebih menjadi flavanol, flavon, isoflavon, flavanon, antosianidin, flavanonol, dan flavan (katekin dan proantosianidin). Setiap subkelompok dan jenis flavonoidnya dimiliki berbagai sumber tanaman, serta memiliki fungsi, dan manfaat kesehatan yang berbeda. Kumpulan senyawa bioaktif tanaman ini diketahui memiliki manfaat bagi kesehatan manusia karena teridentifikasi memiliki efek antioksidan dan antiinflamasi. Flavonoid ada di setiap buah dan sayuran, dan bersama dengan karotenoid, mereka bertanggung jawab atas warna uniknya. Ada lebih dari 6.000 jenis flavonoid yang diidentifikasi berbeda yang bermanfaat dalam makanan manusia.

- **Struktur kimia:** Flavonoid umumnya larut dalam air dan tumbuh dalam vakuola sel. Struktur molekul dasarnya adalah dua cincin benzena yang terikat pada rantai tiga karbon yang membentuk cincin piran tertutup.
- **Sumber:** Flavonoid cukup banyak dalam berbagai buah dan sayuran. Sumber utamanya termasuk beri, daun bawang, jahe, jeruk bali, wortel, apel, bawang merah, brokoli, kubis, kangkung, tomat, lemon, peterseli, soba, dan kacang-kacangan. Kopi, teh, cokelat, berbagai rempah-rempah, rempah-rempah, dan anggur merah juga kaya akan flavonoid yang menyehatkan.
- **Manfaat untuk kesehatan yang melimpah:** Banyak penelitian telah mengungkapkan bahwa diet kaya fitonutrien baik untuk kesehatan manusia. Flavonoid bermanfaat dalam hal ini karena mereka bertindak sebagai antioksidan yang berpengaruh; mereka juga menetralkan radikal bebas dan membatasi kerusakan sel dan jaringan tubuh lainnya. Flavonoid juga memiliki sifat anti-inflamasi dan anti-penuaan. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa ada hubungan antara polifenol tertentu dengan efek pencegahannya pada penyakit yang dapat membawa 'stres oksidatif' (misalnya,

kanker, penyakit kardiovaskular [CVD], dan penyakit neurodegeneratif). Kemampuan mereka untuk meningkatkan kualitas dinding pembuluh darah juga telah ditunjukkan dalam berbagai penelitian eksperimental. Flavonoid memiliki efek suportif pada sistem saraf. Selain itu, mereka dapat mengontrol aksi enzim dan reseptor sel tertentu. Studi menunjukkan bahwa flavonoid juga dapat membantu mengatur aliran darah di otak, yang dapat menghasilkan fungsi kognitif yang lebih baik.

3.2 Antosianin

Senyawa ini terdapat dalam getah sel dan larut dalam air. Mereka bertanggung jawab atas warna merah, ungu, dan biru dari buah-buahan, sayuran, dan bunga.

- **Struktur kimia:** Secara struktural, antosianin adalah molekul fenolik dengan 15 atom karbon dan terlihat sebagai dua cincin benzena yang bergabung bersama dengan rantai tiga karbon. Kehadiran inti flavylum membuatnya sangat reaktif.
- **Sumber:** Meskipun anthocyanin dapat ditemukan di banyak tanaman, mereka terutama terdapat di acai, blackcurrant, blueberry, bilberry, cherry, anggur merah, dan jagung ungu.
- **Manfaat pada kesehatan yang melimpah:** Meskipun antosianin merupakan antioksidan penting secara in vitro, aktivitas biologisnya pada umumnya cukup rendah karena stabilitas yang rendah dan penyerapannya yang buruk. Berbagai penelitian telah menunjukkan manfaat kesehatan dari antosianin, yang terutama berfokus pada efek positifnya pada kesehatan jantung, aktivitas anti-kanker, dan sifat anti-inflamasi.

3.3 Tanin

Tanin adalah kelas biomolekul polifenol astringen yang mengikat dan mengendapkan protein dan berbagai senyawa organik dan makromolekul lainnya.

- **Struktur kimia:** Tanin adalah campuran kompleks polifenol polimer, dengan asam galat sebagai unit basa (jadi, juga disebut sebagai asam galo-tanat). Gallnuts pohon ek mengandung 50-70% tanin. Tanin dibagi menjadi dua kelompok: tanin kental dan tanin terhidrolisis; kelompok pertama terdiri dari senyawa di mana inti

disatukan oleh ikatan karbon-karbon atau eter sedangkan kelompok kedua terdiri dari senyawa seperti ester yang merupakan polimer asam galat dan asam ellagic. Warna tanin berkisar dari tidak berwarna sampai kuning atau coklat. Ini menyebabkan astringency makanan dan reaksi pencoklatan enzimatik.

- **Sumber:** **Sumber** utama tanin adalah teh, kopi, delima, kesemek, sebagian besar beri (cranberry, stroberi, blueberry), anggur, anggur merah, coklat (dengan kandungan kakao 70% dan lebih tinggi), dan rempah-rempah (kayu manis, vanila, cengkeh, timi).
- **Manfaat pada kesehatan yang melimpah:** Pada hewan percobaan, tanin telah dijelaskan untuk mengurangi asupan pakan, laju pertumbuhan, efisiensi pakan, energi metabolisme bersih, dan pencernaan protein. Jadi, makanan yang kaya tanin memiliki nilai gizi yang rendah. Namun, penelitian terbaru telah menetapkan bahwa efek utamanya mungkin karena penurunan efektivitas dalam menerjemahkan zat nutrisi yang diserap tubuh baru daripada karena penghambatan konsumsi makanan atau pencernaan. Akhir-akhir ini, ada minat yang cukup besar untuk mempertimbangkan tanin sebagai zat bioaktif karena kemampuannya menghasilkan efek menguntungkan dalam tubuh jika berada dalam makanan untuk jangka waktu yang lama. Terutama karena sifat antioksidannya yang melindungi jaringan dari aksi radikal bebas akibat penuaan sel dan proses fisiologis lainnya. Tanin juga telah terbukti memiliki efek positif lainnya pada kesehatan termasuk percepatan pembekuan darah, penurunan tekanan darah, penurunan kadar lipid serum, dan modulasi respon imun; dosis dan jenis tanin sangat penting untuk efek ini.

3.4 Betalain

Pigmen ini berwarna merah dan kuning; dan mereka menyerupai antosianin dan flavonoid dalam penampilan. Namun, tidak seperti mereka, betalain mengandung nitrogen.

- **Struktur kimia:** Betalain adalah pigmen turunan indole yang dapat dibagi menjadi betasianin merah-ungu dan betaxanthin kuning, dengan warna yang berasal dari struktur betalain yang beresonansi

dengan ikatan rangkap. Mereka larut dalam air dan dengan demikian dapat diintegrasikan ke dalam sistem makanan berair.

- **Sumber:** Sumber betalain yang dapat dimakan adalah bit merah dan kuning, lobak swiss berwarna, bayam berdaun atau kasar, pir berduri, pitahaya merah, dan beberapa kaktus.
- **Manfaat kesehatan yang melimpah:** Karena aktivitas antioksidan, anti-kanker, anti-lipidemic, dan antimikrobanya, betalain memiliki efek kesehatan yang progresif. Dalam diet, mereka tidak beracun dan dengan demikian memiliki aplikasi potensial sebagai makanan fungsional dan alternatif yang menjanjikan untuk terapi suplemen pada stres oksidatif, peradangan, dan penyakit terkait dislipidemia seperti stenosis arteri, aterosklerosis, hipertensi, dan kanker. Karena keamanan toksikologi, aksesibilitas, harga rendah, biodegradabilitas, dan efek biologis yang berpotensi menguntungkan pada kesehatan, penggabungan betalain dalam pembuatan makanan dan industri terkait dapat membuka jalan untuk mengatasi kekhawatiran saat ini atas risiko kesehatan dari warna buatan. Namun demikian, studi longitudinal yang lebih besar diperlukan untuk memastikan mekanisme yang tepat dari senyawa bioaktif ini dan aplikasi praktisnya dalam kesehatan manusia.

3.5 Karotenoid

Karotenoid – juga dikenal sebagai karoten – termasuk dalam kelompok hidrokarbon yang larut dalam lemak; dan turunannya yang teroksidasi disebut xantofil. Nama 'karoten' berasal dari warna merah wortel; tetapi mereka umumnya ditemukan di berbagai tanaman lain juga seperti yang pada daun hijau, di sebagian besar buah kuning dan merah, dan banyak akar. Warna kuning telur dan beberapa ikan juga disebabkan oleh karotenoid.

- **Struktur kimia:** Karotenoid terdiri dari delapan unit isoprenoid yang disambung sedemikian rupa sehingga susunan unit isoprena terbalik di tengah molekul. Karotenoid menyerap panjang gelombang berkisar 400-550 nanometer (ungu ke lampu hijau), yang secara langsung terkait dengan struktur mereka dan menyebabkan senyawa menjadi sangat berwarna kuning, oranye, atau merah.

- **Sumber:** Beberapa sumber karotenoid yang kaya adalah wortel, plum, aprikot, mangga, melon, ubi jalar, kangkung, bayam, ketumbar, sawi hijau, thyme segar, lobak hijau, dan labu musim dingin.
- **Manfaat kesehatan yang melimpah :** Karotenoid memberikan efek perlindungan terhadap beberapa jenis kanker, selain itu bermanfaat juga untuk penglihatan dan kulit. Karoten adalah prekursor vitamin A yang dibutuhkan untuk sistem kekebalan yang kuat, kulit yang sehat dan selaput lendir, dan kesehatan mata dan penglihatan yang baik.
- Beberapa penelitian menunjukkan bahwa karotenoid dikaitkan dengan penurunan risiko berbagai jenis kanker seperti kanker paru-paru, kanker prostat, kanker payudara, dan kanker kepala dan leher. Telah ditunjukkan bahwa ada hubungan antara kadar -karoten serum dan penurunan risiko kanker (misalnya untuk kanker paru-paru). Namun, sebagian besar uji coba intervensi dengan -karoten sebagai komponen suplemen tidak menunjukkan efek apa pun terkait risiko kanker; interaksi -karoten dengan senyawa lain, baik karotenoid atau konstituen makanan lainnya, mungkin memainkan peran.
- Mengenai efek perlindungan karotenoid pada penglihatan, penelitian karotenoid saat ini mendukung kemungkinan peran kelompok senyawa ini dalam perlindungan terhadap degenerasi makula terkait usia (AMD). AMD adalah penyebab utama kebutaan ireversibel di antara orang tua di seluruh dunia, mempengaruhi sekitar 20% populasi di atas usia 65 tahun. Makula lutea adalah bagian penting dari retina, dan area ketajaman visual yang maksimal; pewarnaan jaringan ini disebabkan oleh pigmen karotenoid lutein dan zeaxanthin (karotenoid lain seperti likopen, -karoten atau -karoten tidak ditemukan di sini). Lutein dan zeaxanthin juga mendominasi pola karotenoid di seluruh retina tetapi konsentrasinya di makula lutea jauh lebih tinggi daripada di bagian lain retina. Selain itu, diet tinggi karotenoid juga telah terbukti mengurangi gejala kelelahan mata (mata kering, sakit kepala, dan penglihatan kabur) dan memperbaiki penglihatan di malam hari. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk

memastikan peran dan mekanisme yang tepat dari efek perlindungan karotenoid tersebut.

- Diet tinggi karotenoid telah terbukti memberikan efek positif pada tekstur, kejernihan, warna, kekuatan, dan elastisitas kulit. Suplemen -karoten komersial digunakan sebagai tabir surya oral karena sifat antioksidannya memiliki efek perlindungan pada kulit dari matahari dan radiasi ultraviolet (UV) yang berbahaya. Kerusakan foto-oksidatif akibat iradiasi UV kulit mempengaruhi lipid seluler, protein, dan DNA; proses patofisiologis tersebut dapat menyebabkan pembentukan eritema, penuaan dini pada kulit, perkembangan dermatosis foto, dan bahkan kanker kulit. Beberapa penelitian pada manusia telah menunjukkan bahwa kadar karotenoid dalam plasma dan kulit menurun pada penyinaran UV .

3.6 Sterol tanaman

Bagian yang terjadi secara alami dari semua tanaman disebut sterol atau pitosterol. Beberapa senyawa tersebut telah dianggap memiliki sifat makanan bioaktif.

- **Struktur kimia:** Sterol tumbuhan termasuk fitosterol, fitostanol, dan ester asam lemaknya. Secara kimia, mereka adalah zat seperti kolesterol; properti ini dapat digunakan dalam peran analog untuk mempengaruhi penyerapan kolesterol dan metabolisme pada hewan dan manusia.
- **Sumber: Sumber** utamanya adalah minyak nabati dan juga terdapat dalam jumlah yang lebih sedikit dalam kacang-kacangan, polong-polongan, biji-bijian, sereal, bubur kayu dan daun. Di beberapa negara, beberapa produk makanan seperti margarin, susu, yoghurt, sereal sarapan, minyak kedelai, dan minyak tinggi (pinus) difortifikasi dengan sterol nabati untuk meningkatkan kandungan sterolnya
- **Manfaat kesehatan yang melimpah:** Sifat seperti kolesterol dari sterol tumbuhan dapat mempengaruhi penyerapan kolesterol dalam usus. Ketika dikonsumsi dalam diet atau sebagai suplemen makanan, terjadi penyerapan preferensial sterol tumbuhan atas kolesterol low-density lipoprotein (LDL) ('kolesterol jahat'), yang secara alami dapat mengurangi tingkat kolesterol LDL dalam darah.

Penelitian telah menunjukkan bahwa bila dikonsumsi dalam jumlah yang dianjurkan (misalnya 1,5-3 gram per hari), sterol dapat menurunkan kadar kolesterol LDL dalam darah sebesar 7,5-12% [24].

Glukosinolat

Glucosinolates adalah komponen alami dari tanaman pedas tertentu (seperti sawi, kubis, dan lobak) dan metabolit sekundernya, yang mengandung sulfur dan nitrogen. Ketika bahan tanaman seperti itu dikunyah, dipotong, atau dirusak, glukosinolatnya menghasilkan minyak mustard yang memberikan kepedasan khusus pada tanaman dan produk ini.

- **Struktur kimia:** Glukosinolat mengandung belerang dan nitrogen, dan diturunkan dari glukosa dan asam amino. Setiap glukosinolat mengandung atom karbon pusat, yang terikat melalui atom belerang ke gugus tioglukosa dan melalui atom nitrogen ke gugus sulfat (membuat aldoksim sulfat). Selain itu, karbon pusat terikat pada gugus samping; glukosinolat yang berbeda memiliki kelompok samping yang berbeda, dan variasi dalam kelompok samping yang bertanggung jawab atas variasi aktivitas biologis senyawa tanaman ini.
- **Sumber:** Sumber utama glukosinolat yang kaya adalah sayuran silangan, seperti wasabi (*Wasabia japonica*), brokoli, kubis, kangkung, selada air, dan selada taman. Isothiocyanates membentuk produk pemecahan glukosinolat yang aktif secara biologis; sayuran silangan mengandung berbagai glukosinolat, yang masing-masing membuat isothiocyanate yang berbeda dengan sifat fisiologis atau seluler yang terkait.
- **Manfaat kesehatan yang melimpah:** Penelitian telah menunjukkan bahwa beberapa glukosinolat dan metabolit aktif biologisnya, terutama isothiocyanate, memiliki peran protektif terhadap kanker dan demensia. Zat biokimia unik yang tidak ditemukan dalam sayuran lain ini diketahui sangat efektif membunuh berbagai sel kanker tanpa merusak sel normal. Mereka menurunkan risiko demensia dan memperlambat laju penurunan kognitif pada orang tua.

4 EFEK SENYAWA BIOAKTIF PADA PENYAKIT KRONIS

Berbagai senyawa bioaktif memiliki efek unik pada berbagai penyakit kronis seperti kanker, diabetes mellitus, CVD, kondisi neurologis tertentu, dll. Tindakan fisiologis dan seluler utama dari senyawa bioaktif ini pada penyakit tertentu dibahas di sini.

4.1 Kanker

Kanker adalah salah satu penyebab kematian paling penting dan utama di seluruh dunia. Diperkirakan beban kanker global telah meningkat menjadi 18,1 juta kasus baru dan 9,6 juta kematian akibat kanker pada tahun 2018. Satu dari 5 pria dan satu dari 6 wanita di seluruh dunia mengembangkan kanker selama hidup mereka, dan satu dari 8 pria dan satu dari 11 wanita meninggal karena penyakit tersebut. Lebih lanjut telah diramalkan bahwa kematian akibat peningkatan kasus kanker akan berlanjut selama dekade berikutnya juga. Oleh karena itu, sangat diperlukan langkah-langkah yang tepat untuk mengendalikan risiko perkembangan kanker. Tentu saja, salah satu cara termudah untuk mencegah dan mengendalikan risiko kanker adalah dengan mengonsumsi cukup buah dan sayuran yang memiliki aktivitas biologis tinggi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan positif antara konsumsi buah dan sayuran yang kaya karotenoid dengan penurunan risiko kanker, terutama kanker paru-paru, kanker prostat, kanker payudara, dan kanker kepala dan leher.

- **Kanker paru-paru:** Dengan latar belakang penilaian risiko dan pengendalian kanker paru-paru, banyak penelitian telah menunjukkan penurunan morbiditas karena suplementasi -karoten pada subjek yang bukan perokok dewasa. Selain itu, penelitian yang dilakukan baru-baru ini pada diet pasien kanker paru-paru yang tidak merokok menegaskan hubungan terbalik antara diet kaya karoten (misalnya, -karoten, lutein, likopen, -cryptoxanthin, dan -karoten) dan risiko kanker paru-paru. Hasil Percobaan Pencegahan Kanker Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene menunjukkan insiden yang lebih tinggi dari kanker paru-paru yang melibatkan laki-laki perokok berat, yang menunjukkan kematian yang signifikan dan total dibandingkan dengan individu yang mendapatkan plasebo, mungkin karena efek pro-oksidan tinggi. -dosis suplementasi -

karoten. Hasil ini dikonfirmasi oleh Beta-Carotene dan Retinol Efficacy Trial, serta beberapa lainnya, di mana kombinasi suplementasi -karoten dan vitamin A diuji di antara pria dan wanita yang berisiko tinggi terkena kanker paru-paru (pekerja asbes dan perokok) dan pada subjek yang mengonsumsi alkohol dalam jumlah besar. Namun, dalam perjalanan analisis rinci terbaru, ternyata efek "kankerogenik" (pro-oksidan) tak terduga dari suplementasi karoten dapat dijelaskan dalam hal gangguan kuat mereka dengan gaya hidup tidak sehat individu.

- **Kanker prostat:** Kumpulan data penting lainnya berasal dari studi tentang kanker prostat. Banyak studi epidemiologi mendukung gagasan bahwa beberapa karoten, serta sumbernya yang kaya, dapat membantu mengurangi risiko kanker prostat. Di antara berbagai karotenoid, likopen dianggap paling efektif melawan risiko jenis kanker ini. Studi mengusulkan beberapa cara tindakan likopen, menunjukkan pentingnya dalam peningkatan sistem pertahanan stres oksidasi. Tambahan, bukti yang mendukung kesimpulan ini telah diberikan oleh meta-analisis baru-baru ini dari studi observasional tentang peran produk tomat dan likopen dalam pencegahan kanker prostat. Selain itu, intervensi manusia baru-baru ini dan uji klinis memberikan dukungan tambahan untuk penelitian ini.
- **Kanker lainnya :** Dalam beberapa penelitian, -karoten telah terbukti memainkan peran penting dalam mencegah kanker payudara, kepala, mulut, faring, dan laring. Studi-studi ini lebih lanjut menunjukkan bahwa konsumsi buah dan sayuran yang tinggi dalam makanan dapat mengurangi risiko kanker kepala dan leher sebanyak 50%. Demikian pula, data penelitian observasional juga menunjukkan korelasi antara konsumsi buah dan sayuran dan kejadian kanker esofagus, usus besar, dan kanker usus lainnya, serta hubungan terbalik antara konsentrasi serum karoten dan risiko kanker tersebut.

4.2 Diabetes mellitus

Karena efek antioksidan, anti-inflamasi, dan imunoprotektifnya, senyawa bioaktif yang ditemukan dalam buah dan sayuran berpotensi

bertahan melawan beberapa penyakit dan gangguan metabolisme. Efek kesehatannya yang positif menjadikannya kandidat yang baik untuk pengembangan makanan fungsional baru, termasuk yang memiliki sifat protektif dan preventif potensial untuk diabetes mellitus Tipe 1 dan Tipe 2 juga.

- **Efek flavonoid pada sel beta pankreas:** Flavonoid dan isoflavonoid adalah senyawa polifenol yang biasa ditemukan pada buah dan tumbuhan; dan karena kelimpahan mereka, mereka membuat proporsi yang signifikan dari makanan manusia. Mereka adalah antioksidan dan memiliki efek anti-inflamasi dan perlindungan pada penyakit metabolik. Hasil dari beberapa studi kohort dan uji coba secara acak menunjukkan bahwa flavonoid dapat menurunkan risiko diabetes tipe 2 dan CVD; selain itu, meta-analisis dari percobaan acak menunjukkan bahwa bukti terkuat ada untuk efek menguntungkan mereka pada kolesterol LDL, fungsi endotel, dan sensitivitas insulin.
- **Genistein:** Genistein adalah isoflavon yang paling dipertimbangkan sehubungan dengan diabetes. Beberapa sumber tanaman yang baik termasuk lupin, kacang fava, kedelai, dan produk kedelai. Genistein dipandang sebagai kandidat yang menjanjikan untuk pendekatan alternatif atau pelengkap untuk mencegah dan mengobati diabetes karena berbagai kultur sel dan penelitian berbasis hewan telah menunjukkan efek positifnya pada fungsi sel. Sebuah penelitian pada manusia yang dilakukan pada wanita pascamenopause menunjukkan bahwa genistein yang diberikan dalam dosis 54 mg/hari dapat membantu mengurangi glukosa puasa dan meningkatkan toleransi glukosa dan sensitivitas insulin.
- **Lycopene:** Lycopene adalah salah satu senyawa karotenoid antioksidan kuat. Ini secara alami hadir dalam tomat dan jeruk bali merah muda, dan terkenal dalam meningkatkan kesehatan melalui pencegahan penyakit kronis seperti kanker dan CVD. Meskipun ada penelitian langka tentang efeknya pada diabetes (sel pankreas). Dalam sebuah penelitian pada hewan, pemberian likopen dosis bertahap individu secara eksogen pada tikus hiperglikemik menyebabkan penurunan kadar glukosa yang bergantung pada dosis,

peningkatan konsentrasi insulin, peningkatan profil lipid serum, dan peningkatan status antioksidan total dengan peningkatan aktivitas enzim antioksidan; penelitian ini menunjukkan bahwa likopen bertindak sebagai agen antidiabetes, terutama melalui penurunan radikal bebas. Namun, pada manusia, berbagai penelitian menyelidiki efek konsumsi tinggi likopen pada pengurangan risiko diabetes tipe 2 telah menghasilkan hasil yang samar-samar; oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dalam hal ini.

- **Anthocyanin dan anthocyanidins:** Senyawa ini terkenal karena memberikan warna pada buah-buahan, sayuran, dan bunga, banyak di antaranya digunakan dalam makanan manusia. Berbagai penelitian in vitro telah menunjukkan bahwa antosianin dan antosianidin merangsang sekresi insulin dan memiliki efek perlindungan pada sel pankreas. Dalam sebuah penelitian pada hewan, pemberian ekstrak buah bayberry yang kaya akan cyanidin-3-glucoside (anthocyanin) mengurangi kadar glukosa darah dan meningkatkan toleransi glukosa yang terganggu pada tikus diabetes yang diinduksi streptozotocin. Dalam sebuah penelitian yang diikuti total 3.645.585 wanita dan pria, yang bebas dari diabetes, CVD, dan kanker; dan selanjutnya ditemukan 12.611 kasus diabetes tipe 2; konsumsi makanan kaya antosianin, terutama blueberry dan apel atau pir, dikaitkan dengan risiko diabetes tipe 2 yang lebih rendah dalam penelitian ini. Dalam studi lain, pasien diabetes yang mengonsumsi jus buah delima (384 mg/dL antosianin) menunjukkan efek anti-oksidatif seperti penurunan yang signifikan dalam peroksida lipid serum dan keadaan oksidatif monosit/makrofag masing-masing sebesar 56% dan 28%. 39]. Pengamatan ini menunjukkan efek signifikan antosianin pada pasien diabetes, yang selanjutnya menunjukkan bahwa akan sangat membantu jika ada makanan fungsional yang dibuat dari ekstrak antosianin tersebut.

4.3 Penyakit kardiovaskular

Stres oksidatif dan peradangan memiliki peran kunci dalam perkembangan aterosklerosis dan CVD. Sifat anti-oksidatif, anti-

inflamasi, dan metabolisme dari berbagai senyawa bioaktif dapat dikaitkan dengan peran protektifnya terhadap aterosklerosis dan CVD.

- **Berries (Anthocyanin):** Berries adalah sumber polifenol yang baik, terutama anthocyanin, mikronutrien, dan serat. Dalam beberapa penelitian, telah ditunjukkan bahwa buah beri dikaitkan dengan peningkatan kesehatan jantung. Beberapa studi intervensi dilakukan dengan menggunakan chokeberry, cranberry, blueberry, dan stroberi (baik segar, atau sebagai jus, atau beku), atau ekstrak antosianin murni, yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam oksidasi LDL, peroksidasi lipid, kapasitas antioksidan plasma total, dislipidemia, dan metabolisme glukosa. Mekanisme penting untuk jenis efek menguntungkan ini seharusnya mencakup peningkatan regulasi nitrit oksida sintase endotel, penurunan aktivitas enzim pencernaan karbohidrat, penurunan stres oksidatif, dan penghambatan ekspresi gen inflamasi dan pembentukan sel busa. Meskipun kurang memadai, data ini mendukung rekomendasi buah beri sebagai salah satu kelompok buah esensial dalam diet jantung sehat.
- **Flavonoid:** Beberapa studi kohort dan percobaan acak telah menyarankan bahwa flavonoid dapat menurunkan risiko CVD, terutama dengan mengerahkan efek mengunggulkannya pada kolesterol LDL, fungsi endotel, dan sensitivitas insulin. Sebuah tinjauan sistematis dengan meta-analisis dari beberapa studi kohort prospektif juga menunjukkan bahwa asupan makanan dari enam kelas flavonoid, yaitu flavonol, anthocyanidins, proanthocyanidins, flavones, flavanones dan flavan-3-ols, secara signifikan menurunkan risiko CVD. Dalam hal ini, kandungan subkelas flavonoid mungkin lebih penting daripada total flavonoid dalam makanan. Selain itu, hubungan terbalik antara asupan flavonoid dan risiko CVD lebih jelas pada wanita daripada pria.
- Namun, ada variasi besar dalam literatur karena sifat heterogen dari uji coba terkontrol secara acak yang dilakukan di daerah yang berbeda. Ini panggilan untuk penelitian lebih lanjut dan pemahaman dalam bidang ini untuk memaksimalkan potensi manfaat kesehatan

LATIHAN SOAL 1

1. Apa itu senyawa bioaktif?
2. Senyawa bioaktif dapat berasal dari alam atau sintetis, jelaskan pendapatmu!
3. Sebutkan komponen bioaktif berdasarkan kriteria kuantitas!
4. Apa perbedaan senyawa bioaktif esensial dan non-esensial?
5. Jenis komponen nutrisi tertentu dapat memainkan peran non-nutrisi (non-esensial) dan menghadirkan bioaktivitas dalam organisme. Tapi, begitu senyawa tersebut memiliki aktivitas biologis, dapatkah dianggap sebagai peran nutrisi (esensial)?

RIWAYAT PENULIS



Penulis lahir di Kotamobagu pada tanggal 13 Juli 1990. Anak sulung dari 3 bersaudara. Pendidikan S-1 diselesaikan penulis dengan gelar Sarjana Sains pada tahun 2011 di Program Studi Kimia, Universitas Negeri Manado. Pada tahun 2014, penulis menyelesaikan jenjang Strata-2 bidang ilmu Kimia Organik dengan gelar Magister Sains di Program Studi Kimia, Universitas Padjadjaran. Pada tahun 2024 penulis menamatkan Pendidikan S-3 di Universitas Padjadjaran.

Bidang Ilmu yang ditekuni adalah Kimia Organik. Pada tahun 2015 penulis diangkat sebagai dosen di program studi S-1 Kimia Universitas Negeri Manado. Penulis juga merupakan editor jurnal kimia dan berperan aktif dalam publikasi jurnal serta penelitian di bidang Kimia Organik. Selain itu, penulis sering terlibat dalam seminar dan konferensi ilmiah, baik sebagai pembicara maupun peserta, untuk berbagi pengetahuan dan perkembangan terbaru dalam bidang kimia. Penulis telah menerbitkan beberapa artikel ilmiah di jurnal internasional terkemuka, dengan fokus pada penelitian tentang senyawa organik dan aplikasinya. Karya-karya ini tidak hanya berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti lainnya. Sebagai penggiat pendidikan, penulis berkomitmen untuk mengembangkan kurikulum yang inovatif dan memfasilitasi penelitian mahasiswa. Penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat, memberikan pelatihan dan workshop tentang kimia untuk siswa sekolah menengah dan masyarakat umum. Dengan dedikasi yang tinggi terhadap ilmu pengetahuan dan pendidikan, penulis terus berupaya untuk memberikan kontribusi positif bagi masyarakat dan dunia akademis.



Vlagia Indira Paat, M.Si merupakan dosen di Program Studi Kimia Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Kebumihan Universitas Negeri Manado. Lahir di Kota Tomohon, 14 November 1989. Ia menyelesaikan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Negeri Manado Program studi Kimia dan menyelesaikan pendidikan magister (S2) di Universitas Padjadjaran Bandung program studi Kimia konsentrasi Kimia Analitik. Penulis memfokuskan risetnya pada bidang kimia analisis dan elektrokimia. Penulis telah menulis artikel-artikel ilmiah dalam bidang kimia yang telah dipublikasikan di jurnal internasional dan nasional. Fokus utamanya adalah pengembangan metode analitik untuk aplikasi lingkungan, pangan, dan farmasi. Sebagai tenaga pendidik, penulis juga tergerak untuk mengembangkan buku ajar yang membantu mahasiswa Indonesia dalam memahami ilmu kimia yang relevan dengan teknologi dan industri masa kini. Sebagai peneliti, penulis juga tergerak untuk terus mengembangkan metode analisis yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam penelitiannya.

GLOSARIUM

Antioksidan: Senyawa yang dapat mencegah atau memperlambat kerusakan sel yang disebabkan oleh radikal bebas (molekul reaktif yang dapat merusak sel dan jaringan). Antioksidan bekerja dengan menetralkan radikal bebas.

Radikal Bebas: Molekul tidak stabil yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas dapat menyebabkan stres oksidatif, yang merusak sel dan DNA, berkontribusi pada penuaan dan berbagai penyakit kronis.

Stres Oksidatif: Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan dalam tubuh, yang dapat menyebabkan kerusakan sel dan berkontribusi pada perkembangan penyakit seperti kanker, penyakit jantung, dan gangguan neurodegeneratif.

Vitamin C (Asam Askorbat): Antioksidan larut dalam air yang sangat penting untuk fungsi sistem imun, sintesis kolagen, dan melindungi tubuh dari kerusakan oksidatif.

Vitamin E (Alfa-Tokoferol): Antioksidan larut dalam lemak yang melindungi sel dari kerusakan oksidatif, terutama pada membran sel. Vitamin E juga penting untuk kesehatan kulit dan fungsi kekebalan tubuh.

Beta-Karoten: Antioksidan yang merupakan salah satu bentuk karotenoid. Beta-karoten dapat dikonversi menjadi vitamin A dalam tubuh, penting untuk kesehatan mata dan kulit.

Selenium: Mineral yang berfungsi sebagai antioksidan dalam tubuh dengan membantu enzim antioksidan (seperti glutathione peroksidase) melindungi sel dari kerusakan oksidatif.

Polifenol: Kelompok besar antioksidan yang ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, teh, anggur, dan coklat. Polifenol memiliki sifat antiinflamasi dan melindungi tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas.

Flavonoid: Subkelas polifenol yang memiliki sifat antioksidan kuat, ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, dan minuman seperti teh dan anggur.

Antosianin: Jenis flavonoid yang memberikan warna merah, ungu, dan biru pada buah-buahan dan sayuran. Antosianin memiliki efek antioksidan dan dapat melindungi sel dari stres oksidatif.

Glutation: Antioksidan utama yang ditemukan di dalam sel, berfungsi melindungi sel dari stres oksidatif dan berperan dalam detoksifikasi racun dari tubuh

Melatonin: Hormon yang berperan dalam regulasi tidur, juga bertindak sebagai antioksidan kuat yang melindungi sel-sel otak dari kerusakan oksidatif.



Buku Bahan Ajar Senyawa Bioaktif ini digunakan sebagai bahan ajar bagi mahasiswa Strata 1 Kimia untuk mata kuliah senyawa bioaktif. Buku ini memberikan gambaran mendalam tentang senyawa bioaktif, yaitu komponen alami yang ditemukan dalam berbagai sumber tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, yang memiliki efek biologis penting bagi kesehatan manusia. Senyawa bioaktif telah menjadi fokus utama dalam penelitian karena kemampuannya untuk mencegah dan mengobati penyakit seperti kanker, penyakit kardiovaskular, diabetes, dan gangguan neurodegeneratif.

Melalui buku ini, pembaca akan mempelajari berbagai kelompok senyawa bioaktif, termasuk alkaloid, flavonoid, terpenoid, polifenol, karotenoid, saponin, dan peptida bioaktif, serta memahami mekanisme kerja mereka dalam tubuh manusia. Buku ini juga membahas bagaimana senyawa-senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker.

Disusun dengan pendekatan ilmiah namun tetap mudah dipahami, buku ini menjelaskan sumber-sumber utama senyawa bioaktif, termasuk tumbuhan obat, makanan fungsional, dan pengobatan tradisional. dan nutrisi preventif.

Buku ini adalah panduan komprehensif yang tidak hanya mengulas teori di balik senyawa bioaktif, tetapi juga menunjukkan potensi besar mereka dalam meningkatkan kesehatan masyarakat dan menangani tantangan kesehatan global di masa depan.



IKAPI
IKATAN KIMIA AKADEMIK INDONESIA

CV. Tahta Media Group

Surakarta, Jawa Tengah

Web : www.tahtamedia.com

Ig : tahtamedia group

Telp/WA : +62 896-5427-3996

ISBN 978-623-147-551-0



9 786231 475510