

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Kratom

1. Morfologi dan Taksonomi Tanaman Kratom



Gambar 2.1 Tanaman Kratom

(Sumber: dokumentasi pribadi)

Kratom (*Mitragyna speciosa* Korth.) adalah salah satu tumbuhan endemik di Asia Tenggara yaitu Indonesia. Tumbuhan ini banyak tumbuh di daerah pulau Kalimantan (Ahmad, 2020). Salah satunya di daerah Putusibau yang dikenal dengan nama daun purik. Kratom juga dikenal dengan nama krathom, kakuum, ithang, sapat, atau thom di Thailand, mambog di Filipina dan biak- biak atau ketum di Malaysia (Ningrum, Christina, Putri, & Simamora, 2021). Kratom (*M. speciosa* Korth.) merupakan pohon tropis yang termasuk dalam suku *Rubiaceae* atau keluarga kopi. Ahli botani Belanda Pieter Willem Korthals menamai genus pada

tanaman kratom yaitu *Mitragyna* karena daun tanaman dan stigma bunga tanaman kratom menyerupai mitra uskup (Warner, Kaufman, & Grundmann, 2015).

Pohon Kratom dapat tumbuh hingga ketinggian normal 4–9 m dan lebar 5 m. Tanaman tertentu bahkan bisa mencapai ketinggian hingga 15–30 m. Batangannya tegak dan bercabang. Daun berwarna hijau gelap mengkilap, tumbuh dengan panjang lebih dari 18 cm dan lebar 10 cm dengan bentuk oval dan ujung meruncing. Bunga-bunga kuning tua tumbuh dalam bentuk gugus bola melekat pada bagian atas daun pada batang panjang. Daun gugur berlimpah pada musim kemarau dan pertumbuhan baru dihasilkan selama musim hujan. Pohon ini tumbuh terbaik pada lahan basah atau lembab, tanah yang subur, dengan media paparan sinar matahari penuh di daerah yang terlindung dari angin kencang (Elsa, Yuwono, & Prawita, 2016).

Kedudukan tanaman kratom berdasarkan hasil determinasi yang telah dilakukan diklasifikasikan sebagai berikut (Wahyono *et al.*, 2019):

Dunia : *Plantae*

Filum : *Tracheophyta*

Kelas : *Magnoliopsida (dicots)*

Bangsa : *Gentianales*

Famili : *Rubiaceae*

Genus : *Mitragyna*

Spesies : *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil

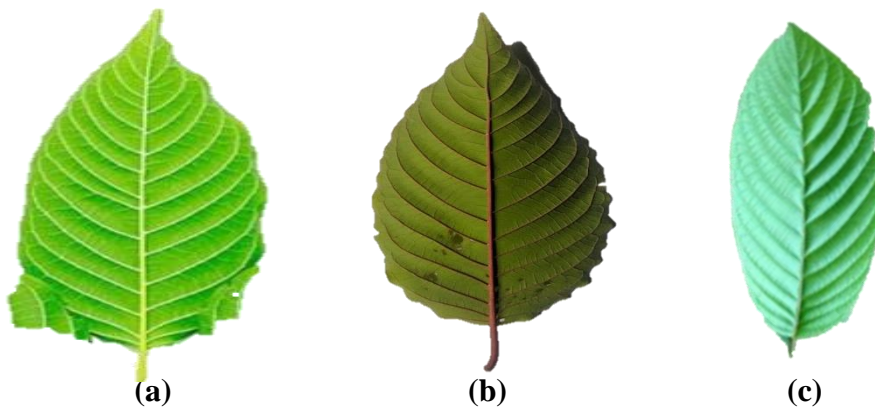


Gambar 2.2 Daun Kratom (1); Serbuk daun kratom (2)

(sumber: dokumentasi pribadi)

Kratom berdasarkan warna vena atau urat daunnya dibedakan menjadi 3 yaitu (Veltri & Grundmann, 2019):

- a. Kratom merah, kratom yang memiliki vena atau urat daun yang berwarna merah.
- b. Kratom hijau, kratom yang memiliki vena atau urat daun yang berwarna hijau.
- c. Kratom putih, kratom yang memiliki vena atau urat yang berwarna putih.



Gambar 2.3 Daun Kratom (a) Vena Putih; (b) Vena merah; (c) Vena hijau

(sumber : dokumentasi pribadi dan Double-n-kratom pontianak.bussiness.site)

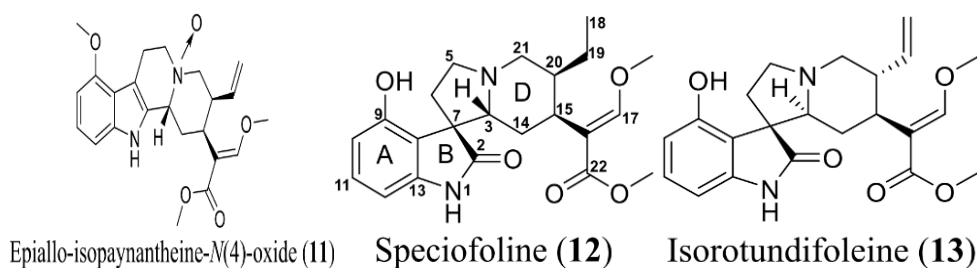
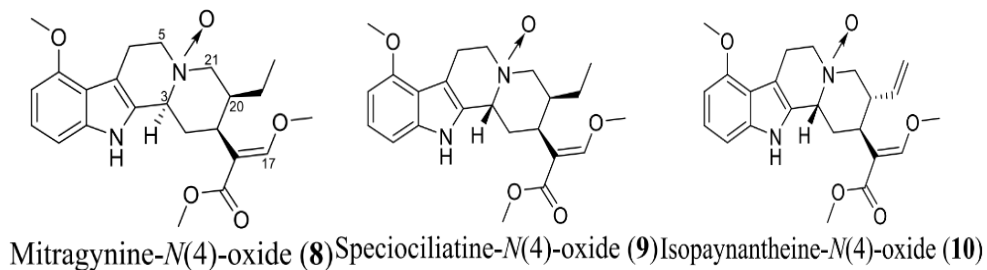
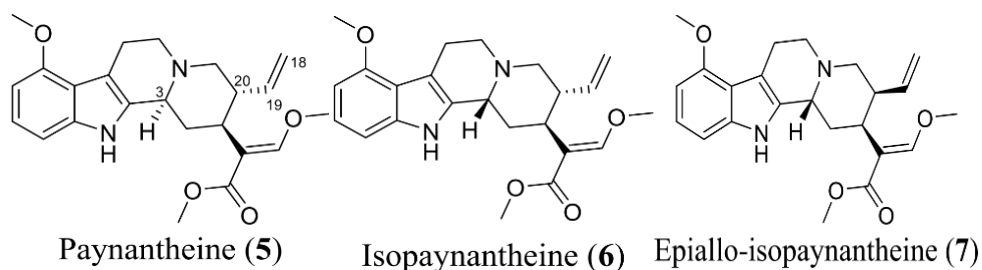
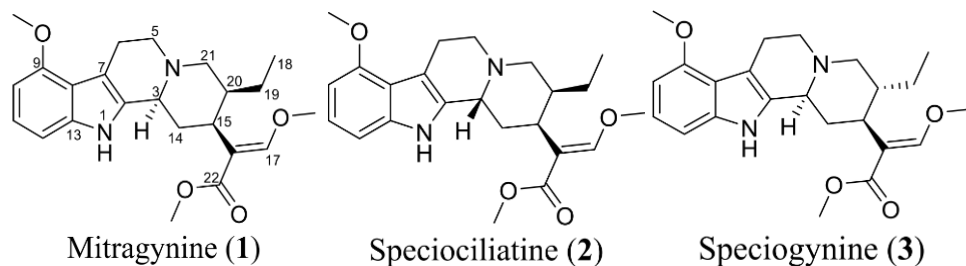
Perbedaan efek farmakologi dari ketiga varian ini belum banyak dibahas dalam literatur. Berdasarkan penelitian Warner *et al* (2016), varian vena merah cenderung menjadi pereda nyeri yang kuat, varian vena putih cenderung menambah daya tahan tubuh dan varian hijau cenderung meningkatkan rasa gembira (Warner *et al*, 2016).

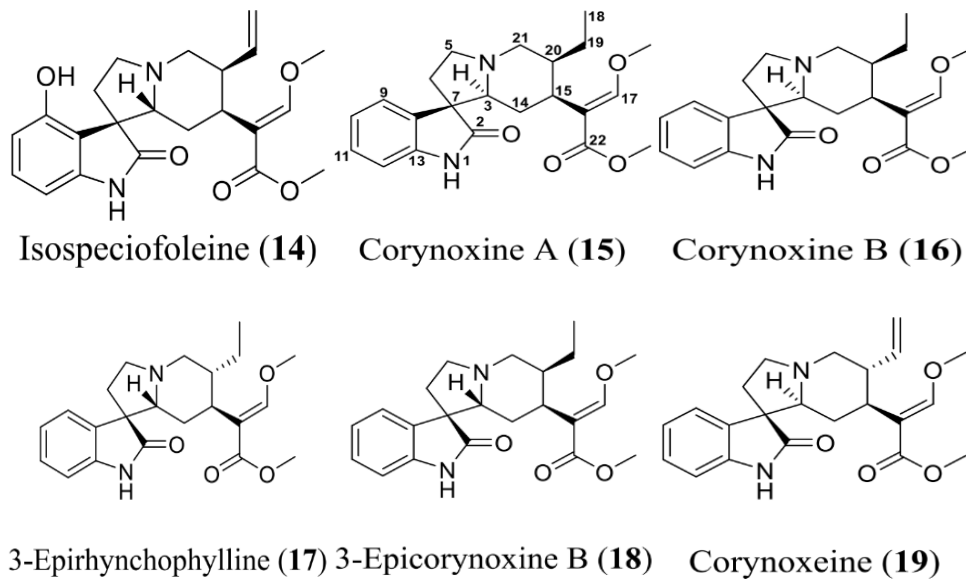
2. Kandungan Kimia Tanaman Kratom

Berdasarkan beberapa hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kratom memiliki 57 senyawa, 40 diantaranya termasuk golongan senyawa alkaloid (Meireles dkk., 2019). Senyawa metabolit sekunder lain yang cukup dominan, diantaranya golongan triterpenoid, flavonoid, steroid, saponin, monoterpene dan sekoiriodoid. Jenis alkaloid yang berhasil diisolasi umumnya termasuk tipe indol dan oksindol alkaloid. Senyawa mitraginin dan 7-hidroksimitraginin merupakan dua senyawa indol alkaloid utama yang dapat ditemukan dalam kratom, khususnya bagian daun. Mitraginin menyusun sekitar 66% sedangkan 7-hidroksimitraginin sebesar 2% dari total alkaloid (Wahyono *et al.*, 2019).

Senyawa alkaloid yang telah berhasil diisolasi dan dikarakterisasi dianggap sebagai senyawa utama yang berperan aktif pada tumbuhan kratom. Terdapat 19 alkaloid yang berhasil diisolasi dan dikarakterisasi. Alkaloid tersebut sebagian besar merupakan alkaloid indol dan alkaloid oksiindol serta beberapa senyawa saling berdiastreomer. Senyawa yang termasuk alkaloid indole yaitu (1) *mitragynine*, (2) *speciociliatine*, (3) *speciogynine*, (5) *paynantheine*, (6) *isopaynantheine*, (7) *epiallo-isopaynantheine*, (8) *mitragynine-N(4)-oxide*, (9) *speciociliatine-N(4)-oksida*, (10) *isopaynantheine-N(4)-oksida*, (11) *epiallo-isopaynantheine-N(4)-*

oksida, yang termasuk alkaloid oxindole yaitu (12) *speciofoline* (13) *isorotundifoleine*, (14) *isospesiofolein*, (15) *corynoxine A*, (16) *corynoxine B*, (17) *3-epirhynchophylline*, (18) *3-epicorynoxine B*, (19) *corynoxine* (Philipp, Wissenbach, Weber, Zapp, & Maurer, 2011); (Flores-Bocanegra *et al.*, 2020)





Gambar 2.4 Senyawa Alkaloid pada daun kratom

(sumber: Flores-Bocanegra *et al.*, 2020)

3. Efek Farmakologi Tanaman Kratom

Kratom dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai obat tradisional untuk mengatasi diare, lelah, nyeri otot, batuk, meningkatkan daya tahan tubuh, menurunkan tekanan darah tinggi, menambah energi, mengatasi depresi, antidiabetes, dan sebagai stimulan seksual (Cinosi *et al.*, 2015).

Aktivitas farmakologi kratom berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini.

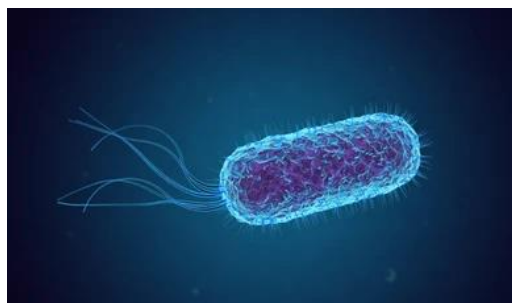
Tabel 2.1*Efek Farmakologi Tanaman kratom*

Efek Farmakologi	Sampel	Sumber
Analgesik	Ekstrak kratom	(Carpenter <i>et al.</i> , 2016; Reanmongkol, W. Keawpradub, N & sawangjaroen, 2007; Shaik Mossadeq <i>et al.</i> , 2009)
	<i>Mitragynine</i>	(Shamima, Fakurazi, & Hidayat, 2012)
Sedatif	Ekstrak kratom	(Anna Hidayati, 2013; Novindriani, Wijianto, & Andrie, 2013; Ridayani, Andrie, & Wijianto, 2013)
Obligator	Ekstrak kratom	(Azizi <i>et al.</i> , 2010)
Antioksidan	Ekstrak kratom	(Haryoto & Frista, 2019; Setyawati, 2020)
Antimikroba	Ekstrak kratom	(Parthasarathy <i>et al.</i> , 2009; Suhaimi, Puspasari, & Apriani, 2019)
Antiinflamasi	Ekstrak kratom	(Shaik Mossadeq <i>et al.</i> , 2009)
Antikanker	Ekstrak kratom	(Ikhwan, Harlia, & Widiyantoro, 2018)
Antinosisetif	Ekstrak kratom	(Carpenter <i>et al.</i> , 2016; Kumarnsit, Keawpradub, & Nuankaew, 2006; Nugraha, Robiyanto, & Luliana, 2018; Sabetghadam, Ramanathan, & Mansor, 2010)
	<i>Mitragynine</i>	(Sri Luliana, 2018)
	7-HMG	(Matsumoto, 2004)
Psikoaktif, Penawar putus obat	Ekstrak kratom	(E. Adkins, W. Boyer, & R. McCurdy, 2011; Singh <i>et al.</i> , 2020; Vicknasingam, Narayanan, Beng, & Mansor, 2010)
Antiobesitas	Ekstrak kratom	(Parthasarathy <i>et al.</i> , 2013)
Analgesik/antinosisetif	Fraksi diklorometana Daun Kratom	(Luliana & Islamy, 2018)
Efek sitotoksik	Fraksi etil asetat	(Ikhwan <i>et al.</i> , 2018)

B. Mikroorganisme

Mikroba (disebut juga mikroorganisme, mikrobia, maupun jasad renik) bukan nama dari suatu kelompok organisme seperti hewan dan tumbuhan, melainkan suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan suatu organisme yang mempunyai ukuran yang sangat kecil, sehingga tidak dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa menggunakan mikroskop. Secara umum, mikroba merupakan organisme yang sangat sederhana. Umumnya bakteri, protozoa, dan beberapa alga serta fungi mikroskopik merupakan mikroba bersel tunggal. Bahkan mikroba yang multiseluler pun tidak memiliki ukuran sel yang besar (Hafsan, 2011). Udara bukan merupakan medium tempat mikroba tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat seperti debu tetesan air yang semuanya sangat mungkin dimuati mikroba. Kualitas udara dalam ruang selain dipengaruhi oleh keberadaan agen abiotik juga dipengaruhi oleh agen biotik seperti partikel debu, dan mikroorganisme termasuk di dalamnya bakteri, jamur, virus dan lain-lain. Mikroba tidak dapat hidup di udara dikarenakan udara tidak mengandung komponen nutrisi yang penting untuk bakteri (Trisno, PG Tonon, & Suarjana, 2019).

1. *Escherichia coli*



Gambar 2.5 Bakteri *Escherichia coli*

(sumber: <https://www.shutterstock.com/search/e.+coli>)

Escherichia coli adalah bakteri yang berbentuk batang pendek dengan panjang 2 im, lebar 0,4-0,7 im dan diameter 0,7 im. *E. coli* termasuk dalam bakteri yang bersifat aerob fakultatif dan salah satu jenis bakteri gram negatif. *E. coli* hidup secara berkoloni dengan membentuk koloni yang bundar, cembung dan halus dengan tepi yang nyata. *E. coli* memiliki sel yang berbentuk tunggal, berpasangan dan dalam rantau pendek dan tidak terdapat kapsul. Sel bakteri ini biasa bergerak dengan menggunakan flagella petrichous. *E. coli* dapat memproduksi berbagai macam fimbria atau pili yang berbeda, memiliki banyak spesifikasi dan struktur antigen, seperti filamentus, proteinaceus, seperti rambut appendages yang terdapat disekeliling sel. Fimbria merupakan serangkaian hidrofobik dan memiliki pengaruh panas atau organ spesifik yang bersifat adhesi. Hal itu merupakan salah satu faktor yang penting dalam virulensi (Sartika, 2018).

Bakteri *E. coli* dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Sartika, 2018).

Kingdom : *Bacteria*

Filum : *Proteobacteria*

Kelas : *Gamma Proteobacteria*

Ordo : *Enterobacteriales*

Famili : *Enterobacteriaceae*

Genus : *Escherichia*

Spesies : *Escherichia coli*

E. coli merupakan flora normal usus yang berperan penting dalam sintesis vitamin K, konversi pigmen-pigmen empedi, asam-asam empedu, serta dalam penyerapan zat-zat makanan. *E. coli* termasuk salah satu bakteri heterotrof yaitu

dapat memperoleh makan berupa zat organik yang berasal dari lingkungan sekitarnya, hal ini dikarenakan bakteri *E. coli* tidak dapat menyusun sendiri zat organik yang dibutuhkannya. Zat organik yang diperoleh berasal dari sisa organisme lain, dengan menguraikan zat organik pada makanan menjadi zat anorganik, seperti hal CO_2 , H_2O , energi dan mineral. *E. coli* memiliki metabolisme dengan cara fermentasi dan respirasi, namun pertumbuhan bakteri *E. coli* dapat dikatakan paling sedikit yaitu pertumbuhan banyak di bawah keadaan anaerob. Pertumbuhan bakteri *E. coli* optimal pada suhu $37\text{ }^\circ\text{C}$ pada media yang memiliki kandungan pepton sebesar 1% yang digunakan sebagai sumber karbon dan nitrogen. *E. coli* dapat memfermentasi laktosa dan memproduksi Indol yang berfungsi untuk mengidentifikasi bakteri yang terdapat atau yang mengkontaminasi makanan dan air. *E. coli* dapat bertahan hidup hingga suhu $60\text{ }^\circ\text{C}$ dalam waktu 15 menit atau pada suhu $55\text{ }^\circ\text{C}$ dalam waktu 60 menit (Sartika, 2018).

E. coli dapat menjadi bakteri patogen apabila berada di luar saluran pencernaan. Bakteri *E. coli* merupakan jasad indikator dalam substrat air dan bahan makanan, yang mampu memfermentasikan laktosa pada temperatur $37\text{ }^\circ\text{C}$ dengan membentuk asam dan gas mereduksi nitrat menjadi nitrit bersifat katalase positif dan oksidasi negatif. Bakteri ini berpotensi patogen karena pada keadaan tertentu dapat menyebabkan diare (Sartika, 2018).

E. coli dapat menginfeksi tubuh dengan mekanisme sebagai berikut (Sartika, 2018).

- a. *E. coli* dapat memproduksi enterotoksik yang disebut dengan *E. coli* enterotoksin. Hal tersebut disebabkan bakteri tersebut memproduksi toksin

yang berbeda. Toksin tersebut adalah toksin tahan panas (ST) dan toksin yang labil terhadap panas (LT). Toksin yang labil terhadap panas dapat meningkatkan aktivitas enzim adenil siklase dalam sel mukosa usus halus dan merangsang sekresi cairan.

- b. *E. coli* yang dapat menginvasi langsung lapisan epitelium dinding usus dan secara cepat menyebabkan diare. Invasi pada lapisan epitelium dinding usus dapat terjadi akibat adanya pengaruh oleh racun lipopolisakarida dinding sel atau endotoksin.

Selain mekanisme di atas, *E. coli* dapat menjadi patogenesis dan dapat menyebabkan diare. Pathogenesis tersebut diantaranya adalah (Sartika, 2018):

- a. EPEC (Enteropatogenik *E. coli*), patogen jenis ini dapat menyebabkan penyakit perut, dan melekat pada sel mukosa usus kecil.
- b. ETEC (Enterotoksigenik *E. coli*), diare yang disebabkan oleh patogen jenis ini seperti diare yang disebabkan oleh *vibrio cholera*. Patogen jenis ini terdapat pada sel epitel usus kecil.
- c. EIEC (Enteroinvasif *E. coli*), patogen jenis ini dapat menimbulkan demam, buang air besar dengan lendir dan berdarah. EIEC dapat menginfeksi dengan melakukan invasi ke sel mukosa usus.
- d. EHEC (Enterohemoragik *E. coli*), toksin yang dikeluarkan dari patogen jenis ini dapat menyebabkan sindroma hemolitik uremik, penyakit ini dapat dikatakan sudah merupakan diare akut bagi penderita.

Escherichia coli serotipe O157:H7 yang menyebabkan *diseases E. coli* adalah mikroflora intestinal yang normal dan sehat pada kebanyakan hewan berdarah

panas termasuk manusia, namun beberapa strain dapat menyebabkan *verocytogenic chronic* dan dengan potensi penyakit yang fatal, berhubungan dengan kemampuannya memproduksi satu atau lebih toksin terkenal seperti Verotoksin atau Shiga (Elnawawi, Attala, & Saleh, 2012).

2. *Salmonella sp.*



Gambar 2.6 Bakteri *Salmonella sp.*

(sumber: <https://www.shutterstock.com/search/salmonella>)

Salmonella sp. merupakan bakteri batang gram negatif. Karena habitat aslinya yang berada di dalam usus manusia maupun binatang bakteri ini dikelompokkan ke dalam *enterobacteriaceae*. *Salmonella sp.* adalah bakteri batang yang tidak membentuk spora, biasanya motil dengan flagella peritriosis. *Salmonella sp.* bersifat anaerob fakulatif yang secara biokimia dikarakterisasi dengan kemampuan memfermentasi glukosa yang memproduksi asam dan gas, dan tidak mampu menyerang laktosa dan sukrosa temperatur pertumbuhan optimum 38 °C. *Salmonella sp.* dapat tumbuh pada aktivitas air yang rendah yang responnya tergantung pada strain dan jenis pangan. *Salmonella sp.* aktif bertumbuh pada kisaran pH 3,6 - 9,5 dan optimal pada nilai pH mendekati normal (Sartika, 2018).

Taksonomi dari *Salmonella sp.* adalah sebagai berikut (Sartika, 2018).

Kingdom : *Bacteria*

Phylum : *Proteobacteria*

Class : *Gamma Proteobacteria*

Ordo : *Enterobacteriales*

Family : *Enterobacteriaceae*

Genus : *Salmonella*

Spesies : *Salmonella sp.*

Salmonella sp. tahan hidup dalam air yang dibekukan dalam waktu yang lama, bakteri ini resisten terhadap bahan kimia tertentu (misalnya hijau brilliant, *sodium tetrathionate*, *sodium deoxycholate*) yang menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain, tetapi senyawa tersebut berguna untuk ditambahkan pada media isolasi *Salmonella sp.* pada sampel feses. Klasifikasi *Salmonella sp.* sangat kompleks, biasanya diklasifikasikan menurut dasar reaksi biokimia, serotipe yang diidentifikasi menurut struktur antigen O, H dan Vi yang spesifik. Menurut reaksi biokimianya, *Salmonella sp.* dapat diklasifikasikan menjadi tiga spesies yaitu *S. typhi*, *S. enteritidis*, *S. choleraesuis* disebut bagan kauffman-white. Berdasarkan serotipenya diklasifikasikan menjadi empat serotipe yaitu *S. paratyphi* A (Serotipe group A), *S. paratyphi* B (Serotipe group B), *S. paratyphi* C (Serotipe group C), dan *S. typhi* (Serotipe group D) (Sartika, 2018).

Salmonella sp. yang terbawa melalui makanan atau benda lainnya yang masuk memasuki saluran cerna, di lambung, bakteri ini akan dimusnahkan oleh asam lambung, namun yang lolos akan masuk ke usus halus. Bakteri ini akan

melakukan penetrasi pada mukosa baik usus halus maupun usus besar dan tinggal secara intraseluler dimana mereka akan berporiferasi. Ketika bakteri ini mencapai epitel dan IgA tidak bisa menanganinya maka akan terjadi degenerasi brush border. Kemudian, di dalam sel bakteri akan dikelilingi oleh *inverted cytoplasmic membrane* mirip dengan vakuola fagositik. Setelah melewati epitel, bakteri akan memasuki lamina propria. Bakteri dapat juga melakukan penetrasi melalui *intraceluler junction* dapat dimungkinkan munculnya ulserasi pada folikel limfoid. *S.typhi* dapat menginvasi sel M dan sel enterosit tanpa adanya predileksi terhadap tipe sel tertentu (Sartika, 2018).

Salmonella adalah penyebab utama dari penyakit yang disebarkan melalui makanan (*food born disease*). Pada umumnya, serotipe *Salmonella* menyebabkan penyakit pada organ pencernaan. Penyakit yang disebabkan oleh *Salmonella* disebut Salmonellosis. Salmonellosis adalah istilah yang menunjukkan adanya infeksi bakteri oleh bakteri *Salmonella sp.* Ciri-ciri orang yang mengalami *salmonellosis* adalah diare, mual muntah, kram perut dan demam pada waktu 8-72 jam setelah memakan makanan yang terkontaminasi oleh *Salmonella* (Martanda, 2019).

3. Fungi



Gambar 2.7 Bakteri jamur *Aspergillus flavus*

(sumber: <https://www.istockphoto.com/id/foto/jamur-aspergillus-flavus-memproduksi-aflatoxin-b1-gm1086862360-291596633>)

Jamur adalah mikroorganisme eukariot heterotrof, tidak dapat melakukan fotosintesis yang berkembang biak dengan spora yang khas. Jamur dapat juga berkembang biak dengan aseksual maupun seksual. Beberapa jamur merupakan organisme yang uniseluler, tetapi kebanyakan jamur membentuk filamen yang merupakan sel vegetatif yang dikenal dengan sebutan miselium. Miselium adalah kumpulan hifa atau filamen yang menyerupai tube. Fungi juga dapat dideskripsikan sebagai organisme yang tidak berklorofil, bersifat parasitis dan saporifitik, bersel tunggal atau banyak merupakan struktur vegetatif yang berupa filamen yang dilindungi oleh dinding sel yang tersusun dari zat kitin atau polisakarida (Subandi, 2014).

a. Khamir (*Yeast*; Ragi)

Khamir adalah bentuk sel tunggal dengan pembelahan secara pertunasan. Khamir mempunyai sel yang lebih besar daripada kebanyakan bakteri, tetapi

khamir yang paling kecil tidak sebesar bakteri yang terbesar. Khamir sangat beragam ukurannya berkisar antara 1 - 5 μm lebarnya dan panjangnya dari 5 - 30 μm atau lebih. Biasanya berbentuk oval, Tetapi beberapa ada yang memanjang atau berbentuk bola. Setiap spesies mempunyai bentuk yang khas, namun sekalipun dalam biakan murni terdapat variasi yang luas dalam hal ukuran dan bentuk. Sel-sel individu, bergantung pada umur dan lingkungannya. Khamir tidak dilengkapi flagellum atau organ-organ penggerak lainnya (Ramadhan, 2015). Khamir memiliki struktur eukariot yang khas. Khamir juga memiliki dinding sel polisakarida yang tebal (Subandi, 2014).

Pada khamir biasanya terjadi reproduksi aseksual dengan proses yang disebut bertunas. Tunas dibentuk pada permukaan luar dari sel induk karena pembelahan inti. Satu inti bermigrasi ke tunas yang memanjang. Bahan dinding sel terbentuk diantara tunas dan sel induk dan tunas memisahkan diri. Beberapa ragi seperti *Candida albicans* menghasilkan sekelompok spora reproduktif aseksual yang disebut blastospora dan spora pertahanan hidup yang berdinding tebal yang disebut chlamydospora. Khamir juga dapat bereproduksi secara dengan spora seksual yang disebut dengan ascospora yang dihasilkan dari fusi inti dari dua inti diikuti dengan meiosis. Reproduksi seksual lebih jarang daripada reproduksi aseksual tetapi penting bagi rekombinasi genetik (Subandi, 2014).

Khamir berperan misalnya dalam proses pembuatan roti, bir, destilasi alkohol dan anggur atau wine. Seperti halnya kapang khamir juga ada yang dapat menimbulkan kerusakan pada kayu dan kain serta dapat menyebabkan penyakit tanaman (Subandi, 2014).

b. Kapang (*Mold*)

Tubuh atau talus suatu kapang pada dasarnya terdiri dari dua bagian yaitu miselium dan spora (sel resisten, istirahat atau Dorman). Miselium merupakan kumpulan beberapa filamen yang dinamakan hifa. Setiap hifa lebarnya 5 - 10 μm , dibanding dengan sel bakteri yang biasanya berdiameter 1 μm . Di sepanjang setiap hifa terdapat sitoplasma yang bersama(Ramadhan, 2015).

Ada tiga macam morfologi hifa adalah sebagai berikut (Ramadhan, 2015):

- 1) Aseptat atau sinosit, hifa seperti ini tidak mempunyai dinding sekat atau septum.
- 2) Septat dengan sel-sel uninukleat, sekat membagi hifa menjadi ruang-ruang atau sel-sel berisi nukleus tunggal. Pada setiap septum terdapat pori di tengah-tengah yang memungkinkan perpindahan nukleus dan sitoplasma dari satu ruang ke ruang yang lain. Setiap ruang suatu hifa yang bersekat tidak terbatas oleh suatu membran sebagaimana halnya pada sel yang khas, setiap ruang itu biasanya dinamakan sel.
- 3) Septat dengan sel-sel multinukleat, septum membagi hifa menjadi sel-sel dengan lebih dari satu nukleus dalam setiap ruang.

Kapang bereproduksi terutama melalui spora reproduktif aseksual yang meliputi bagian-bagian berikut ini.

- 1) Konidiospora, spora yang muncul eksternal pada hifa aerial yang disebut konidiofor, contoh pada *Penicillium* dan *Aspergillus*.
- 2) Sporangiospora, spora yang muncul dari semacam kantung atau sporangium pada hifa aerial yang disebut sporangiofor, contoh pada *Rhizopus*.
- 3) Arthospora, spora yang dihasilkan oleh fermentasi dari hifa vegetatif.

Kapang juga bereproduksi secara aseksual dengan spora seksual seperti ascospora dan zygospora, tetapi ini jarang. Miselium dapat vegetatif (somatik) atau reproduktif. Beberapa hifa dan miselium somatik menembus ke dalam medium untuk mendapatkan zat makanan. Miselium reproduksi bertanggung jawab untuk pembentukan spora dan biasanya tumbuh meluas ke udara dari medium. Suatu kapang dapat merupakan jaringan yang terjalin lepas atau dapat merupakan struktur padat terorganisasi seperti pada jamur (Ramadhan, 2015).

Beberapa kapang mempunyai peranan di dalam industri, misalnya kapang penghasil antibiotik dan berperan pula di dalam menambah kesuburan tanah, misalnya cendawan yang berasosiasi dengan akar tumbuhan akar tanaman (mikoriza). Meskipun demikian ada pula yang merusak kayu atau menyebabkan penyakit tanaman. Contoh terkenal yang sering terdapat sebagai kontaminan pada biakan bakteri adalah *Rhizopus* dan *Mucor*. Perkembangan dan pertumbuhan jamur yang ideal umumnya memerlukan kelembaban yang cukup tinggi. Perkembangan hifa memerlukan kelembaban sekitar 60 - 65%. Sedangkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh buah diperlukan kelembaban yang lebih tinggi sekitar 80-95% (Ramadhan, 2015).

C. Sterilisasi

Keberhasilan mempelajari perikehidupan mikroorganisme dan bekerja dalam bidang mikroorganisme bergantung pada kondisi keberhasilan medium dan alat serta kemurnian jenis mikroorganisme yang dipelihara. Untuk menjamin kondisi demikian perlu dilakukan pembersihan atau sterilisasi alat, medium dan prosedur kerja atau teknik penanganan mikroorganisme. Sterilisasi adalah proses yang

menyebabkan bahan medium atau alat terbebas dari semua bentuk kehidupan. Pengendalian kehidupan mikroorganisme sangat penting dalam kegiatan rumah tangga, industri, dan lapangan medis untuk mencegah dan memperlakukan mikroorganisme terutama mikroorganisme penyebab penyakit. Tindakan sterilisasi juga dilakukan untuk mencegah kerusakan bahan makanan dan hasil-hasil industri. Cara yang biasa dalam mengendalikan mikroorganisme meliputi tindakan fisik dan kimiawi yang dapat mematikan fungsi dan merusak struktur mikroorganisme (Subandi, 2014).

Zat kimiawi dan tindakan fisik tersebut menghasilkan efek mikrobisida dan efek mikrobistatik. Efek mikrobisida adalah efek yang menyebabkan matinya mikroorganisme secara langsung. Sedangkan, efek mikrobistatik adalah efek yang mencegah atau menghambat kemampuan mikroorganisme untuk bereproduksi sehingga populasi mikroorganisme menjadi konstan. Metode kimia untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme meliputi; antiseptik adalah bahan kimia yang digunakan terhadap jaringan hidup sehingga mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Desinfektan adalah bahan kimia yang dapat mencegah pertumbuhan organisme yang aktif (bentuk fase vegetatif) pada bahan atau alat yang tidak hidup. Bahan kemoterapeutik adalah bahan kimia yang dapat menghancurkan atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme pada jaringan hidup. Zat kimia yang dipakai diantaranya etilen oksida (untuk sterilisasi alat-alat dari plastik dan pipet); Beta-propiolakton (untuk jaringan yang hidup). Metode fisik untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme meliputi hal-hal sebagai berikut ini (Subandi, 2014).

1. Perlakuan temperatur tinggi
 - a. Cara kering (udara panas), yaitu dengan penggunaan gas dan over listrik pada suhu 160 - 180 °C selama 1,5 - 3 jam digunakan untuk mensterilisasi wadah atau tabung gelas kosong, pipet dan sebagainya.
 - b. Cara basah (panas basah), yaitu dengan uap air dengan tekanan tinggi (autoklaf) mencapai suhu di atas 100 °C untuk menetralkan medium kultur, jarum suntik, larutan yang termostabil dan lain-lain. Uap air mengalir (air mendidih, sterilisasi intermiten) suhu 100 °C untuk mensterilisasi larutan termolabil seperti susu, gula dan lain-lain; dan pasteurisasi.
2. perlakuan temperatur rendah.
 - a. Pendinginan.
 - b. Leofilisasi.
3. Radiasi.
 - a. Radiasi ion (sinar X; sinar Gamma).
 - b. Thymine dimerisasi (sinar ultraviolet).
4. tekanan osmotik.
 - a. Hipertonisitas (meningkatkan konsentrasi gula dan garam).
 - b. Hipotonisitas (meningkatkan konsentrasi air).
5. Pengeringan atau desikasi (mengeluarkan air sel).
6. Vibrasi Sonik (gelombang suara frekuensi tinggi).
7. Penyaring/filtrasi, *Millipore-cellulose acetat disc*, *Seitz-asbestos pad*, *Berkefeld-diatomaceous earth*, *candle filter*, *sintered glass*, (Memisahkan

organisme atau partikel dari larutan yang termolabil menggunakan saringan mikroorganisme).

D. Media Kultur

Media kultur diperlukan untuk memperbanyak sel atau pembuatan inokulum. Medium ini harus mengandung nutrisi yang dibutuhkan agar pertumbuhan mikroorganisme yang ditanam tumbuh dengan optimal. Oleh sebab itu pengetahuan tentang komposisi dan cara penyusunan medium perlu dipahami dengan baik. Robert Koch merupakan peneliti yang pertama menggunakan media kultur dalam bentuk padat. Media yang pertama kali digunakan adalah irisan kentang. Kendala yang dihadapi adalah tidak semua bakteri dapat tumbuh pada irisan kentang tersebut dan yang tumbuh lebih didominasi oleh jamur. Setelah beberapa percobaan akhirnya ditemukan penggunaan agar (Hidayat, Meitiniarti, & Yuliana, 2018).

Saat ini telah berkembang pesat medium kultur baik yang berbentuk padat ataupun cairan dari berbagai perusahaan penyedia media kultur. Pada dasarnya media kultur dibagi menjadi kelas yaitu media sintetik dan media kompleks. Media sintetik adalah media yang dibuat untuk menambahkan jumlah bahan organik ataupun anorganik dengan jumlah yang diketahui secara pasti pada akuades. Media ini memiliki komposisi yang dapat diketahui secara pasti baik dalam jenis maupun jumlahnya. Media sintetik adalah media yang komponen utamanya mengandung berbagai bahan yang tidak diketahui secara pasti. Dalam penyusunan medium sintetik seringkali digunakan nutrisi dasar yang disebut medium dasar. Medium dasar tersusun dari berbagai komponen mineral yang dibutuhkan mikroorganisme namun tanpa sumber karbon. Sumber karbon akan ditambahkan sesuai dengan

mikroorganisme yang akan ditumbuhkan. Saat ini medium dasar jarang dibuat menjadi sediaan laboratorium karena kebutuhan nutrisi tiap mikroorganisme menjadi semakin spesifik, sehingga medium sintetik lebih dibuat spesifik untuk tiap spesies mikroorganisme (Hidayat *et al.*, 2018).

1. *Buffered Peptone Water (BPW)*

Buffered Peptone Water adalah media pra-pengkayaan yang digunakan untuk meningkatkan pemulihan sel-sel spesies *Salmonella* yang terluka selama proses pengolahan makanan. Media mengandung *peptone protease* (10,0 gram) sebagai sumber karbon, nitrogen, vitamin dan mineral serta *Natrium Chlorida* (5,0 gram) mempertahankan keseimbangan osmotik, *Disodium Fosfat anhidrat* (3,5 gram), *Monopotassium Fosfat* (1,5 gram) yang berfungsi sebagai penyangga medium. pH akhir pada suhu 25°C adalah $7,2 \pm 0,2$ (Sutaryana, 2017).

2. *Muller Kaufmann Tetrathionate Novobiocin Broth (MKTTn)*

Media yang digunakan untuk uji pengkayaan terhadap uji *Salmonella*, mengandung bahan selektif yang memungkinkan proliferasi *Salmonella* dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme *non-Salmonella*. Komposisi dari media ini terdiri dari peptikum digest jaringan hewan (4,3), kasein enzimatis hidrolisat (8,6), ekstrak empedu sapi (4,75), natrium klorida (2,6), Kalsium karbonat (38,7), *Sodium tiosulfat pentahidrat* (47,8), *brilliant green* (0,0095), pH akhir pada suhu 25 °C adalah $8,2 \pm 0,2$. Pada media ini, ekstrak empedu sapi dan *brilliant green* berperan sebagai agen selektif untuk menekan bakteri pertumbuhan bakteri gram positif dan mikroorganisme gram negatif lainnya. Peptikum digest

jaringan hewan dan Kasein enzimatis hidrolisat berfungsi sebagai sumber karbon, nitrogen, vitamin dan mineral. Kalsium karbonat sebagai buffer (penyangga). NaCl mempertahankan keseimbangan osmotik. Natrium tiosulfat merupakan sumber sulfur (Sutaryana, 2017).

3. *Rappaport Vassiliadis Medium + Soya (RVS)*

Merupakan media pengayaan selektif untuk mengisolasi *Salmonella* dari spesimen dan lingkungan. Media ini merupakan modifikasi dari media *Rappaport vassiliadis* (RV) *enrichment broth* yang dijelaskan sebelumnya oleh Van Schothorst dan Renauld yang mana penambahan kalium di-potasium untuk penyangga medium sehingga pH dipertahankan selama penyimpanan media yang telah disiapkan. Dalam media ini, magnesium klorida dan natrium klorida berfungsi mempertahankan tekanan osmotik. *Soya peptone* memberikan nutrisi bagi pertumbuhan *Salmonella*. Untuk mencapai pemulihan optimum biakan bakteri, dianjurkan agar diinkubasikan pada suhu 42 ± 1 °C. Komposisi *Soya peptone* (4,5), Natrium klorida (8,0), *Di-potassium fosfat* (0,4), Kalium dihidrogen fosfat (0,6), *Magnesium chloride hexahydrate* (29,0), *Malachite green* (0,036), pH akhir pada suhu 25 °C $5,2 \pm 0,2$ (Sutaryana, 2017).

4. *Brilliant Green Agar (BGA)*

Media yang digunakan untuk isolasi selektif *Salmonella*. Komposisi dari media ini terdiri dari *Proteose peptone* (10,0), Ekstrak ragi (3,0), Laktosa (10,0), Sukrosa (10,0), Sodium klorida (5,0), Fenol merah (0,080), *Brilliant green* (0,0125), Agar (20,0), pH akhir (pada suhu 25 °C) $6,9 \pm 0,2$ (Sutaryana, 2017).

5. *Xylose Lysine Deoxycholate (XLD)*

XLD adalah media selektif dan diferensial untuk isolasi patogen enterik gram negatif dari spesimen tinja dan bahan klinis lainnya. Media ini sangat sesuai untuk isolasi *spesies Shigella* dan *Salmonella* pada uji mikrobiologis terhadap makanan, air dan produk susu. kandungan ekstrak ragi sebagai sumber nutrisi dan vitamin, *sodium deoxycholate* sebagai agen selektif yang merupakan penghambat mikroorganisme gram positif. Komposisi dari media ini terdiri dari Laktosa (7,5), Sukrosa (7,5), Sodium tiosulfat (6,8), *Lysine* (5,0), Sodium klorida (5,0), Ekstrak ragi (3,0), *Sodium deoxycholate* (2,5), *Feron ammonium sitrat* (0,8), Fenol merah (0,08), Agar (15,0), pH 7,2 – 7,6 (Sutaryana, 2017).