# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Pepaya (*Carica papaya* L.)

Pepaya (*Carica papaya*Linn) biasa disebut paw-paw dan termasuk dalam famili Caricaceae. Papaya umumnya diketahui sebagai makanan yang mempunyai nilai gizi tinggi di seluruh dunia. Bagian-bagian dari buah pepaya dikenal sebagai tanaman yang bermanfaat sebagai obat tradisional. Selama beberapa dekade terakhir kemajuan yang cukup besar telah dicapai terkait aktivitas biologis dan obatobatan tanaman pepaya. Aplikasi nya pepaya dan sekarang dianggap sebagai tanaman buah nutraceutical yang berharga. Pepaya memiliki sifat obat yang sangat baik untuk pengobatan berbagai penyakit. Bagian yang berbeda dari tanaman

Carica pepaya termasuk daun, biji, getah dan buah diyakini memiliki nilai obat. Batang, daun dan buah pepaya banyak mengandung getah atau lateks. Lateks dari buah pepaya mentah mengandung enzim papain dan chymopapain (Yenny, 2018).

*Carica papaya* Linn merupakan keluarga Caricaceae umumnya dikenal sebagai pepaya di Indonesia dan di Inggris, Papita dalam bahasa Hindi dan Erandakarkati dalam bahasa Sanskerta. Tanaman ini asli tropis Amerika dan diperkenalkan ke India pada abad ke-16. Tanaman ini diakui oleh perusahaan yang lemah dan biasanya batang lunak yang tidak bercabang menghasilkan lateks putih yang berlebihan dan penuh sesak oleh sebuah terminal cluster daun yang besar dan panjang, tumbuh dengan cepat dan bisa tumbuh setinggi 20 m.

Daun pepaya mengandung alkaloid, karpain, enzim papain, vitamin C dan vitamin E (Anindhita, 2016). Daun pepaya juga mengandung senyawa lain seperti saponin, flavonoid dan tanin (Krishna dkk., 2008). Senyawa tersebut merupakan

8

senyawa hasil metabolit sekunder yang banyak dihasilkan oleh tanaman. Senyawa flavonoid berperan sebagai antibiotik dengan mengganggu mikroorganisme seperti fungi. Papain adalah suatu senyawa yang membantu proses pencernaan alami yang efektif memecah protein dan membersihkan saluran pencernaan (Santoso dan Fenita, 2015). Saponin dan tannin merupakan agen defaunasi yang banyak digunakan dalam beberapa penelitian untuk menekan jumlah protozoa. Tanin selain berfungsi sebagai agen defaunasi juga berfungsi memproteksi protein pakan (Wahyuni dkk., 2014). Kandungan kimia yang terdapat dalam ekstrak etanol daun pepaya memiliki aktivitas sebagai antiemetik, antibakteri dan antiinflamasi (Ayola dan Adeyeye, 2010). Daun pepaya digunakan untuk membantu pencernaan dan penyerapan protein pada saluran pencernaan (Santoso dan Fenita, 2015). Penambahan tepung dan ekstrak daun pepaya dengan level 2% dan 4% dengan kandungan saponin 0,012% dan 0,024% meningkatkan nilai produksi gas, KcBK dan KcBO (Khoiriyah dkk., 2016).



**Gambar 2. 1** Tanaman Pepaya

Klasifikasi Daun Pepaya

|  |  |
| --- | --- |
| Kingdom  | : Plantae  |
| Sub Kingdom  | : Tracheobionta  |
| Class  | : Magnoliopsida  |
| Subclass  | : Dilleniidae  |
| Superdivision  | : Spermatophyta  |
| Phylum  | : Streptophyta  |
| Order  | : Brassicales  |
| Family  | : Caricaceae  |
| Genus  | : Carica  |
| Botanical Name  | : *Carica papaya* Linn  |
|  |  |

#### 2.1.1 Morfologi Daun Pepaya

1. Akar (Radix)

Akar adalah bagian pokok yang nomor tiga (di samping batang dan daun) bagi tumbuhan yang tubuhnya telah merupakan kormus. Akar pepaya merupakan akar serabut (radix adventicia), karena akar-akar ini bukan berasal dari calon akar yang asli atau yang disebut dengan akar liar, dan bentuknya seperti serabut. Sistem akar serabut yaitu jika akar lembaga dalam perkembangan selanjutnya mati atau kemudian disusul oleh sejumlah akar yang kurang lebih sama besar dan semuanya keluar dari pangkal batang.

1. Batang (Caulis)

Batang (caulis) merupakan bagian tubuh tumbuhan yang amat penting, dan mengingat tempat serta kedudukan batang bagi tubuh tumbuhan. Bentuk batang pada tanaman pepaya yaitu berbentuk bulat, dengan permukaan batang yang memperlihatkan berkas-berkas daun. Arah tumbuh batang yaitu tegak lurus yaitu jika arahnya lurus ke atas. Permukaan batang tanaman pepaya yaitu licin. Batangnya berongga, biasanya tidak bercanbang, dan tingginya dapat mencapai 10 m.

1. Daun (folium)

Daun merupakan tumbuhan yang paling penting dan umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Daun pepaya merupakan daun tunggal, berukuran besar, dan bercangap, juga mempunyai bagian-bagian daun lengkap (folium completum) berupa pelepah atau upih daun (vagina), tangkai daun (petiolus) dan helaian daun (lamina). Daun pepaya dikatakan mempunyai bangun bulat

(orbicularis), ujung daun yang meruncing, tangkai daun panjang dan berongga. Dilihat dari susunan tulang daunnya, daun pepaya termasuk daun-daun yang bertulang menjari (palminervis). Daun yang muda terbentuk di bagian tengah tanaman.

1. Bunga (flos)

Bunga merupakan bagian-bagian yang secara langsung berguna untuk mempertahankan kehidupan (untuk penyerapan makanan, pengolahan, bahan bahan yang diserap menjadi bahan-bahan yang digunakan oleh tumbuhan untuk keperluan hidupnya: pernafasan, pertumbuhan, dll). Pepaya termasuk golongan tumbuhan poligam (polygamus), karena pada satu tumbuhan terdapat bunga jantan, bunga betina dan bunga sempurna. Biasanya poligam dimaksud untuk menunjukan sifat tumbuhan bertalian dengan sifat bunga tali yang memperlihatkan suatu kombinasi bukan berumah satu dan juga bukan berumah dua. Perbedaan antara Bunga jantan, bunga betina dan bunga sempurna yaitu:

* 1. Bunga Jantan (masculus) Bunga jantan biasanya terdapat pada pohon jantan. Pohon jantan mudah dikenal karena memiliki malai, bunga bercabang banyak yang menggantung dengan bunga-bunga jantan yang lebat. Jenis pohon ini tidak akan menghasilkan buah karena bunganya tidak mempunyai bakal buah. Pohon jantan hanya bermanfaat sebagai penyerbuk pohon betina.
	2. Bunga Betina (feminus) Bunga betina biasanya terdapat pada pohon betina. Pohon betina memiliki inflorensa dengan 3-5 bunga betina yang bertangkai pendek. Bahkan sering hanya dengan sebuah bunga betina yang duduk di ketiak daun. Ukuran bunga nya agar besar. Tanpa adanya pohon jantan atau pohon sempurna, pohon betina ini tidak dapat menghasilkan buah. Bunga sempurna menjamin terjadinya penyerbukan secara sempurna.
	3. Bunga Sempurna (hermaprodit) Bunga sempurna memiliki inflorensia yang terdiri dari beberapa bunga sempurna dan 1-4 bunga jantan. Masing-masing bunga tersebut bertangkai pendek.
	4. Bakal Buah (ovarium) Buah yaitu bagian putik yang membesar, dan biasanya terdapat ditengah-tengah dasar bunga. Pepaya merupakan salah satu bentuk bakal buah berumah satu (unilocularis). Bakal buah berumah satu dapat tersusun atas satu daun buah saja, misalnya pada bunga tumbuhan yang berbuah polong, dapat pula tersusun atas lebih dari pada satu daun buah.
1. Buah (fructus)

Pepaya termasuk dalam golongan buah sungguh (buah sejati) tunggal. Buah sejati tunggal yaitu buah sejati yang terdiri dari bunga dengan satu bakal buah saja.

Buah ini dapat berisi satu biji atau lebih, dapat pula tersusun dari satu atau banyak daun buah dengan satu atau banyak naungan. Dalam buah pepaya terjadi dari beberapa daun buah dengan satu ruang dan banyak biji. Pepaya juga termasuk buah buni (bacca). Yang disebut dengan buah buni adalah buah yang dagingnya mempunyai dua lapisan, ialah lapisan luar yang tipis agak menyengat atau kaku seperti kulit (belulang) dan lapisan dalam yang tebal, lunak dan berair, sering kali dapat dimakan. Biji-biji terdapat bebas dalam bagian yang lunak itu.Buah buni dapat terjadi dari satu atau beberapa ruang. Pepaya termasuk buah buni yang berdinding tebal dan dapat dimakan. Buah pepaya juga bentuknya bulat sampai lonjong

.

1. Biji (semen)

Yang dimaksud dengan biji yaitu penyerbukan yang diikuti dengan pembuahan, bakal buah tumbuh menjadi buah, dan bakal biji tumbuh menjadi biji. Melihat asal jaringan yang menjadi tempat penimbunan zat makanan cadangan biji pepaya termasuk putih lembaga dalam (endosperm). Maksud dari putih lembaga dalam yaitu jika jaringan penimbun makanan itu terdiri atas sel-sel yang berasal dari inti kandung lembaga sekunder yang kemudian setelah dibuahi oleh salah satu inti sperma lalu membelah-belah menjadi jaringan penimbun makanan ini. Melihat Asalnya putih lembaga dalam ini, maka biji dengan bagian ini hanya dapat biji tumbuhan tertutup (angiospermae) (Yenny, 2018).

#### 2.1.2 Kandungan Metabolit Sekunder Daun Pepaya

Daun pepaya *(Carica papaya L.)* mengandung alkaloid papain, papain, pseudopapain, vitamin C dan E, kolin dan xylin. Daun pepaya mengandung glukosinolat yang disebut benzil isothiocyanate. Daun pepaya juga mengandung mineral seperti potasium, kalsium, magnesium, tembaga, besi, zinc dan mangan. Selain itu daun pepaya juga mengandung senyawa alkaloid karpain, karikaksanthin, violaxanthin, papain, saponin, flavonoid dan tannin.

1. Alkaloid

Alkaloid memiliki basa yang mengandung nitrogen yang bereaksi dengan senyawa asam amino penyusun dinding sel bakteri dan DNA bakteri. Reaksi ini menyebabkan perubahan struktur dan perubahan asam amino sehingga menyebabkan perubahan keseimbangan genetik untai DNA, merusaknya dan menyebabkan lisis sel bakteri dan kematian sel bakteri (Mursyida, 2021).

1. Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa polar yang mudah larut dalam pelarut polar seperti etanol, metanol, butanol dan aseton. Mekanisme antibakteri dari flavonoid adalah dengan membentuk senyawa kompleks dengan protein ekstraseluler terlarut, sehingga merusak membran sel bakteri dan melepaskan senyawa antar sel. Selain itu, mekanisme lain yang dimiliki oleh flavonoid adalah menghambat metabolisme energi dengan menghambat pemanfaatan oksigen oleh bakteri dan menghambat pergerakan bakteri (Mursyida, 2021).

1. Triterpenoid

Mekanisme antibakteri triterpenoid adalah bereaksi dengan protein transmembran pada membran luar dinding sel bakteri membentuk ikatan polimer yang kuat. Kerusakan protein transmembrane hal tersebut akan menurunkan permeabilitas membran sel bakteri sehingga mengakibatkan sel bakteri kekurangan nutrisi sehingga mengakibatkan pertumbuhan bakteri terhambat atau mati (Mursyida, 2021).

1. Saponin

Saponin merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai antifungi (Febriani, 2014). Mekanisme kerja saponin sebagai antifungi yaitu dengan menurunkan tegangan permukaan sehingga menyebabkan permeabilitas sel meningkat, sehingga sel menjadi bocor dan senyawa intraseluler yang terdapat dalam sel keluar. Saponin memiliki sifat surfaktan yang bentuknya seperti polar sehingga lemak akan pecah pada membrane sel dan mengakibatkan permeabilitas membrane sel terganggu. Hal tersebut menyebabkan sel jamur pecah dan bengkak karena zat-zat yang diperlukan oleh jamur atau proses difusi pada jamur terganggu (Sari dkk., 2021). Hal ini diperjelas oleh Chatri dkk. (2022), bahwa Saponin dapat berkontribusi sebagai antifungi dengan cara menurunkan tegangan permukaan membrane sterol dari dinding sel jamur sehingga dapat mengakibatkan meningkatnya permeabilitas sel. Sedangkan menurut Khafidhoh dkk., (2015), cara kerja saponin sebagai antifungi yaitu dengan kemampuan molekul-molekul yang kompleks dengan sterol pada membran jamur, sehingga mengakibatkan terbentuknya pori-pori di lipid bilayer yang bisa menghilangkan integritas membrane serta permeabilitas seluler meningkat. Meningkatnya permeabilitas akan mengakibatkan cairan intraseluler yang sangat kental tertarik keluar sel sehingga zat-zat metabolisme, enzyme, protein dan nutrisi dalam sel keluar dan jamur akan menjadi mati (Lim dkk., 2006).

#### 2.1.3 Manfaat Daun Pepaya

Tanaman papaya ini mempunyai banyak sekali manfaat dan kegunaan dan telah digunakan secara tradisional untuk: arthritis dan rematik di Indonesia dan

Haiti; asma dan infeksi pernapasan di Mauritius, Meksiko dan Filipina; kanker di

Australia dan Meksiko; konstipasi dan laksatif di Honduras, Panama dan Trinidad; meningkatkan produksi susu di Indonesia dan Malaysia; tumor (Uterus) di Ghana, Indochina, dan Nigeria; dan sifilis di Afrika (Yenny, 2018).

Manfaat dan penggunaan daun pepaya memiliki beragam manfaat kesehatan dan penggunaan lainnya yang membuatnya populer dalam pengobatan tradisional di banyak budaya. Beberapa manfaat dan penggunaan umum dari daun pepaya

antara Jain:

1. Sifat Anti-inflamasi: Daun pepaya mengandung senyawa fitokimia seperti papain dan karpain yang memiliki sifat anti-inflamasi. Ini membuatnya efektif dalam meredakan peradangan pada kondisi seperti arthritis dan penyakit radang lainnya.
2. Pembersih Alami: Daun pepaya mengandung enzim papain yang dapat membantu membersihkan dan mengelupas sel-sel kulit mati. Ini menjadikannya bahan alami yang populer dalam produk-produk perawatan kulit seperti masker wajah dan eksfoliator.
3. Pemulihan Luka: Sifat penyembuhan luka dari daun pepaya telah diketahui sejak lama. Daun ini digunakan. Untuk mengobati luka, luka bakar, dan sengatan serangga. Papain dalam daun pepaya membantu merangsang pertumbuhan sel-sel baru dan mempercepat proses penyembuhan.
4. Pencernaan dan Detoksifikasi: Daun pepaya juga memiliki manfaat dalam meningkatkan pencernaan dan detoksifikasi tubuh. Enzim papain dalam daun. Pepaya dapat membantu memecah protein dalam makanan, sehingga memperbaiki pencernaan dan mengurangi gejala gangguan pencernaan seperti kembung dan diare.

Selain itu, daun pepaya juga digunakan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi masalah pencernaan seperti konstipasi, infeksi saluran kemih, dan masalah hati. Daun pepaya memiliki sifat diuretik yang dapat membantu mempercepat proses pengeluaran racun dari tubuh dan meningkatkan fungsi hati.

Selain manfaat kesehatan, daun pepaya juga memiliki kegunaan dalam bidang kuliner dan kosmetik. Daun pepaya dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam masakan seperti sayur, sup, dan acar.

Rasanya yang sedikit pahit dan aromanya yang khas memberikan cita rasa unik pada hidangan tersebut.Selain itu, daun pepaya juga digunakan dalam produk perawatan rambut dan kulit sebagai bahan alami untuk mengatasi masalah rambut rontok dan kulit berjerawat dalam beberapa budaya, daun pepaya juga memiliki makna simbolis dan digunakan dalam upacara tradisional.

Misalnya, di Indonesia, daun pepaya sering digunakan sebagai hiasan dalam upacara pernikahan atau dalam pembuatan keranjang tradisional. Secara keseluruhan, daun pepaya memiliki sejarah panjang sebagai bahan alami yang bermanfaat dalam pengobatan tradisional dan memiliki berbagai kegunaan di bidang kuliner dan kosmetik. Penyebarannya dari Amerika Tengah ke seluruh dunia telah menghasilkan pengakuan global terhadap manfaat dan nilai dari daun papaya. (Saras, 2023).

## 2.2 Jamur

#### 2.2.1 *Candida albicans*

Nama “*Candida albicans*” berasal dari bahasa Latin, dimana “Candida” berarti putih dan “albicans” berarti putih, sehingga nama tersebut menjadi mubazir. Umumnya disebut sebagai kandidiasis, kandidiasis, atau hanya kandida. Genus

Candida mencakup lebih dari 200 spesies, dengan *Candida albicans* menjadi salah satu yang paling banyak dipelajari.

*Candida albicans*, jamur patogen oportunistik, merupakan komponen umum flora usus manusia. Selain hadir di dalam tubuh manusia, ia juga dapat berkembang secara eksternal. Selain itu, *Candida albicans* merupakan spesies jamur dominan yang ditemukan dalam biofilm, yang dapat terbentuk pada perangkat medis yang ditanamkan atau jaringan manusia. Bersama dengan C. tropicalis, C. parapsilosis, dan C. glabrata, C. albicans menyumbang 50-90% dari seluruh kasus kandidiasis pada manusia. Yang mengkhawatirkan, angka kematian sebesar 40% dikaitkan dengan kandidiasis sistemik yang disebabkan oleh C. albicans (Bio, 2023).

*Candida albicans* adalah bentuk ragi yang biasa ditemukan sebagai bagian dari flora mikroba normal tubuh manusia. Diketahui menghuni berbagai segmen tubuh, terutama selaput lendir dan daerah lembab. Berikut adalah beberapa habitat umum *Candida albicans*:

1. **Mulut dan tenggorokan:** *Candida albicans* dapat ditemukan di rongga mulut, yang meliputi lidah, gusi, dan belakang faring. Ini adalah penyebab umum sariawan, terutama pada bayi, orang dengan sistem kekebalan yang lemah, dan mereka yang menggunakan antibiotik atau kortikosteroid.
2. **Area genital:** Baik pria maupun wanita dapat dijajah oleh *Candida albicans* di area genital. Ini dapat menyebabkan infeksi jamur vagina pada wanita, yang dimanifestasikan oleh gejala termasuk gatal, terbakar, dan keluarnya cairan yang menyimpang. Ini dapat menyebabkan balanitis, peradangan pada kepala penis, pada pria.
3. **Saluran pencernaan:** *Candida albicans* dapat ditemukan di saluran pencernaan, terutama di usus kecil dan rektum. Secara umum, sistem kekebalan tubuh dan keberadaan bakteri menguntungkan tetap mengendalikannya. Faktorfaktor tertentu, seperti sistem kekebalan tubuh yang lemah atau penggunaan antibiotik yang berlarut-larut, dapat mengganggu keseimbangan ini, menyebabkan pertumbuhan berlebih Candida dan kondisi seperti kandidiasis atau sindrom pertumbuhan berlebih candida.
4. **Kulit dan kuku:** *Candida albicans* juga mampu menjajah epidermis dan kuku. Ini dapat menyebabkan infeksi seperti kandidiasis kulit, yang biasanya bermanifestasi di area tubuh yang hangat dan lembab seperti ketiak, selangkangan, dan celah kulit. Infeksi pada kuku (onikomikosis) juga dapat menyebabkan kuku menebal, berubah warna, dan rapuh (Bio, 2023).

#### 2.2.2 Taksonomi *Candida albicans*

**Gambar 2. 2** Candida albicans

**Klasifikasi *Candida albicans* adalah berikut:**

Dalam Tortora (2002) *Candida albicans* termasuk dalam:

|  |  |
| --- | --- |
| Kingdom  | : Fungi |
| Phylum | : Ascomycota |
| Subphylum  | : Saccharomycota |
| Class | : Saccharomyces  |
| Ordo | : Saccharomycetales |
| Family | : Saccharomycetaceae |
| Genus | : Candida |
| Nama Binomial | : *Candida albicans* (C.P. Robin) Berkhout 1923  |
| Sinonim | : Candida stellatoidea, Oidium albicans |

#### 2.2.3 Morfologi *Candida albicans*

*Candida albicans* adalah jamur dimorfik yang mampu tumbuh pada ragi dan hifa formulir. Sel ragi berbentuk bulat atau oval dan diameternya berkisar antara 5 hingga 10 mikrometer. Hifa adalah struktur panjang seperti benang dengan panjang maksimal beberapa sentimeter (Bio, 2023).

Berikut adalah gambaran morfologi *Candida albicans*:

**Gambar 2. 3** Morfologi Candida albicans

1. **Bentuk ragi:** *Candida albicans*, dalam bentuk raginya, tampak sebagai struktur bersel tunggal, bulat telur hingga bulat yang dikenal sebagai sel ragi. Biasanya, ukuran sel-sel ini berkisar antara 2 hingga 10 mikrometer. Mereka bereproduksi melalui tunas, yang menghasilkan keturunan lebih kecil [sel](https://microbiologynote.com/id/contoh-fungsi-tipe-struktur-definisi-sel/) terbentuk pada permukaan sel induk.
2. Berbentuk bulat atau lonjong
3. ber diameter 5-10 mikrometer
4. Direproduksi dengan tunas
5. **Pseudohifa**: *Candida albicans* dapat mengalami perubahan morfologis dari ragi menjadi pseudohifa dalam keadaan tertentu, seperti keterbatasan nutrisi atau kontak dengan permukaan. Pseudohyphae adalah struktur memanjang yang terdiri dari sel-sel ragi yang terhubung. Sel-sel rantai tetap terhubung tetapi memanjang, memberikan kesan struktur berserabut.
6. **Hifa**: *Candida albicans* juga dapat mengembangkan hifa asli, yang merupakan struktur filamen panjang bercabang, selain pseudohifa. Hifa biasanya diamati ketika kondisi lingkungan mendukung, seperti ketika nutrisi spesifik hadir atau ketika sel jamur menemukan permukaan yang sesuai untuk menempel. Bentuk hifa dari *Candida albicans* memungkinkan penetrasi dan invasi jaringan.
7. Struktur panjang seperti benang
8. Panjangnya bisa mencapai beberapa sentimeter
9. Terbentuk ketika sel ragi memanjang dan membentuk filamen yang panjang dan sempit
10. Dapat bercabang dan membentuk jaringan filamen yang saling berhubungan

## 2.3 Simplisia

Simplisia adalah bahan alamiah yang dipergunakan sebagai obat yang belum mengalami pengolahan apapun juga. Simplisia dapat berupa bahan segar atau serbuk kering yang sesuai dengan standar farmakope. Simplisia dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: simplisia nabati, simplisia hewani, dan simplisia pelikan (mineral).

Simplisia nabati adalah simplisia yang berupa tumbuhan utuh, bagian tumbuhan atau eksudat tumbuhan. Eksudat tumbuhan ialah isi sel yang secara spontan keluar dari tumbuhan atau isi sel yang dengan cara tertentu dikeluarkan dari selnya, atau senyawa nabati lainnya yang dengan cara tertentu dipisahkan dari tumbuhannya dan belum berupa senyawa kimia murni. Simplisia hewani adalah simplisia yang berupa hewan utuh, bagian hewan atau zat-zat berguna yang dihasilkan oleh hewan dan belum berupa zat kimia murni. Simplisia pelikan atau mineral adalah simplisia yang berupa bahan pelikan atau mineral yang belum diolah atau telah diolah dengan cara sederhana (Ginting, 2022).

Pembuatan simplisia merupakan proses memperoleh simplisia dari alam yang baik dan memenuhi syarat-syarat mutu yang dikehendaki. Dasar pembuatan simplisia meliputi beberapa tahapan sebagai berikut (Mukhriani, 2014):

1. Pengumpulan simplisia

Pengumpulan atau panen dapat dilakukan dengan tangan atau menggunakan alat (mesin). Apabila pengambilan dilakukan secara langsung (pemetikan) maka harus memperhatikan tanaman/bagian tanaman yang dikehendaki, misalnya dikehendaki daun yang muda, maka daun yang tua jangan dipetik dan jangan merusak bagian tanaman lainnya, waktu, cara pemanenan dan penanganan bahan setelah panen merupakan periode kritis yang sangat menentukan kualitas dan kuantitas hasil tanaman.

1. Penyortiran (sortasi basah)

Penyortiran basah dilakukan setelah selesai panen dengan tujuan untuk memisahkan kotoran-kotoran atau bahan-bahan asing, bahan yang tua dengan yang muda atau bahan yang ukurannya lebih besar atau lebih kecil. Bahan nabati yang baik memiliki kandungan campuran bahan organik asing tidak lebih dari 2%. Proses penyortiran pertama bertujuan untuk memisahkan bahan yang busuk atau bahan yang muda dan yang tua serta untuk mengurangi jumlah pengotor yang ikut terbawa dalam bahan.

1. Pencucian

Pencucian bertujuan menghilangkan kotoran-kotoran dan mengurangi mikrobamikroba yang melekat pada bahan. Pencucian harus segera dilakukan setelah panen karena dapat mempengaruhi mutu bahan. Pencucian menggunakan air bersih seperti air dari mata air, sumur atau PAM. Penggunaan air kotor menyebabkan jumlah mikroba pada bahan tidak akan berkurang bahkan akan bertambah. Pada saat pencucian perhatikan air cucian dan air bilasannya, jika masih terlihat kotor ulangi pencucian/pembilasan sekali atau dua kali lagi. Perlu diperhatikan bahwa pencucian harus dilakukan dalam waktu yang sesingkat mungkin untuk menghindari larut dan terbuangnya zat yang terkandung dalam bahan.

1. Perajangan

Perajangan pada bahan dilakukan untuk mempermudah proses selanjutnya seperti pengeringan, pengemasan, penyulingan minyak atsiri dan penyimpanan. Ukuran perajangan tergantung dari bahan yang digunakan dan berpengaruh terhadap kualitas simplisia yang dihasilkan. Perajangan terlalu tipis dapat mengurangi zat aktif yang terkandung dalam bahan. Sedangkan jika terlalu tebal, maka pengurangan kadar air dalam bahan agak sulit dan memerlukan waktu yang lama dalam penjemuran dan kemungkinan besar bahan mudah ditumbuhi oleh jamur.

1. Pengeringan

Pengeringan adalah suatu cara pengawetan atau pengolahan pada bahan dengan cara mengurangi kadar air, sehingga proses pembusukan dapat terhambat, dapat menghasilkan simplisia terstandar, tidak mudah rusak dan tahan disimpan dalam waktu yang lama. Dalam proses ini, kadar air dan reaksi-reaksi zat aktif dalam bahan akan berkurang, sehingga suhu dan waktu pengeringan perlu diperhatikan. Pengeringan bahan dapat dilakukan secara tradisional dengan menggunakan sinar matahari ataupun secara modern dengan menggunakan alat pengering seperti oven, rak pengering, blower ataupun dengan fresh dryer.Suhu pengeringan tergantung pada jenis bahan yang dikeringkan. Pada umumnya suhu pengeringan adalah antara 40 - 60°C dan hasil yang baik dari proses pengeringan adalah simplisia yang mengandung kadar air 10%.

1. Penyortiran (sortasi kering)

Penyortiran dilakukan bertujuan untuk memisahkan benda-benda asing yang terdapat pada simplisia, misalnya akar-akar, pasir, kotoran unggas atau benda asing lainnya. Proses penyortiran merupakan tahap akhir dari pembuatan simplisia kering sebelum dilakukan pengemasan, penyimpanan atau pengolahan lebih lanjut. Setelah penyortiran simplisia ditimbang untuk mengetahui rendemen hasil dari proses pasca panen yang dilakukan.

1. Pengemasan

Pengemasan dapat dilakukan terhadap simplisia yang sudah dikeringkan. Jenis kemasan yang digunakan dapat berupa plastik, kertas maupun karung goni. Persyaratan jenis kemasan yaitu dapat menjamin mutu produk yang dikemas, mudah dipakai, tidak mempersulit penanganan, dapat melindungi isi pada waktu pengangkutan, tidak beracun dan tidak bereaksi dengan isi dan kalau boleh mempunyai bentuk dan rupa yang menarik.

1. Penyimpanan

Penyimpanan simplisia dapat dilakukan di ruang biasa (suhu kamar) ataupun di ruang ber ac. Ruang tempat penyimpanan harus bersih, udaranya cukup kering dan berventilasi. Ventilasi harus cukup baik karena hama menyukai udara yang lembab dan panas (Mukhriani, 2014).

## 2.4 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses penyarian zat aktif dari bagian tanaman obat yang bertujuan untuk menarik komponen kimia yang terdapat dalam bagian tanaman obat tersebut dengan menggunakan pelarut tertentu yang sesuai (Marjoni, 2016). Tujuan ekstraksi adalah menarik atau memisahkan senyawa dari campurannya atau simplisia. Pemilihan metode ekstraksi dilakukan dengan memperhatikan antara lain sifat senyawa, pelarut yang digunakan, dan alat tersedia. Struktur untuk setiap senyawa, suhu dan tekanan merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam melakukan ekstraksi (Hanani, 2016).

Ekstrak adalah sediaan cair, kental atau kering yang merupakan hasil proses ekstraksi atau penyarian suatu matriks atau simplisia menurut cara yang sesuai. Ekstrak cair diperoleh dari ekstraksi yang masih mengandung sebagian besar cairan penyari. Ekstrak kental akan didapat apabila sebagian besar cairan penyari sudah diuapkan, sedangkan ekstrak kering akan diperoleh jika sudah tidak mengandung cairan penyari (Hanani, 2016).

Proses ekstraksi pada dasarnya adalah proses perpindahan massa dari komponen zat padat yang terdapat pada simplisia ke dalam pelarut yang digunakan. Pelarut organik akan menembus dinding sel dan selanjutnya akan masuk kedalam rongga sel tumbuhan yang mengandung zat aktif. Zat aktif akan terlarut dalam pelarut organik pada bagian luar sel untuk selanjutnya berdifusi masuk ke dalam pelarut. Proses ini terus berulang sampai terjadi keseimbangan antara konsentrasi zat aktif antara didalam sel dengan konsentrasi zat di luar sel (Marjoni, 2016).

#### 2.4.1 Jenis-Jenis Ekstraksi

a. Berdasarkan bentuk substansi dalam campuran

1. Ekstraksi padat cair

Proses ekstraksi padat cair ini merupakan ekstraksi yang paling banyak ditemukan dalam mengisolasikan suatu substansi yang terkandung di dalam suatu bahan alam. Proses ini melibatkan substan yang berbentuk padat di dalam campurannya dan memerlukan kontak yang sangat lama antara pelarut dan zat padat. Kesempurnaan proses ekstraksi sangat ditentukan oleh sifat dari bahan alam dan sifat dari bahan yang akan diekstraksi.

1. Ekstraksi cair-cair

Ekstraksi ini dilakukan apabila substansi yang akan diekstraksi berbentuk cairan di dalam campurannya.

Ekstraksi secara dingin

Metode ekstraksi secara dingin bertujuan untuk mengekstrak senyawa- senyawa yang terdapat dalam simplisia yang tidak tahan terhadap panas atau bersifat termolabil. Ekstraksi secara dingin dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut:

1. Maserasi

Maserasi adalah proses ekstraksi sederhana yang dilakukan hanya dengan cara merendam simplisia dalam satu atau campuran pelarut selama waktu tertentu pada temperatur kamar dan terlindung dari cahaya.

1. Perkolasi

Perkolasi adalah proses penyaringan zat aktif secara dingin dengan cara mengalirkan pelarut secara kontinu pada simplisia selama waktu tertentu.

Ekstraksi secara panas

Metode panas digunakan apabila senyawa-senyawa yang terkandung dalam simplisia sudah dipastikan tahan panas.Metode ekstraksi yang membutuhkan panas antaranya:

* 1. Seduhan

Merupakan metode ekstraksi paling sederhana hanya dengan merendam simplisia dengan air panas selama waktu (5-10 menit).

* 1. Coque (penggodokan)

Merupakan proses penyaringan dengan cara menggodok simplisia menggunakan api langsung dan hasilnya dapat langsung digunakan sebagai obat baik secara keseluruhan termasuk ampasnya atau hasil godokannya saja tanpa ampas.

* 1. Infusa

Infusa merupakan sedian cair yang dapat dibuat dengan cara menyaring simplisia nabati dengan air pada suhu 90ºC selama 15 menit. Kecuali dinyatakan lain, infusa dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Simplisia dengan derajat keseluruhan ditambahkan air secukupnya ke dalam panci infusa, kemudian ditambahkan air secukupnya. Panaskan campuran diatas penangas air selama 15 menit, dihitung mulai suhu 90ºC sambil sekali-sekali diaduk. Serta selagi panas menggunakan kain flanel, tambahkan air panas secukupnya melalui ampas sehingga diperoleh volume infus yang dikehendaki.

* 1. Digestate

Digesti adalah proses ekstraksi yang cara kerjanya hampir sama dengan maserasi, hanya saja diganti menggunakan pemanasan rendah pada suhu 3040 ºC. Metode ini biasanya digunakan untuk simplisia yang tersari pada suhu biasanya.

* 1. Dekokta

Proses penyaringan secara dekokta hampir sama dengan infusa, perbedaannya hanya pada lamanya waktu pemanasan. Waktu pemanasan pada dekokta lebih lama dibanding metode infusa, yaitu 30 menit dihitung setelah suhu mencapai 90ºC.

* 1. Refluks

Refluks merupakan proses ekstraksi dengan pelarut dengan titik didih selama waktu dan jumlah pelarut tertentu dengan adanya pendingin balik (kondensor). Proses ini umumnya dilakukan 3-5 kali pengulangan pada residu pertama, sehingga termasuk proses ekstraksi yang cukup sempurna.

* 1. Soxhletasi

Proses soxh merupakan proses ekstraksi panas menggunakan alat khusus berupa ekstraktor soxhlet. Suhu yang digunakan lebih lebih rendah dibandingkan dengan suhu pada metode refluks (Marjoni, 2006: 19-22)

## 2.5 Nanopartikel

Penghantaran nanopartikel dideskripsikan sebagai formulasi suatu partikel yang terdispersi pada ukuran nanometer atau skala perseribu mikron. Batasan ukuran partikel yang pasti untuk sistem ini masih terdapat perbedaan karena nanopartikel pada sistem penghantaran obat berbeda dengan teknologi nanopartikel secara umum. Pada beberapa sumber disebutkan bahwa nanopartikel baru menunjukkan sifat khasnya pada ukuran diameter di bawah 100 nm, namun batasan ini sulit dicapai untuk sistem nanopartikel sebagai sistem penghantaran obat. Nanopartikel obat secara umum harus terkandung obat dengan jumlah yang cukup di dalam matriks pada tiap butir partikel, sehingga memerlukan ukuran yang relatif lebih besar dibanding nanopartikel non-farmasetik. Meskipun demikian secara umum tetap disepakati bahwa nanopartikel merupakan partikel yang memiliki ukuran di bawah 1 mikro (Buzea et al., 2007). Ukuran ini dapat dikarakterisasi secara sederhana dan secara visual menghasilkan dispersi yang relatif transparan, serta perpanjangan lama pengendapan disebabkan karena resultan gaya ke bawah akibat gravitasi sudah jauh berkurang. Hal tersebut sebagai akibat dari berkurangnya massa tiap partikel dan peningkatan luas permukaan total yang signifikan menghasilkan interaksi tolak menolak antar partikel yang besar dan muncul fenomena gerak Brown sebagai salah satu karakter spesifik partikel pada ukuran koloidal (Gupta dan Kompella, 2006).

### 2.5.1 Kelebihan Nanopartikel

Beberapa kelebihan nanopartikel adalah kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloid. Selain itu nanopartikel fleksibel untuk dikombinasikan dengan berbagai teknologi lain. Kemampuan ini membuka potensi luas untuk dikembangkan pada berbagai

keperluan dan target. Kelebihan lain adalah adanya peningkatan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama (Buzea dkk., 2007).

Beberapa keuntungan penggunaan nanopartikel sebagai penghantaran obat, yaitu bersifat biokompatibel dan biodegradable, meningkatkan stabilitas obat, risiko toksisitas rendah, dapat dipreparasi dengan mudah dalam jumlah besar, meningkatkan spesifitas, dan dapat bersifat non-imunogenik dan non-toksik

(Yuwanda dkk., 2021).

### 2.5.2 Kekurangan Nanopartikel

Beberapa masalah yang sering muncul pada saat preparasi nanopartikel adalah terjadinya agregasi yang cepat dan ukuran partikel yang tidak sama, sehingga stabilitas dispersi menjadi sulit untuk dikontrol (Martien, 2012). Selain itu, nanopartikel tidak cocok untuk obat dosis besar karena ukurannya yang kecil, nanopartikel dapat menembus bagian tubuh yang tidak diinginkan sehingga menimbulkan efek yang merugikan, misalnya dapat menembus membran inti sel dan menyebabkan kerusakan genetik atau mutasi yang tidak diinginkan (Rawat dkk., 2006).

### 2.5.3 Jenis-jenis Nanopartikel

Nanopartikel dibagi menjadi nanokristal dan nanocarrier. Terdapat bermacam-macam nanocarrier seperti nanotube, liposom, misel, dan lain-lain.

1. Nanokristal

Nanokristal adalah gabungan dari banyak molekul yang membentuk suatu kristal, merupakan senyawa obat murni dengan penyaluran tipis menggunakan surfaktan. Nanokristal tidak membutuhkan banyak surfaktan agar stabil karena gaya elektrostatik sehingga mengurangi kemungkinan keracunan oleh bahan tambahan (Rawat et al., 2006). Nanokristal memungkinkan pengembangan formulasi melalui rute pemberian dimana ukuran partikel merupakan faktor kritis, seperti obat tetes mata, cairan infus, dan obat suntik (Rachmawati, 2007).

1. Nanocarrier

Nanocarrier merupakan suatu sistem pembawa dalam ukuran nanometer.

Nanocarrier meliputi :

1. Nanotube

Nanotube adalah lembaran atom yang diatur menjadi bentuk tube dalam skala nanometer, memiliki rongga di tengah dan struktur yang menyerupai sangkar berbahan dasar karbon. Nanotube berdinding tunggal digunakan sebagai sistem penghantaran obat dalam gen karena bentuknya menyerupai asam nukleat. Nanotube berdinding ganda digunakan sebagai pembawa untuk transformasi sel bakteri dan untuk elektroporasi sel (Rawat et al., 2006).

1. Nanoliposom

Liposom merupakan konsentrat vesikel lapis ganda yang terdapat cairan di dalamnya dengan dibungkus membrane lipid lapis ganda yang terbuat dari fosfolipid alam umumnya (Rawat et al., 2006). Liposom terbentuk ketika lapisan lipid tipis terhidrasi dan sejumlah kristal cair lapis ganda mengembang. Liposom

biasanya digunakan sebagai pembawa obat sediaan kosmetik untuk mempertahankan kelembaban kulit (Rachmawati, 2007). Nanoliposom dapat dimanfaatkan sebagai perlindungan terhadap obat dari degradasi biologis sebelum sampai pada tempat yang diharapkan (Martien, 2012).

1. Nanopartikel Lipid Padat

Nanopartikel lipid padat adalah pembawa koloidal berbahan dasar lipid dengan ukuran 20-1000 nanometer yang terdispersi dalam air atau larutan surfaktan dalam air, berisi inti hidrofob padat disalut oleh fosfolipid lapis tunggal. Inti padat ini berisi senyawa obat yang didispersikan dalam matriks lemak padat yang mudah mencair (Rawat et al., 2006).

1. Misel Misel merupakan agregat molekul ampifatik dalam air dengan bagian nonpolar di dalam dan polar di luar pada bagian yang terpapar air. Dengan struktur itu obat yang bersifat hidrofob terdisposisi di bagian dalam inti misel sehingga cocok sebagai pembawa obat yang tidak larut air (Rawat et al., 2006). Misel memiliki kegunaan pada stabilitas termodinamik dalam larutan fisiologis yang mengakibatkan disolusi lambat secara in vivo (Rachmawati, 2007).
2. Dendrimer

Dendrimer merupakan makromolekul yang terdiri atas cabang-cabang di sekeliling inti pusat yang bentuk dan ukurannya dapat diubah sesuai yang diinginkan. Molekul obat dapat dimuat baik dalam dendrimer atau diabsorpsi pada permukaannya. Dendrimer cocok untuk zat penyalut untuk perlindungan dan penghantaran obat menuju target yang spesifik sehingga dapat mengurangi tokisitas (Rawat et al.,

2006; Rachmawati, 2007).

1. Nanopartikel Polimerik

Nanopartikel polimerik terbagi menjadi nanokapsul dan nanosfer. Nanokapsul terdiri dari polimer yang membentuk dinding yang melingkupi inti dalam di mana obat dijerat. Nanosfer terbuat dari matrik polimer padat dan senyawa obat terdispersi di dalamnya (Delie, 2005). Polimer yang biasa digunakan antara lain poli asam laktat (PLA), poli asam glikolat (PGA), poli alkilsianiakrilat (PACA), dan lainnya. Beberapa polimer alam antara lain kitosan

1. Nanopartikel cross link

Nanopartikel cross link merupakan nanopartikel yang terbentuk dari proses sambung silang antara elektrolit dengan pasangan ionnya. Ikatan sambung silang ini terjadi secara ionik maupun kovalen. Pembuatan nanopartikel sambung silang dilakukan menggunakan metode gelasi ionik. Metode sambung silang yang biasa digunakan adalah gelasi ionik, karena menggunakan pasangan ion yang lebih sesuai untuk protein dan menghindari pengadukan berlebihan, panas tinggi, dan penggunaan pelarut organik (Vauthier et al., 2007). Mekanisme pembentukan nanopartikel kitosan didasarkan pada interaksi elektrostatik antara amin dari kitosan dan muatan negatif dari polianion. Kitosan dapat dilarutkan dengan asam asetat. Polianion kemudian ditambahkan, sehingga terbentuk nanopartikel secara spontan dengan pengadukan magnetic stirrer pada suhu kamar (Sailaja et al., 2010).

### 2.5.4 Metode Nanopartikel

Pembuatan nanopartikel dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu teknologi bottom-up (pembuatan partikel dari larutannya atau presipitasi), dan teknologi topdown (penurunan ukuran partikel yang pada umumnya dengan gaya mekanik)

(Keck dan Muller 2006).

1. Teknologi bottom-up

Metode yang telah banyak digunakan adalah presipitasi atau metode hidrosol. Parameter yang harus diperhatikan dalam metode ini adalah kecepatan pengadukan, suhu, perbandingan antara pelarut dengan non pelarut, konsentrasi obat, viskositas, jenis pelarut, dan bahan penstabil yang digunakan. Keuntungan dari metode presipitasi adalah menggunakan peralatan yang sederhana. Kekurangan metode presipitasi yaitu obat harus dapat larut setidaknya dalam satu pelarut dan pelarut tersebut harus dapat bercampur dengan non- pelarut (Gupta dan Kompella. 2006). Keterbatasan metode bottom-up adalah kesulitan saat scale up adanya residu dari pelarut yang digunakan (Shegokar dan Muller 2010).

1. Teknologi top-down

Teknologi top-down merupakan metode pembuatan nanopartikel dengan menggunakan gaya mekanik, sehingga mengubah partikel berukuran besar menjadi kecil. Hal yang perlu diperhatikan bila menggunakan metode top-down adalah kekuatan atau keliatan bahan, kekerasan, sifat abrasive, bentuk dan ukuran partikel, serta sensitivitasnya terhadap suhu (Gupta dan Kompella 2006; Van Eerdenbrugh et al. 2008).

1. Pearl Milling (Ball Milling).

Alat yang digunakan dalam pearl milling terdiri dari wadah dan bola yang bergerak. Pada metode ini obat didispersikan dalam larutan surfaktan kemudian dimasukkan ke dalam alat pearl milling. Keuntungan metode ini adalah teknologi sederhana dan biaya produksi relative murah. Kekurangan metode ini adalah potensi kontaminasi dari bahan milling, durasi proses lama, adanya potensi pertumbuhan kuman pada fase air karena proses pembuatan yang lama

(Muller et al. 2006; Shegokar dan Muller 2010).

1. High Speed Homogenization (HSH)/Ultrasound

Pembuatan sediaan nanopartikel dengan metode HSH dan ultrasonifikasi dilakukan dengan cara mendispersikan partikel pada tabung ultrasound dengan kecepatan tinggi, gabungan kedua metode ini sangat sederhana. Menurut Bylund (1995), pada homogenisasi menggunakan kecepatan putaran tinggi, pemecahan partikel disebabkan oleh aliran turbulensi yang ditimbulkan. Kecepatan putaran tinggi menghasilkan banyak aliran turbulen kecil yang memecahkan partikel yang bersentuhan dengan aliran tersebut sehingga menjadi lebih kecil. Masalah pada teknik ini adalah distribusi ukuran partikel yang luas mulai dari kisaran mikrometer dan ketidakstabilan ukuran partikel pada saat penyimpanan. Untuk membuat formulasi yang stabil dapat dilakukan dengan menggabungkan teknik homogenisasi kecepatan tinggi dan ultrasonikasi dan dilakukan pada suhu relatif tinggi (Megawati, 2018).

C. Sonikasi.

Ultasonik merupakan vibrasi suara dengan frekuensi melebihi batas pendengaran manusia yaitu di atas 20 KHz (Tipler 1998). Ultrasonikasi merupakan salah satu teknik paling efektif dalam pencampuran, proses reaksi, dan pemecahan bahan dengan bantuan energi tinggi (Pirrung 2007). Batas atas rentang ultrasonik mencapai 5 MHz untuk gas dan 500 MHz untuk cairan dan padatan (Mason & Lorimer 2002). Penggunaan ultasonik berdasarkan rentangnya yang luas ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah suara beramplitudo rendah (frekuensi kebih tinggi). Gelombang beramplitudo rendah ini secara umum digunakan untuk analisis pengukuran kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang pada rentang 2 hingga 10 MHz. Bagian kedua adalah gelombang berenergi tinggi dan terletak pada frekuensi 20 hingga 100 KHz. Gelombang ini dapat digunakan untuk pembersihan, pembentukan plastik, dan modifikasi bahan-bahan organik maupun anorganik (Mason & Lorimer 2002). Ultrasonikasi dengan intensitas tinggi dapat menginduksi secara fisik dan kimia. Efek fisik dari ultrasonikasi intensitas tinggi salah satunya adalah emulsifikasi.

## 2.6 Karakterisasi Nanopartikel

### 2.6.1 PSA (Particle Size Analyzer)

Ukuran dan distribusi nanopartikel diukur menggunakan Particle Size

Analyzer (PSA) menggunakan prinsip Photon Correlation Spectroscopy dan

Electrophoretic Light Scattering. Rentang pengukuran dengan alat ini yaitu 0,6 µm – 7 nm Coulter (2008). Penentuan ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel harus dilakukan karena mempengaruhi secara langsung keunikan sifat nanopartikel.

Metode yang dapat digunakan antara lain Dynamic Light Scattering (DLS), Statis Light Scattering (SLS), NMR, turbidimetri, dan lain sebagainya (Haskell,2006).

Terdapat berbagai jenis teknik dalam pengukuran ukuran partikel menggunakan instrumentasi PSA. Salah satu yang umum digunakan adalah teknik Lasser Diffraction. Prinsip dasar teknik ini adalah penghamburan cahaya laser oleh partikel-partikel yang terdispersi dan melewati berkas sinar laser. Partikel dengan ukuran yang lebih besar akan menghamburkan cahaya dengan sudut yang relatif kecil dan sebaliknya untuk partikel yang berukuran lebih kecil. Distribusi dari intensitas hamburan akan dianalisis dengan komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel. Pengukuran nanopartikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan sampel basah. Hasil pengukuran disajikan dalam bentuk distribusi, sehingga hasil pengukuran dapat menggambarkan ukuran sampel secara

keseluruhan.

Dari Pengujian PSA (Particle Size Analyzer) ini dapat diketahui bahwa pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel setelah diketahui ukuran partikel arang bambu kemudian ditumbuk menggunakan mesin shaker milling. Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian PSA yaitu PSA HORIBA SZ-10 dengan pembacaan skala ukuran mikrometer sampai dengan nanometer (Primadasa,

2018).

**Gambar 2. 4** Alat PSA

### 2.6.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. SEMdigunakan untuk mengamati detil permukaan sel atau struktur mikroskopik lainnya, dan dan mampu menampilkan pengamatan obyek secara tiga dimensi. Elektron berinteraksi dengan atom yang menyusun sampel yang menghasilkan sinyal yangberisi informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi dan sifat – sifat lainnya seperti konduktivitas listrik (Setiabudi, A, 2012).

SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka profil permukaan akan tampak dengan jelas (Mikrajuddin

A,2009).



**Gambar 2. 5** Alat SEM

### 2.6.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)

TEM digunakan untuk analisis mikrostruktur, identifikasi defek, analisis interfasa, struktur kristal, tatanan atom pada kristal, serta analisa elemental skala nanometer. Cara kerja dari TEMdimulai dari sumber emisi (pistol elektron) yaitu tungsten filament dan sumber lanthanum hexaboride (LaB6). Dengan

menghubungkan pistol ini dengan sumber tegangan tinggi (biasanya ~ 100-300 kV) pistol akan mulai memancarkan elektron baik dengan termionik maupun emisi medan elektron ke sistem vakum. Ekstraksi ini biasanya dibantu dengan menggunakan silinder Wehnelt. Interaksi elektron dengan medan magnet akan menyebabkan elektron bergerak sesuai dengan aturan tangan kanan, sehingga memungkinkan elektromagnet untuk memanipulasi berkas elektron. Penggunaan medan magnet akan membentuk sebuah lensa magnetik dengan kekuatan fokus variabel yang baik. Selain itu, medan elektrostatik dapat menyebabkan elektron didefleksikan melalui sudut yang konstan. Dua pasang defleksi yang berlawanan arah dengan intermediete gap akan membentuk arah elektron yang menuju lensa

(Mikrajuddin A,2009).



**Gambar 2. 6** Alat TEM

### 2.6.4 Scanning Tunnelling Microscope (STM)

STM mampu menangkap gambar atom dengan elektron berenergi rendah dan hanya bekerja pada permukaan konduksi. Probe terdapat atom tunggal pada ujungnya menscan permukaan dari dekat pada diameter atomik. Gerakan STM saat melakukan scan dikontrol oleh elemen pizoelektrik. Tegangan pada probe dan sampel menimbulkan arus yang sangat kecil, yang biasa disebut sebagai arus terowongan. Arus ini sangat peka terhadap jarak dari probe ke permukaan sampel. Hasil output yang berupa permukaan dapat diperoleh dengan mengukur arus tersebut, tergantung pada material elektrik sampel dan jarak antara ujung probe dan sampel (Luisa, 2012).



**Gambar 2. 7** Alat STM

### 2.6.5 Potensial Zeta

Potensial zeta biasanya digunakan untuk mengkarakterisasi sifat muatan permukaan nanopartikel, berkaitan dengan interaksi elektrostatik nanopartikel. Interaksi elektrostatik akan menentukan kecenderungan agregasi dan tolak menolak. Potensial zeta adalah ukuran muatan permukaan partikel yang tersebar dalam medium pendispersi. Idealnya, muatan potensial zeta partikel harus lebih tinggi daripada medium pendispersi untuk mencegah agregasi. Potensial zeta harus dapat dikendalikan (Vaughn dan Williams, 2007).



**Gambar 2. 8** Alat zeta potensial

## 2.7 Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia merupakan metode yang digunakan untuk mempelajari komponen senyawa aktif yang terdapat pada sampel, yaitu mengenai struktur kimianya, biosintesis nya, penyebarannya secara alamiah dan fungsi biologisnya, isolasi dan perbandingan komposisi senyawa kimia dari bermacam-macam jenis tanaman.Letak geografis, suhu, iklim dan kesuburan tanah suatu wilayah sangat menentukan kandungan senyawa kimia dalam suatu tanaman.Sampel tanaman yang digunakan dalam uji fitokimia dapat berupa daun, batang, buah, bunga dan akarnya yang memiliki khasiat sebagai obat dan digunakan sebagai bahan mentah dalam pembuatan obat modern maupun obat-obatan tradisional (Agustina, dkk. 2016).

Metabolit sekunder pada tumbuhan memiliki peran sebagai senyawa penuntun dalam penemuan dan pengembangan obat baru, serta melindungi tumbuhan itu sendiri dari ancaman lingkungan. Senyawa yang berkhasiat sebagai obat diantaranya adalah flavonoid, alkaloid, triterpenoid, tanin, saponin, dan steroid

(Ergina dan Pursitasari, 2014).

### 2.7.1 Alkaloid

Alkaloid merupakan suatu senyawa metabolit sekunder yang terpenting pada tumbuhan.Keberadaan alkaloid di alam tidak sendiri melainkan campuran dari beberapa alkaloid utama dan beberapa kecil. Sifat alkaloid yang berasal dari tumbuhan adalah basa.Yaitu mengandung satu atau lebih atom nitrogen.Senyawa alkaloid mempunyai kelarutan dalam pelarut organic. Senyawa ini mudah larut dalam alkohol dan sedikit larut dalam air. Senyawa alkaloid mempunyai rasa yang pahit.

### 2.7.2 Flavonoid

Flavonoid merupakan suatu senyawa organik yang terdapat pada tumbuhan secara umum yang dapat digunakan sebagai antioksidan, antikanker, antiinflamasi, anti alergi, dan antihipertensi.Kandungan flavonoid alami banyak berperan penting sebagai antidiabetes dan komplikasinya (Aprillia. 2019).

Senyawa flavonoid tidak terdapat pada mikroorganisme, bakteri, lumut, alga, dan jamur. Senyawa flavonoid biasanya ditemukan banyak pada bagian tanaman yang dapat dimakan yaitu; buah-buahan, sayur-sayuran, kacang- kacangan, dan biji-bijian. Senyawa ini mempunyai manfaat untuk kesehatan yaitu sebagai antioksidan antimikroba. Kemampuan senyawa ini sebagai antimikroba dengan cara membentuk ikatan komplek dengan protein ekstraseluler pada dinding sel bakteri (Nurisma.2019).

### 2.7.3 Saponin

Saponin merupakan suatu golongan glikosida yang mempunyai aglikon berupa sapogenin.Fungsi dari saponin dapat menurunkan tegangan pada permukaan air, yang dimana mengakibatkan terbentuknya buih pada saat air dikocok

(Elya.2018).

### 2.7.4 Tanin

Tanin merupakan suatu senyawa metabolit sekunder yang mempunyai manfaat sebagai antidiare, astringent, antibakteri dan antioksidan. Ada dua jenis senyawa tanin yaitu; tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis.kedua tanin ini terdapat pada tumbuhan tapi untuk tanin terkondensasi yang paling banyak terdapat pada tumbuhan (venila, 2020).

### 2.7.5 Terpenoid

Senyawa terpena adalah salah satu jenis senyawa organik hidrokarbon yang melimpah dihasilkan oleh berbagai jenis tumbuhan. Senyawa dapat dihasilkan oleh serangga yang dimana senyawa ini memberikan aroma yang kuat dan juga melindungi tumbuhan dari predator.

Minyak atsiri pada tumbuhan termasuk komponen utama dari terpenoid. Kegunaan dari minyak atsiri sebagai wangi-wangian parfum dan juga sebagai aromaterapi (Julianto,2019).

### 2.7.6 Glikosida

Glikosida merupakan suatu senyawa metabolit sekunder yang berikatan dengan senyawa gula melalui ikatan glikosida (Andar Subakti, 2018).Kata glikosida memiliki makna, yaitu suatu karbohidrat atau gula yang umumnya bersifat oksidator yang disebut dengan glikon.

Sedangkan bukan gula disebut sebagai aglikon. Glikosida adalah senyawa alami yang terdiri dari dua bagian yaitu bagian karbohidrat dan bagian bukan karbohidrat. Glikosida triterpenoid, steroid, dan flavonoid merupakan bagian glikosida bukan karbohidrat yang paling banyak ditemukan. Sedangkan bagian karbohidrat yang paling banyak ditemukan yaitu glukosa, galaktosa, xilosa, dan arabinosa (Rijai, 2016).

### 2.7.7 Fenolik

Senyawa fenolik disebut juga sebagai zat warna. Senyawa fenolik meliputi aneka ragam senyawa yang mempunyai ciri sama, yaitu cincin aromatik yang mengandung satu atau dua gugus OH− dan merupakan senyawa yang banyak dihasilkan dari tumbuhan tinggi, mulai dari akar, ranting, bunga, buah, biji, kulit, dan kayu. Senyawa fenolik tidak ditemukan pada mikroorganisme, baik itu bakteri, alga, jamur, bahkan lumut. Senyawa fenolik mempunyai struktur yang khas, yaitu memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat pada satu atau lebih cincin aromatik benzena. Ribuan senyawa fenolik di alam telah diketahui strukturnya, antara lain flavonoid, fenolik sederhana, fenil propanoid, polifenol (lignan, melanin, tannin), asam ferulat, ethyl ferulate dan lain sebagainya (Loth Botahala,

2020).

## 2.8 Aktivitas Jamur

Pengukuran aktivitas antibakteri atau jamur dapat dilakukan dengan metode in vitro. Hal ini dilakukan untuk menentukan kemampuan suatu zat antibakteri atau jamur dalam larutan, konsentrasi suatu zat antibakteri atau jamur terhadap cairan badan dan jaringan, dan kepekaan suatu bakteri atau jamur terhadap konsentrasi yang dipaparkan. Penentuan sensitivitas bakteri atau jamur terhadap antibakteri atau jamur dapat dilakukan dengan metode difusi dan dilusi (Choi dkk, 2006., Jenie, 2003., Harti dkk, 2012).

Antijamur merupakan zat berkhasiat yang digunakan untuk penanganan penyakit jamur. Umumnya suatu senyawa dikatakan sebagai zat anti jamur apabila senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan jamur (Siswandono, 2020). Zat anti jamur bekerja menurut salah satu dari berbagai cara, antara lain menyebabkan kerusakan dinding sel, perubahan permeabilitas sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat, penghambatan kerja enzim, atau penghambatan sintesis asam nukleat dan protein. Kerusakan pada salah satu situs ini dapat mengawali terjadinya perubahan-perubahan yang menuju pada matinya sel tersebut (Pelczar dan Chan, 1986).

1. Kerusakan pada dinding sel Dinding sel merupakan penutup lindung bagi sel lin juga berpartisipasi dalam proses-proses fisiologi tertentu. Strukturnya dapat dirusak dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubah setelah selesai terbentuk (Pelczar dan Chan, 1986).
2. Perubahan permeabilitas sel Membran sitoplasma mempertahankan bahanbahan tertentu di dalam sel serta secara selektif mengatur aliran keluarmasuknya zat antara sel dengan lingkungan luarnya. Membran memelihara integritas komponen-komponen seluler. Membran ini juga merupakan situs beberapa reaksi enzim. Kerusakan pada membran ini akan mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel (Pelczar dan Chan, 1986).
3. Perubahan molekul protein dan asam nukleat hidupnya suatu sel bergantung pada terpeliharanya molekul-molekul protein dan asam nukleat pada membran alamiahnya. Suatu kondisi atau substansi yang mengubah keadaan ini yaitu mendenaturasikan protein dan asam-asam nukleat dapat merusak sel tanpa dapat diperbaiki kembali. Suhu tinggi dan konsentrasi pekat beberapa zat kimia dapat mengakibatkan koagulasi (denaturasi) ireversibel (tak dapat balik) komponen-komponen seluler yang vital ini (Pelczar dan Chan, 1986).
4. Penghambatan kerja enzim Setiap enzim dari beratus-ratus enzim berbeda-beda yang ada di dalam sel merupakan sasaran potensial bagi bekerjanya suatu penghambat. Banyaknya zat kimia telah diketahui dapat mengganggu reaksi biokimia. Penghambatan ini dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme atau matinya sel (Pelczar dan Chan, 1986)
5. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein DNA, RNA dan protein memegang peranan sangat penting di dalam proses kehidupan normal sel. Hal ini berarti bahwa gangguan apapun yang terjadi pada pembentukan atau pada fungsi zat-zat tersebut dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel (Pelczar dan Chan, 1986).

### 2.8.1 Mekanisme Kerja Zat Antijamur

Zat antijamur dalam melakukan efeknya, harus dapat mempengaruhi bagian-bagian vital sel seperti membran sel, enzim-enzim dan protein struktural.

Mekanisme antijamur dapat dikelompokkan menjadi (Siswandono dan Soekardjo,

1995):

1. Gangguan pada membran sel

Gangguan ini terjadi karena adanya ergosterol dalam sel jamur. Ergosterol adalah komponen sterol yang sangat penting sangat mudah diserang oleh antibiotik turunan polien. Kompleks polien-ergosterol yang terjadi dapat membentuk suatu pori dan melalui pori tersebut konstituen esensial sel jamur seperti ion K, fosfat anorganik, asam karboksilat, asam amino dan ester fosfat bocor keluar hingga menyebabkan kematian sel jamur. Contoh: Nistatin, Amfoterisin B dan Kandisidin.

1. Penghambatan biosintesis ergosterol dalam sel jamur

Mekanisme ini merupakan mekanisme yang disebabkan oleh senyawa turunan imidazol karena mampu menimbulkan ketidakteraturan membran sitoplasma jamur dengan cara mengubah permeabilitas membran dan mengubah fungsi membran dalam proses pengangkutan senyawa-senyawa essensial yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan metabolik sehingga menghambat pertumbuhan atau menimbulkan kematian sel jamur. Contoh: Ketokonazol, Klortimazol, Mikonazol,

Bifonazol.

1. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein jamur

Mekanisme ini merupakan mekanisme yang disebabkan oleh senyawa turunan pirimidin. Efek antijamur terjadi karena senyawa turunan pirimidin mampu mengalami metabolisme dalam sel jamur menjadi suatu antimetabolik. Metabolit antagonis tersebut kemudian bergabung dengan asam ribonukleat dan kemudian menghambat sintesis asam nukleat dan protein jamur.

1. Penghambatan mitosis jamur

Efek antijamur ini terjadi karena adanya senyawa antibiotik Griseofulvin yang mampu mengikat protein mikrotubuli dalam sel, kemudian merusak struktur spindle mitotic dan menghentikan metafase pembelahan sel jamur.

### 2.8.2 Konsentrasi Hambat Minimum

Dalam mikrobiologi, konsentrasi hambat minimum (MIC) adalah konsentrasi terendah suatu zat kimia, biasanya obat, yang mencegah pertumbuhan bakteri atau jamur yang terlihat secara *in vitro*. Pengujian MIC dilakukan di laboratorium diagnostik (Magreault S *et al*, 2010)dan penemuan obat (Pfaller MA, *et al* 2010). Nilai MIC memberikan ukuran kuantitatif potensi antimikroba ekstrak atau senyawa.Semakin rendah MIC, semakin kuat antimikroba nya. Ketika data toksisitas *in vitro* tersedia, MIC juga dapat digunakan untuk menghitung nilai indeks selektivitas, ukuran toksisitas dari target ke target (Cushnie TP, 2020).

MIC ditentukan dengan menyiapkan serangkaian pengenceran bahan kimia, menambahkan agar atau kaldu, kemudian menginokulasi dengan bakteri atau jamur, dan menginkubasi pada suhu yang sesuai. Nilai yang diperoleh sebagian besar bergantung pada kerentanan mikroorganisme dan potensi antimikroba bahan kimia, tetapi variabel lain juga dapat mempengaruhi hasil[. [5]](https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_inhibitory_concentration#cite_note-pmid15015030-5) MIC sering dinyatakan dalam mikrogram per mililiter (μg/mL) atau milligram per liter (mg/L).

Di laboratorium diagnostik, hasil uji MIC digunakan untuk menilai kerentanan mikroba. Penilaian ini ditetapkan berdasarkan nilai yang disepakati yang disebut breakpoint. Breakpoint diterbitkan oleh organisasi pengembangan standar seperti US Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), British Society for Antimicrobial Chemotherapy (BSAC), dan European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) (Humphries R *et al* 2021, Andrews JM *et al* 2001).

Tujuan pengukuran MIC dan penilaian mikroba adalah untuk memungkinkan dokter meresepkan pengobatan antimikroba yang paling tepat. Langkah pertama dalam penemuan obat sering kali adalah pengukuran MIC dari ekstrak biologis, senyawa yang diisolasi atau perpustakaan kimia besar terhadap bakteri dan jamur yang diinginkan (Turnidge JD *et al* 2003, O'Neill AJ *et al* 2004)

### 2.8.3 Konsentrasi Bunuh Minimum

Konsentrasi bunuh minimum, konsentrasi bakterisidal minimum, atau KBM (bahasa Inggris: *minimum bactericidal concentration*, MBC) adalah konsentrasi terendah dari suatu agen antibakteri yang diperlukan untuk membunuh bakteri atau jamur tertentu (Amyes S *et al* 1996). KBM dapat ditentukan dari uji konsentrasi hambat minimum (KHM) pengenceran kaldu dengan melakukan subkultur pada lempeng agar yang tidak mengandung agen uji. KBM diidentifikasi dengan menentukan konsentrasi agen antibakteri atau antijamur terendah yang mengurangi viabilitas inokulum bakteri awal sebesar ≥99,9% (Arthur L. Barry *et. al.*1999).

KBM bersifat komplementer terhadap KHM; uji KHM menunjukkan tingkat agen antimikroba terendah yang menghambat pertumbuhan, sedangkan KBM menunjukkan tingkat agen antimikroba terendah yang mengakibatkan kematian mikroba.Ini berarti bahwa meskipun KHM tertentu menunjukkan penghambatan, pelapisan bakteri pada agar masih dapat menyebabkan proliferasi organisme karena antimikroba tidak menyebabkan kematian. Agen antibakteri biasanya dianggap sebagai bakterisida jika nilai KBM tidak lebih dari empat kali nilai KHM. Karena uji KBM menggunakan unit pembentuk koloni sebagai ukuran proksi viabilitas bakteri, uji ini dapat dikacaukan oleh agen antibakteri yang menyebabkan agregasi sel bakteri. Contoh agen antibakteri yang melakukan hal ini adalah flavonoid dan peptida (French GL 2006, Cushnie TP et al 2020).

### 2.8.4 Metode Pengujian Aktivitas Antijamur

Uji senyawa antijamur adalah uji untuk mengetahui apakah suatu senyawa uji dapat menghambat pertumbuhan jamur dengan mengukur respon pertumbuhan populasi mikroorganisme (jamur) terhadap agen antijamur (Pratiwi, 2008).

Beberapa metode uji antijamur di antaranya adalah metode difusi dan metode dilusi.Metode difusi merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam uji antimikroba.

Pengujian aktivitas antijamur dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan metode difusi dan dilusi.

1. Metode Difusi

Metode difusi dimana metode ini merupakan menguji daya antibakteri berdasarkan berdifusinya zat mikroba pada media. Metode ini digunakan untuk zat mikroba yang larut dan tidak larut. Metode difusi terdiri dari metode sumuran, silinder atau cakram, dan metode dengan parit. Efektivitas senyawa antimikroba ditandai dengan adanya zona hambat yang terbentuk di sekitar disk setelah di inkubasi.Metode difusi parit dengan membuat parit sepanjang diameter media dan zat uji diletakkan sepanjang parit tersebut, untuk bakterinya diletakkan pada bagian kiri dan kanan parit (Rollando.2019).

1. Metode Dilusi

 Metode ini merupakan metode penghambat pada media cair zat

antimikroba.Pada metode ini penghambatan dilihat dari kekeruhan larutan dan pada dilusi padat mengamati pada konsentrasi terendah. Metode ini digunakan untuk zat antimikroba yang larut sempurna (Rollando.2019).

### 2.8.5 Pengukuran Zona Hambat Antijamur

Pengukuran ukuran diameter zona hambat antimikroba menurut Kirby

Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol American Society for Microbiology (ASM) (2016) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Setelah inkubasi, ukur ukuran diameter zona hambat ke millimeter terdekat menggunakan penggaris atau jangka sorong melewati kertas cakram; termasuk diameter kertas cakram ke dalam pengukuran.
2. Saat mengukur diameter zona hambat, selalu bulatkan ke milimeter berikutnya.
3. Semua pengukuran dilakukan dengan mata telanjang sambil melihat bagian belakang cawan petri. Pegang cawan petri beberapa inci di atas permukaan hitam yang tidak memantulkan cahaya yang diterangi dengan cahaya yang dipantulkan.
4. Lihat cawan petri menggunakan garis pandang vertikal langsung untuk menghindari paralaks yang dapat mengakibatkan kesalahan pembacaan.
5. Catat ukuran zona hambat pada lembar pencatatan.
6. Jika penempatan kertas cakram (disk) atau diameter zona hambat yang diperoleh tumpang tindih sehingga tidak memungkinkan anda untuk membaca diameter zona hambat, maka ukur dari pusat kertas cakram (disk) hingga ke satu titik pada pinggir keliling zona (jari-jari zona) dan kalikan pengukuran dengan

2 untuk menentukan diameternya. Dalam protokol uji kerentanan difusi disk Kirby-Bauer, pengukuran ukuran zona hambat; metode alternatif untuk mengukur zona hambat jika zona hambat disk antibiotik yang berdekatan tumpang tindih, diameter zona hambat dapat ditentukan dengan mengukur jarijari zona, kemudian dikali 2 untuk mendapatkan ukuran diameter zona hambat. Ukur dari pusat disk antibiotik menuju titik pada keliling tepi zona (jari-jari zona), kemudian kalikan pengukuran ini dengan 2 untuk menentukan diameter zona hambat. Contohnya, misalkan jari-jari zona adalah 16 mm, maka kalikan pengukuran ini dengan 2 untuk menentukan zona hambat ukuran yaitu 32 mm.

1. Pertumbuhan hingga tepi kertas cakram (disk) dapat dilaporkan sebagai zona hambat 0 mm atau dianggap tidak ada zona hambat.
2. Organisme seperti Proteus mirabilis yang swarming (berkerumun), harus diukur secara berbeda dari organisme non-swarming (tidak berkerumun). Abaikan selubung tipis yang berkerumun dan ukur margin luar di zona penghambatan yang jelas.
3. Koloni yang berbeda dan terpisah dalam zona hambat yang jelas, tidak boleh dianggap berkerumun. Koloni ini adalah organisme mutan yang lebih resisten terhadap obat yang diuji, atau kulturnya tidak murni dan mereka adalah organisme yang berbeda. Jika ditentukan dengan pengujian berulang bahwa fenomena tersebut berulang, organisme harus dianggap resisten terhadap obat itu (Hudzicki, 2009).

### 2.8.6 Interpretasi Diameter Zona Hambat Antijamur terhadap *Candida albicans* (mm)

Pengujian dilakukan di bawah kondisi standar, dimana kondisi standar berpedoman kepada CLSI. Standar interpretasi antibiotik Fluconazole 25 terhadap *Candida albicans*.

**Tabel 2. 1** Standar Interpretasi Minimal Inhibitor Konsentrasi Antibiotik Fluconazole 25μg Terhadap Candida albicans (CLSI, M60-ED2)

|  |  |
| --- | --- |
| Antibiotik  | Interpretasi Minimal Inhibitor Konsentrasi Antibiotik Terhadap *Candida albicans*  |
| Susceptible  | Susceptible-Dose Dependant  | Resistant  |
| Fluconazole  | ≥ 2  | 4  | ≤ 8  |

**Tabel 2. 2** Standar Interpretasi Diameter Zona Hambat Antibiotik Fluconazole 25μg Terhadap Candida albicans (CLSI, M44-ED3)

|  |  |
| --- | --- |
|  Antibiotik  | Interpretasi Diameter Zona Hambat Antijamur terhadap *Candida albicans* (mm)  |
| Susceptible  | Susceptible-Dose Dependant  | Resistant  |
| Fluconazole  | ≥ 19  | 15-18  | ≤ 14  |

Nilai diameter zona dan kategori ditetapkan oleh CLSI untuk kategori

Susceptible, Susceptible-Dose Dependant dan Resistant.

**Rentan (Susceptible)** – Organisme dengan nilai MIC atau zona yang menunjukkan penghambatan pada antimikroba yang biasanya dapat dicapai konsentrasi yang menghasilkan kemungkinan kemanjuran klinis.

**Ketergantungan Dosis Rentan (SDD)** – kerentanan bergantung pada regimen **dosis** yang menghasilkan paparan yang lebih tinggi (misalnya, dosis yang lebih tinggi, dosis yang lebih sering, atau keduanya). Rezim yang didukung literatur secara maksimal meningkatkan kemungkinan dari kemanjuran klinis.

**Tahan (Resistant)** - MIC atau diameter zona yang menunjukkan organisme tidak dihambat oleh konsentrasi yang biasanya dapat dicapai agen dengan jadwal dosis normal dan/atau mekanisme resistensi mikroba tertentu kemungkinan besar menyebabkannya kurangnya kemanjuran klinis.