

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infeksi

Infeksi tetap menjadi ancaman yang terus berkembang, terutama dengan munculnya patogen baru dan resistensi terhadap obat. Indonesia memiliki iklim tropis yang lembab dan panas juga menjadi salah satu faktor penyebab munculnya berbagai macam infeksi. Kondisi ini menegaskan pentingnya memahami infeksi secara menyeluruh, mulai dari penyebab, mekanisme, hingga cara pencegahannya (Alfadli & Khairunisa, 2024).

2.1.1 Definisi

Secara umum, infeksi merupakan kondisi di mana mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur atau parasit masuk ke dalam tubuh makhluk hidup yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah dan berkembang biak di dalamnya, sehingga dapat menyebabkan gejala atau penyakit pada tubuh yang terinfeksi (Alfadli & Khairunisa, 2024). Sementara dari sudut pandang mikrobiologi, infeksi didefinisikan sebagai interaksi antara patogen dan inang yang menghasilkan kolonisasi, invasi, serta kerusakan jaringan yang teridentifikasi secara laboratoris. Infeksi dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa faktor, seperti: penyebab, lokasi, durasi, pola penyebarannya, cara penularannya, dan imunologi (Limato et al., 2022).

Tabel 2.1 Klasifikasi infeksi berdasarkan beberapa faktor

| Berdasarkan Penyebab | Berdasarkan Lokasi | Berdasarkan Durasi | Berdasarkan Pola Penyebaran | Berdasarkan Cara Penularan | Berdasarkan Imunologi |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Infeksi Bakteri | Infeksi Saluran Pernapasan | Infeksi Akut | Infeksi Lokal | Infeksi Kontak Langsung | Infeksi Primer |
| Infeksi Virus | Infeksi Saluran Kemih | Infeksi Kronis | Infeksi Sistemik | Infeksi Melalui Udara | Infeksi Sekunder |
| Infeksi Jamur | Infeksi Kulit & Jaringan Lunak | Infeksi Laten | Infeksi Nosokomial | Infeksi Melalui Konsumsi | Infeksi Oportunistik |
| Infeksi Parasit | Infeksi Sistem Saraf | | Infeksi Komunitas | Infeksi Vektor | |

2.1.2 Etiologi

Infeksi kulit merupakan salah satu masalah kesehatan yang umum terjadi dari segala usia di seluruh dunia. Infeksi kulit adalah kondisi patologis yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, virus, atau parasit yang menyerang lapisan kulit, menyebabkan peradangan, lesi, atau gejala klinis lainnya (Jartarkar et al., 2022). Di antara mikroba penyebab infeksi kulit, *Staphylococcus aureus* adalah bakteri yang paling sering ditemukan sebagai penyebab infeksi bakteri kulit. Diikuti oleh infeksi jamur *Trichophyton* atau *Candida*, juga menjadi masalah yang signifikan, terutama pada individu dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah.

a) Jamur *Trichophyton rubrum*

T. rubrum adalah dermatofita yang berperan paling dominan yang menyebabkan sebagian besar infeksi jamur superfisial di seluruh dunia. Klasifikasi *T. rubrum* adalah sebagai berikut (Rossi et al., 2021):

| | |
|----------|------------------------------|
| Kerajaan | : Fungi |
| Divisi | : Ascomycota |
| Kelas | : Euascomycetes |
| Ordo | : Onygenales |
| Famili | : Arthrodermataceae |
| Genus | : <i>Trichophyton</i> |
| Spesies | : <i>Trichophyton rubrum</i> |



Gambar 2.1 Mikroskopis *Trichophyton rubrum*

(Rossi et al., 2021)

T. rubrum dibedakan menjadi *T. rubrum* berbulu halus dan *T. rubrum* tipe granuler. *T. rubrum* berbulu halus memiliki karakteristik yaitu produksi

mikrokonidia yang jumlahnya sedikit, halus, tipis, kecil, dan tidak mempunyai makrokonidia, sedangkan karakteristik *T.rubrum* tipe granuler yaitu produksi mikrokonidia dan makrokonidia yang jumlahnya sangat banyak. Mikrokonidia berbentuk clavate dan pyriform, makrokonidia berdinding tipis, dan berbentuk seperti cerutu. *T.rubrum* berbulu halus adalah strain jamur yang paling banyak menyebabkan infeksi kronis pada kulit. Sedangkan *T.rubrum* tipe granuler menyebabkan penyakit *Tinea corporis* (kurap).



Gambar 2.2 Kondisi penderita *Tinea corporis*
(Crotti et al., 2024)

Tinea corporis ditandai dengan lesi kulit berbentuk cincin atau bulat yang biasanya gatal, merah, dan bersisik di permukaan kulit. Jamur ini dapat menginfeksi area tubuh mana saja yang tidak tertutup oleh pakaian, meskipun sering ditemukan di area yang lebih lembap seperti lengan, kaki, dan area tubuh bagian tengah (Crotti et al., 2024).

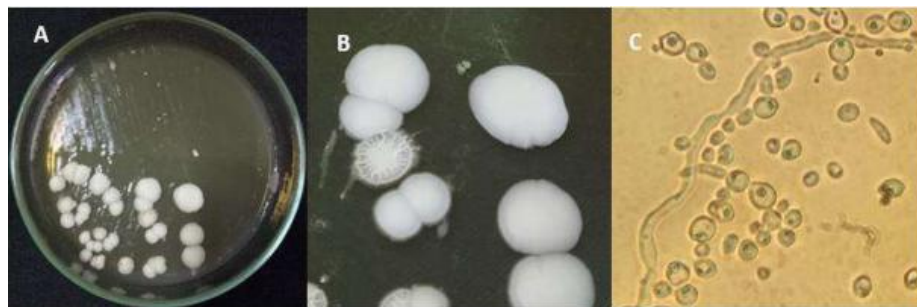
T. rubrum termasuk dalam kategori jamur antropofilik dan yang tersering menyebabkan penyakit kronis. Invasi jamur ini dapat menimbulkan kelainan pada kulit, rambut, dan kuku. *T. rubrum* dapat hidup dan berkembang pada lapisan epidermis dengan enzim keratinase, protease dan katalase, serta memproduksi enzim hidrolitik, yaitu fosfatase, super oksid dismutase, asam lemak jenuh dan lipase. *T. rubrum* setelah menginvasi sel keratin, menerobos ke dalam epidermis dan selanjutnya akan menimbulkan reaksi peradangan atau inflamasi (Soekiman, 2015).

Suhu inkubasi optimal untuk *T. rubrum* berkisar antara 25°C hingga 30°C karena jamur ini sering ditemukan hidup pada kulit manusia yang diketahui umumnya memiliki suhu 30°C, sehingga *T. rubrum* dapat membentuk koloni yang stabil dan berkembang biak dengan efektif, mempertahankan daya infeksi, dan beradaptasi dengan kondisi tubuh manusia, yang menjadikannya suhu inkubasi yang optimal untuk pertumbuhannya (Crotti et al., 2024).

b) Jamur *Candida albicans*

C. albicans adalah jenis jamur yang termasuk dalam genus *Candida*. Jamur ini normal ditemukan di saluran pencernaan, mulut, kulit, dan alat kelamin. Namun, *C. albicans* dapat menjadi patogen oportunistik yang menyebabkan infeksi ketika keseimbangan mikrobiota terganggu atau ketika sistem kekebalan tubuh melemah. Klasifikasi *C. albicans* adalah sebagai berikut (Talapko et al., 2021):

Kerajaan : Fungi
 Divisi : Ascomycota
 Kelas : Saccharomycetes
 Ordo : Saccharomycetales
 Famili : Saccharomycetaceae
 Genus : *Candida*
 Spesies : *Candida albicans*



Gambar 2.3 *Candida albicans*. Koloni jamur pada media SDA (a), koloni berwarna putih, berbentuk bulat halus dengan tepi rata (b), mikroskopik jamur tampak pseudohifa dan blastospora (c) (Bintari et al., 2020)

C. albicans adalah sel ragi bertulang tipis, gram positif, tidak memiliki kapsul, berbentuk oval hingga bulat dengan ukuran 2-3 x 4-6 μm . *C. albicans* juga membentuk *pseudohifa* ketika tunas-tunasnya terus bertumbuh, tetapi gagal melepaskan diri sehingga menghasilkan rantai-rantai sel panjang yang bertakik atau menyempit pada lokasi penyekatan di antara sel. *C. albicans* bersifat dimorfik, selain ragi dan pseudohifa, ia juga dapat menghasilkan hifa sejati (Bintari et al., 2020).

C. albicans adalah flora normal kulit yang dapat menyebabkan infeksi melalui perlekatan pada sel epitel menggunakan protein adhesi. Jamur ini mensekresikan enzim proteolitik yang merusak jaringan inang, memfasilitasi invasi, dan menghasilkan mikotoksin seperti gliotoksin yang menghambat fagositosis. Selanjutnya, *C. albicans* membentuk biofilm pada kulit, melindungi koloni jamur dalam matriks ekstraseluler. Infeksi kulit akibat *C. albicans* ditandai dengan ruam merah dan gatal, terutama di area lipatan atau kulit kering. (Soekiman, 2015).

C. albicans umumnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam untuk pertumbuhan optimal. Suhu ini meniru kondisi suhu tubuh manusia yang merupakan lingkungan alami bagi *C. albicans*. Sehingga, infeksi yang paling sering ditemukan adalah kandidiasis intertrigo karena didukung oleh lingkungan alaminya (Talapko et al., 2021).

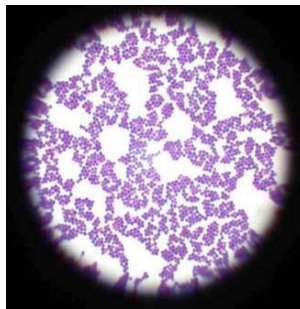


Gambar 2.4 Kondisi penderita kandidiasis intertrigo
(Healthjade, 2024)

c) Bakteri *Staphylococcus aureus*

S. aureus adalah flora normal yang dapat ditemukan pada kulit, hidung, dan saluran pernapasan atas manusia, tetapi dapat menjadi patogen oportunistik. Klasifikasi *S. aureus* adalah sebagai berikut:

| | |
|----------|--------------------------------|
| Kerajaan | : Monera |
| Divisi | : Firmicutes |
| Kelas | : Firmibacteria |
| Ordo | : Eubacteriales |
| Famili | : Micrococcaceae |
| Genus | : Staphylococcus |
| Spesies | : <i>Staphylococcus aureus</i> |



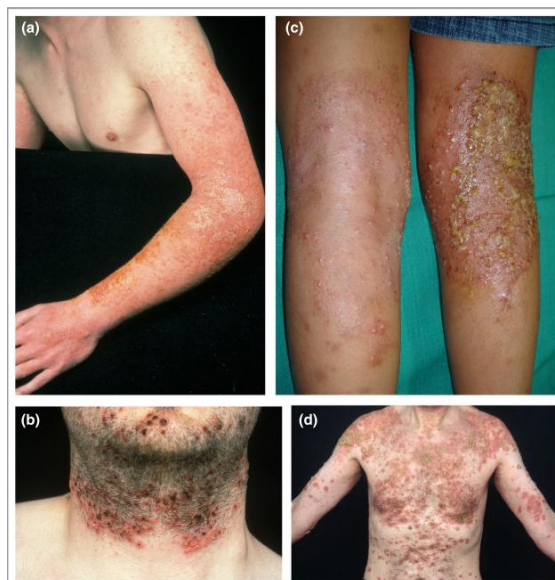
Gambar 2.5 Mikroskopis *Staphylococcus aureus*
(Jubeh et al., 2020)

S. aureus merupakan bakteri gram-positif yang mempunyai bentuk kokus berukuran 1 μm dengan bentuk seperti anggur. Bakteri ini tidak aktif bergerak dan tidak membentuk spora. Koloni berwarna bening dan berukuran besar dengan diameter 6-8 mm. Sedangkan strain koloni membentuk pigmen berwarna kuning gading atau jingga. Bakteri tahan terhadap suhu panas dengan suhu 50°C selama 30 menit. Untuk keperluan laboratorium dan penelitian, suhu 37°C tetap menjadi standar inkubasi untuk memastikan pertumbuhan optimal *S. aureus*. Karena pada suhu tersebut, enzim-enzim metabolik *S. aureus* bekerja dengan efisiensi maksimal, mendukung proses seperti replikasi DNA, sintesis protein, dan metabolisme energi.

S. aureus dapat menginfeksi manusia pada membran mukosa di bagian nasal, saluran pernafasan bagian atas dan saluran pencernaan. Sifat yang paling khas dari

S. aureus yang bersifat patogen adalah penanahan lokal. Infeksi yang terjadi antara lain, meningitis, endokarditis, perikarditis, dan bisul. Infeksi yang terjadi bila pernanahan akan sembuh dengan cepat bila nanah dikeluarkan. *S. aureus* membentuk endotoksik yang stabil pada pemanasan. Salah satu gejala endotoksik ini dapat menyebabkan keracunan makan seperti mual, diare, dan muntah-muntah.

S. aureus memiliki peran signifikan sebagai penyebab atau pemicu pada dermatitis atopik. Meskipun dermatitis atopik adalah penyakit inflamasi kronis yang terutama disebabkan oleh faktor genetik, imunologis, dan lingkungan, *S. aureus* sering kali ditemukan berkolonisasi pada kulit penderita DA dan dapat memperburuk gejala (Jubeh et al., 2020).



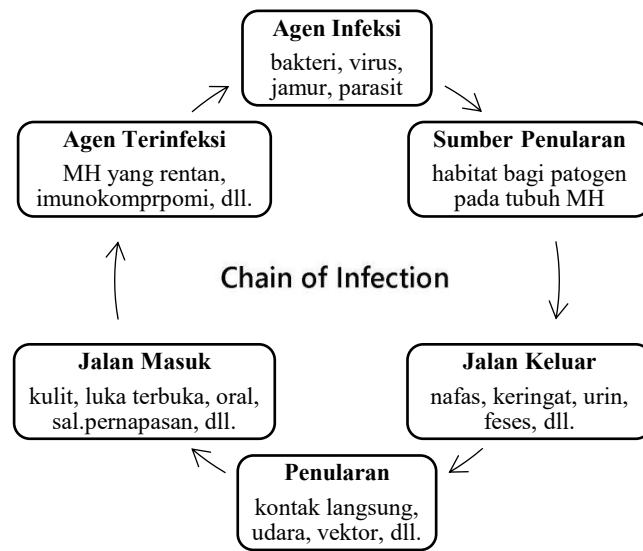
Gambar 2.6 Kondisi penderita dermatitis atopik (eksim)

(Jubeh et al., 2020)

2.1.3 Penularan

Penularan infeksi adalah proses kompleks yang melibatkan serangkaian tahapan yang saling berhubungan, yang dikenal sebagai rantai infeksi. Dalam rantai ini, mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit, berpindah dari satu individu atau sumber ke individu lain melalui berbagai jalur. Rantai infeksi dimulai dari agen infeksi, yang berkembang biak di reservoir, kemudian keluar

melalui portal keluar untuk ditularkan ke individu lain melalui cara penularan. Kejadian infeksi disebabkan oleh 6 komponen rantai penularan, apabila satu mata rantai diputus atau dihilangkan, maka penularan infeksi dapat dicegah atau dihentikan. Enam komponen rantai penularan infeksi, yaitu (WHO, 2024):



Gambar 2.7 Skema Rantai Infeksi
(WHO, 2024)

2.1.4 Resistensi

Resisten merupakan sifat atau kemampuan suatu organisme, benda, atau sistem untuk menahan atau melawan pengaruh dari luar yang berusaha mengubah atau merusaknya. Di bidang pengobatan, resisten antimikroba dapat diartikan sebagai kondisi dimana mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit menjadi kebal terhadap obat-obatan antimikroba yang sebelumnya efektif untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme tersebut. Obat antimikroba meliputi antibiotik, antivirus, antijamur, dan antiparasit.

Resisten antimikroba dapat menimbulkan dampak buruk seperti infeksi menjadi lebih sulit diobati, peningkatan angka kematian akibat infeksi, biaya perawatan kesehatan yang lebih tinggi, serta risiko penyebaran mikroorganisme resisten yang lebih luas. Berikut faktor-faktor penyebab terjadinya infeksi yaitu:

- a. Penggunaan obat antimikroba yang berlebihan atau tidak tepat
- b. Ketidakpatuhan pasien (dosis & durasi)
- c. Penggunaan antimikroba dalam peternakan:
- d. Kontaminasi lingkungan:
- e. Kurangnya pengembangan obat baru

Penanganan kasus resisten antimikroba memerlukan pendekatan yang terintegrasi, melibatkan berbagai sektor seperti kesehatan, peternakan, lingkungan, dan masyarakat. Berikut adalah upaya yang dapat dilakukan:

- a. Penggunaan antimikroba yang bijak
- b. Pengawasan dan regulasi
- c. Pendidikan dan penyadaran masyarakat
- d. Pencegahan infeksi
- e. Penelitian dan pengembangan
- f. Kolaborasi Global

Beberapa contoh kasus resisten antimikroba terhadap patogen penyebab infeksi kulit, yaitu *T. rubrum* paling dominan resistensi terhadap pengobatan standar. Beberapa penelitian mengatakan bahwa jamur *T. rubrum* dengan tipe klinis *tinea corporis* resistensi terhadap terapi *terbinafine* sistemik dan topikal (Rossi et al., 2021), *itraconazole* serta golongan *azole* sistemik lainnya (Khalaf et al., 2023). Penelitian lain juga mengatakan bahwa jamur *C. albicans* resistensi tidak terbatas pada *terbinafine*, *flukonazol* dan antijamur *azole* lainnya (Bhattacharya et al., 2020). Penggunaan *azole* secara luas telah menyebabkan munculnya strain yang resistan, sehingga mempersulit pilihan pengobatan (Bilal et al., 2022).

Kemudian, *S. aureus* termasuk bakteri yang sangat adaptif dan juga dapat mengembangkan resistensi terhadap berbagai jenis antibiotik (Chambers & Fowler, 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bakteri *S. aureus* memiliki tingkat resistensi yang tinggi terhadap antibiotik *cephalosporin* (Sagita et al., 2020), *azitromycin*, *eritromycin*, *clindamycin*, serta sensitivitas terhadap *vancomycin* dan *tigecycline* (An et al., 2024).

2.2 Penatalaksanaan

2.2.1 Antibiotik

a) Definisi

Antibiotik merupakan suatu senyawa yang didapatkan melalui mikroorganisme dengan konsentrasi rendah yang dapat menghambat dari pertumbuhan mikroorganisme lain. Antibiotik yang umum digunakan pada kasus dermatitis atopik (eksim) yang disebabkan oleh *S.aureus* yaitu dengan terapi kortikosteroid topikal untuk mengatasi peradangan dan gatal (Frazier & Bhardwaj, 2020).

b) Penggolongan

Antibiotik dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori, seperti mekanisme kerja, spektrum aktivitas, sifat, dan asalnya. Berdasarkan mekanisme kerjanya, antibiotik terbagi 5 golongan yaitu inhibitor sintesis dinding sel, inhibitor sintesis protein, inhibitor sintesis asam nukleat, inhibitor metabolisme bakteri, dan disruptor membran sel. Berdasarkan spektrum aktivitas terbagi menjadi 2 golongan yaitu *Narrow-spectrum* (spektrum sempit) adalah efektif melawan jenis bakteri tertentu saja, contohnya Penisilin G efektif untuk bakteri gram positif. Dan *Broad-spectrum* (spektrum luas) yaitu efektif melawan berbagai jenis bakteri gram positif dan negatif, contohnya amoksisilin dan tetrasiklin.

Berdasarkan sifatnya terbagi menjadi 2 golongan yaitu bakterisid yang mampu membunuh bakteri secara langsung, contohnya penisilin, aminoglikosida, fluorokuinolon. Dan bakteriostatik yaitu antibiotik yang menghambat pertumbuhan dan reproduksi bakteri tanpa membunuhnya secara langsung, contohnya tetrasiklin, makrolida, sulfonamida. Berdasarkan asalnya, antibiotik terbagi menjadi 3 golongan yaitu antibiotik alami yang diproduksi oleh mikroorganisme, contohnya penisilin (dari *Penicillium notatum*), lalu antibiotik sintetis yang diproduksi melalui proses kimiawi, contohnya sulfonamida, dan antibiotik semi-sintetis yaitu hasil modifikasi kimiawi dan antibiotik alami, contohnya amoksisilin. Agar lebih jelas dapat dilihat pada tabel 2.2 Penggolongan Antibiotik yang telah terlampir (Limato et al., 2022).

Tabel 2.2 Penggolongan Antibiotik

| No. | Golongan | Nama Obat | Mekanisme | Spektrum | Sifat |
|-----|-----------------|---|---|------------------------|----------------|
| 1. | Penisilin | Ampisilin, Amoksisilin. | Menghambat pembentukan dari mukopeptida yang diperlukan untuk sintesis dinding sel mikroba. | <i>Narrow-spectrum</i> | Bakterisid |
| 2. | Monobactam | Aztreonam | Menghambat sintesis dinding sel bakteri. | <i>Narrow-spectrum</i> | Bakterisid |
| 3. | Cephalosporin | Cefadroxil, Cefuroxim, Ceftriaxon, Cefixim, Cefotaxim | Menghambat pembentukan dari mukopeptida yang diperlukan untuk sintesis dinding sel mikroba. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakterisid |
| 4. | Kloramfenikol | Kloramfenikol, Thiamphenicol | Menghambat sintesis protein. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakteriostatik |
| 5. | Tetracycline | Tetracycline, Oxytetracycline, Minocycline | Menghambat sintesis protein pada ribosomnya. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakteriostatik |
| 6. | Makrolida | Erythromycin, Azithromycin, Clarithromycin, Spyramicin, Roxithromycin | Menghambat sintesis protein kuman dengan cara berikatan secara reversibel dengan ribosom. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakteriostatik |
| 7. | Quinolon | Asam pipemidat, As. nalidiksat | Menghambat kerja enzim DNA pada bakteri. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakterisid |
| 8. | Fluoroquinolone | Ciprofloxacin, Norfloxacin, Pefloxacin, Ofloksasin. | Menghambat kerja DNA gyrase atau topoisomerase IV pada bakteri. | <i>Broad-spectrum</i> | Bakterisid |
| 9. | Aminoglikosida | Gentamysin, Kanamycin, Tobramysin, Neomycin, Streptomycin | Berikatan dengan ribosom dan menghambat sintesis dari protein. | <i>Narrow-spectrum</i> | Bakterisid |
| 10. | Clindamycin | Clindamycin | Menghambat sintesis protein dengan cara berikatan dengan ribosom. | <i>Narrow-spectrum</i> | Bakteriostatik |
| 11. | Sulfonamida | Sulfadiazin, Sulfamerazin, Sulfamezatin, Sulfametoksazol | Menghambat enzim esensial dalam metabolisme folat | <i>Broad-spectrum</i> | Bakteriostatik |
| 12. | Carbapenem | Imipenem, Meropenem. | Menghambat sintesis dinding sel bakteri | <i>Broad-spectrum</i> | Bakterisid |

2.2.2 Antijamur

a) Definisi

Antijamur adalah kelompok obat yang digunakan untuk mencegah atau mengobati infeksi yang disebabkan oleh jamur. Antijamur yang umum digunakan untuk pengobatan penyakit kurap adalah *itraconazole* dan *terbinafine*, serta beberapa preparat topikal seperti mikonazol nitrat, tolnaftat, amphotericin-B, fluconazole, dan klotrimazol. Jika ditemukan kasus sulit, griseofulvin oral dapat diberikan (Khalaf et al., 2023). Sementara itu, tatalaksana penyakit kandidiasis kulit biasanya menggunakan obat antijamur topikal seperti Clotrimazole dan Miconazole, dengan tingkat kesembuhan 73-100%. Jika terapi topikal tidak efektif, obat antijamur oral seperti Fluconazole dapat digunakan (Bhattacharya et al., 2020).

b) Penggolongan

Antijamur dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori, seperti mekanisme kerja, spektrum aktivitas, sifat, dan fungsinya. Berdasarkan mekanisme kerjanya, antijamur terbagi atas 3 golongan yaitu mengganggu membran sel jamur, menghambat sintesis dinding sel jamur, dan mengganggu replikasi jamur. Berdasarkan spektrum aktivitasnya terbagi menjadi 2 golongan yaitu *Narrow-spectrum* (spektrum sempit) adalah efektif melawan jenis jamur tertentu saja, contohnya nistatin (kandidiasis superfisial). Dan *Broad-spectrum* (spektrum luas) yaitu efektif melawan berbagai jenis jamur superfisial dan sistemik, contohnya amfoterisin-B dan flukonazol.

Berdasarkan sifatnya, antijamur terbagi menjadi 2 golongan yaitu fungisidal yang mampu membunuh jamur secara langsung dengan merusak struktur, contohnya amfoterisin-B & ekinokandin, lalu fungistatik yang hanya mampu menghambat pertumbuhan dan reproduksi jamur, tetapi tidak langsung membunuh, contohnya azole, griseofulvin. Berdasarkan fungsinya terbagi menjadi 2 golongan yaitu mengobati infeksi superfisial, seperti infeksi kulit, kuku, atau selaput lendir (contoh: kandidiasis, kurap). Kemudian mengatasi infeksi sistemik yang lebih serius, seperti aspergilosis atau kandidiasis invasif, yang dapat memengaruhi organ dalam (Carmo et al., 2023).

Tabel 2.3 Penggolongan Antijamur

| No. | Golongan | Nama Obat | Mekanisme | Spektrum | Sifat |
|-----|---------------|---|--|--|-------------|
| 1. | Poliena | Amfoterisin B, Nistatin | Mengikat ergosterol di membran sel jamur | <i>Narrow-spectrum</i> (jamur patogenik) | Fungisidal |
| 2. | Antimetabolit | Flustosin | Diubah menjadi flourouracil, mengganggu sintesis pirimidin dan RNA | <i>Narrow-spectrum</i> (jamur patogenik) | Fungistatik |
| 3. | Azole | Ketokonazol, Itrakonazol, Flukonazol, Varikonazol. | Menghambat sintesis ergosterol | <i>Broad-spectrum</i> (jamur dimorfik) | Fungistatik |
| 4. | Echinocandin | Caspofungin, Micafungin, Anidulafungin. | Mengganggu sintesis dinding sel | <i>Broad-spectrum</i> (jamur dimorfik) | Fungistatik |

2.2.3 Mekanisme Kerja Antimikroba

Mekanisme kerja antimikroba meliputi beberapa cara, yaitu: pertama, menghambat sintesis dinding sel, yang menyebabkan dinding sel pecah akibat tekanan osmotik. Kedua, mengubah permeabilitas membran plasma dengan mengganggu sintesis lipoprotein, sehingga plasma sel bocor. Ketiga, menghambat sintesis protein dengan mengganggu proses translasi. Keempat, menghambat sintesis asam nukleat dengan mengganggu replikasi dan transkripsi; dan terakhir menghambat kerja enzim dalam sel, yang mengganggu metabolisme sel (An et al., 2024).

2.3 Metoda Pengujian Aktivitas Antimikroba

Metode pengujian antimikroba bertujuan untuk mengetahui efektivitas suatu zat terhadap bakteri. adapun beberapa macam metode yang dapat diujikan sebagai berikut.

2.3.1 Metode Difusi

Metode yang sering digunakan adalah metode ini untuk menentukan aktivitas dari mikroba yang diujikan yakni dapat dibagi menjadi tiga metode yakni cakram, parit dan sumuran (Nurhayati et al., 2020).

1. Metode cakram (*disk diffusion method*)

Prinsip dalam metode ini, agen antimikroba yang diuji ditempatkan pada cakram kecil yang kemudian diletakkan di atas permukaan agar yang telah diinokulasi dengan mikroorganisme target. Setelah inkubasi, agen antimikroba akan difusi ke dalam agar, menciptakan zona hambatan (area tanpa pertumbuhan mikroorganisme) di sekitar cakram jika agen tersebut efektif.

Interpretasi berupa ukuran zona hambatan diukur dan digunakan untuk menilai sensitivitas mikroorganisme terhadap agen antimikroba. Semakin besar zona hambatan, semakin efektif agen tersebut. Kelebihan metode ini yaitu sederhana, murah, dan mudah dilakukan. Namun terdapat kekurangan seperti tidak memberikan informasi kuantitatif tentang konsentrasi minimum yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

2. Metode parit (*agar well diffusion method*)

Prinsip dalam metode parit, lubang kecil atau parit dibuat di permukaan agar yang telah diinokulasi dengan mikroorganisme. Agen antimikroba yang diuji kemudian dimasukkan ke dalam lubang tersebut. Setelah inkubasi, agen antimikroba akan difusi dari parit ke dalam agar, menciptakan zona hambatan di sekitar lubang.

Interpretasinya seperti pada metode cakram, ukuran zona hambatan digunakan untuk menilai efektivitas agen antimikroba. Ukuran zona hambatan dapat menunjukkan seberapa sensitif mikroorganisme terhadap agen yang diuji. Kelebihan dari metode ini dapat memberikan hasil yang lebih jelas dibandingkan metode cakram karena agen antimikroba ditempatkan dalam jumlah yang lebih besar di dalam parit. Namun terdapat kekurangan seperti membutuhkan pembuatan parit yang tepat pada agar, yang memerlukan ketelitian.

3. Metode sumuran (*broth dilution method*)

Prinsip metode ini melibatkan penambahan berbagai konsentrasi agen antimikroba ke dalam tabung atau sumuran yang berisi media cair (*broth*) yang telah diinokulasi dengan mikroorganisme. Setelah inkubasi, pertumbuhan mikroorganisme diamati. Konsentrasi terendah agen antimikroba yang masih dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme disebut sebagai *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC).

MIC adalah nilai konsentrasi minimum agen antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Ini memberikan informasi kuantitatif tentang efektivitas agen antimikroba. Kelebihan metode ini dapat memberikan informasi kuantitatif tentang konsentrasi agen antimikroba yang diperlukan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Tetapi kekurangannya lebih memakan waktu dan memerlukan peralatan yang lebih lengkap dibandingkan metode cakram dan parit.

2.3.2 Metode Mikrodilusi

Metode dilusi terdiri dari dua macam teknik yang dapat dilakukan yaitu dilusi cair dan dilusi agar. Teknik ini bertujuan agar dapat ditentukannya aktivitas mikroba secara kuantitatif dan akan diketahui konsentrasi hambat minimum (KHM) dan konsentrasi bunuh minimum (KBM) (Apriliana et al., 2018).

1. Metode dilusi cair (*broth dilution test*)

Dalam metode dilusi cair dapat dilakukan dengan dibuatnya seri pengenceran agen antibakteri pada medium cair lalu akan ditambah dengan bakteri uji. Hasil yang didapatkan yakni agen antibakteri pada kadar terkecil yang akan terlihat jernih yang tidak ada bakteri ditetapkan sebagai KHM lalu akan dikultur pada media cair dengan tidak ditambahkan bakteri uji lalu diinkubasi 18–24 jam. Media cair yang tetap terlihat jernih setelah diinkubasi ditetapkan sebagai KBM.

2. Metode dilusi padat (*solid dilution test*)

Prinsip dari metode dilusi mirip dengan metode dilusi cair tetapi perbedaannya pada media yang akan digunakan. Pada metode dilusi padat ini disetiap konsentrasi obat akan dicampurkan dengan media agar yang ditanami bakteri lalu diinkubasi.

2.3.3 Metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan teknik mikroskopi yang menggunakan berkas elektron terfokus untuk mengkondisikan permukaan sampel dan menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi. SEM adalah jenis mikroskop elektron yang memanfaatkan berkas elektron yang dipantulkan atau dilepaskan dari permukaan sampel untuk menciptakan gambar permukaan objek. SEM mampu mencapai resolusi di bawah 1 nanometer, memungkinkan analisis detail struktur permukaan pada tingkat mikro dan nano.

SEM memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek. SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan sehingga gambar yang ditampilkan dalam layar dapat dilihat secara 3 dimensi. Bahan isolasi atau struktur konduktif/isolasi gabungan dapat dicitrakan dengan keberhasilan yang bervariasi (Karolina et al., 2022).

Prinsip kerja metode ini yaitu berkas elektron dihasilkan dari sumber elektron dan dipercepat melalui kolom dengan menggunakan lensa elektromagnetik. Berkas ini kemudian difokuskan pada permukaan sampel, di mana interaksi antara berkas dan atom dalam sampel menghasilkan berbagai sinyal, termasuk elektron sekunder dan *backscattered*.

Pada pengamatan morfologi, bentuk dan ukuran sel bakteri memerlukan metode preparasi agar sampel bakteri tersebut dapat dibaca dengan jelas. Seluruh perlakuan yang diberikan pada saat persiapan sampel tidak boleh merubah struktur asli dari sampel tersebut agar hasil pengamatan SEM merepresentasikan struktur asli dari sampel (Subhan et al., 2022). Sehingga dapat mengetahui perubahan dari morfologi sel mikroba uji yang diberikan ekstrak etanol herba sirih cina (*Peperomia pellucida* L.)

2.4 Tinjauan Tanaman Herba Sirih Cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth)

Tanaman sirih cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika Selatan tetapi pada umumnya ditemukan di Asia Tenggara. Sirih cina tumbuh tersebar di semua daerah Indonesia yang teduh dan lembab seperti tepi selokan atau halaman bawah tanaman rindang. Habitat tanaman ini berada pada daerah dataran rendah dan tinggi. Tanaman sirih cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth) memiliki nama daerah yang berbeda-beda, di Jawa disebut seladaan, suruhan, rangurangu, di Sumatera disebut ketumpang anyer, di Maluku disebut gotu garoko, di Ternate disebut gofu, goroho, dan di Sulawesi Utara disebut rumput ayam atau pasan ratahan (Ahsan et al., 2024).



Gambar 2.8 Tanaman Sirih Cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth)
(Dokumentasi pribadi)

2.4.1 Morfologi dan Klasifikasi

Tanaman sirih cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth) termasuk tanaman herbaceous liar yang termasuk dalam suku Piperaceae. Tanaman ini memiliki akar serabut yang tertanam pada permukaan tanah (dangkal) dan berwarna putih. Batang tanaman sirih cina memiliki tinggi batang 20 sampai 40 cm, tegak, bercabang, bulat, tebalnya sekitar 5 mm, berair, dan lunak warnanya hijau pucat atau hijau muda. Dahan berbuku-buku serupa tumbuhan sirih.

Daun sirih cina memiliki bentuk daun tunggal, duduk spiral, lonjong, panjang 1-4 cm. Lebar daun sirih cina ini sekitar 0,5-2 cm berbentuk hati dan panjang sekitar 4 cm, ujung runcing, pangkal bertoreh, tepi rata, pertulangan melengkung, permukaan licin, lunak dan berwarna hijau. Bunga sirih cina tersusun dalam

rangkaian berbentuk bulir yang panjangnya 1-6 cm, warnanya hijau, terletak di ujung tangkai dan buah berbentuk bulat, ujung runcing, sangat kecil dengan diameter kurang dari mm tersusun seperti buah lada, berbentuk bujur dan berwarna hijau ketika muda dan coklat apabila matang (Ahsan et al., 2024).

Klasifikasi tanaman sirih cina (*Peperomia pellucida* L. Kunth) adalah sebagai berikut:

| | |
|--------------|---------------------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Subkingdom | : Tracheobionta |
| Super divisi | : Spermatophyta |
| Divisi | : Magnoliophyta |
| Kelas | : Magnoliopsida |
| Sub Kelas | : Magnoliidae |
| Ordo | : Piperales |
| Famili | : Piperaceae |
| Genus | : Peperomia |
| Spesies | : <i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth |

2.4.2 Kandungan Senyawa Kimia

Di banyak negara, herba sirih cina telah lama digunakan secara tradisional untuk mengobati berbagai macam penyakit, termasuk diabetes, nyeri otot, pegal-pegal, flu biasa, konjungtivitis, abses, bisul dan luka kulit, demam, sakit kepala, proteinuria, dan kejang-kejang (Ahmad et al., 2023). Herba Sirih Cina (*Peperomia pellucida* L.) memiliki aktivitas sebagai antibakteri, analgesik, antipiretik, antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, hipoglikemik, antifungi, antimikroba, dan antikanker (Ahsan et al., 2024). Berdasarkan hasil uji skrining fitokimia, herba Sirih Cina mengandung flavonoid, saponin, fenol, tanin, dan alkaloid. Diduga senyawa yang memberikan efek antibakteri ialah saponin, fenol, flavanoid, dan tanin.

Mekanisme saponin sebagai antibakteri adalah bereaksi dengan porin (protein transmembran) pada membran luar dinding sel bakteri, membentuk ikatan polimer yang kuat sehingga mengakibatkan rusaknya porin. Rusaknya porin yang merupakan pintu keluar masuknya senyawa akan mengurangi permeabilitas

membran sel bakteri yang akan mengakibatkan sel bakteri akan kekurangan nutrisi, sehingga pertumbuhan bakteri terhambat atau mati. Kandungan lain seperti fenol mampu merusak membran sel, membuat denaturasi protein, dan menginaktifkan enzim Lisozim sehingga dinding sel bakteri akan mengalami penurunan tegangan permukaan sel sehingga terjadi kematian sel.

Sementara flavonoid memiliki kemampuan mendenaturasi protein sel bakteri dan merusak membran sel yang mengakibatkan sel menjadi lisis. Mekanisme kerja flavonoid berfungsi sebagai antibakteri dengan cara membentuk senyawa kompleks terhadap protein ekstraseluler yang mengganggu keutuhan membran sel bakteri dengan cara mendenaturasi protein sel bakteri dan merusak membran sel tanpa dapat diperbaiki lagi. Aktivitas tanin diduga dapat bekerja dengan mengadakan kompleks hidrofobik dengan protein, menginaktivasi enzim dan protein transport dinding sel, sehingga mengganggu pertumbuhan bakteri.

Selain itu juga tanin dapat mengerutkan dinding sel sehingga mengganggu permeabilitas dinding sel akibatnya menghambat pertumbuhan bakteri atau bahkan mati. Serta senyawa isolasinya yaitu *pellucidin A*, *stigmasterol*, dan *fucosterol*. Senyawa *stigmasterol* dan *fucosterol* ini termasuk golongan senyawa steroid yang diduga memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan (Rahmawatiani et al., 2020).

Tabel 2.4 *State Of The Art* Penelitian Ekstrak Etanol (*Peperomia pellucida* L. Kunth)

| NO | Ekstrak | Senyawa | Hasil | Penulis |
|----|--|--|--|-------------------------------|
| 1. | Aktivitas Gel Ekstrak Etanol (<i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth) Terhadap Penyembuhan Luka Bakar | Alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, steroid, dan triterpenoid | Menunjukkan formulasi sediaan gel ekstrak etanol (<i>Peperomia pellucida</i> L. Kunth) memiliki aktivitas dalam penyembuhan luka bakar dengan konsentrasi terbaik yaitu 15% karena memiliki aktivitas yang paling efektif. | (Sianipar et al., 2024) |
| 2. | <i>Antifungal Activity Of (Peperomia pellucida L. Kunth) Ethanol Extract On The Growth Of Candida albicans</i> | Alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan fenolik. | Menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari tanaman sirih cina memiliki aktivitas antijamur terhadap <i>C. albicans</i> dengan kategori sedang dan memiliki diameter zona hambat tertinggi pada konsenttrasi 100% yaitu 8.20 ± 0.14 mm. | (Widayanti et al., 2024) |
| 3. | <i>Anti-inflammatory effectiveness of (Peperomia pellucida L. Kunth) in rats induced with periodontitis</i> | Alkaloid, flavonoid, tanin, polifenol, dan quinon. | Menunjukkan bahwa Ekstrak <i>Peperomia pellucida</i> memiliki efek antiinflamasi pada tikus yang diinduksi dengan periodontitis. | (Nasution et al., 2024) |
| 4. | <i>Pellucidin A Promotes Antinociceptive Activity by Peripheral Mechanisms Inhibiting COX-2 and NOS: In Vivo and In Silico Study</i> | <i>Pellucidin A</i> , alkaloid, flavonoid, saponin, dan polifenol. | Menunjukkan bahwa senyawa <i>Pellucidin A</i> dari herba <i>Peperomia pellucida</i> memiliki aktivitas analgesik karena dapat mengurangi rasa nyeri melalui mekanisme perifer yang melibatkan inhibisi jalur nitric oxide. | (Santos Queiroz et al., 2020) |
| 5. | Uji Antibakteri Ekstrak Kombinasi (<i>Centella asiatica</i>) & (<i>Peperomia pellucida</i> L. kunth) terhadap Bakteri <i>P. acnes</i> | Flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan triterpenoid | Menunjukkan bahwa sampel ekstrak kombinasi daun pegagan dan suruhan memiliki aktivitas antibakteri karena dapat menghambat pertumbuhan <i>P. acnes</i> dengan diameter zona hambat sebesar 4,41; 6,91; 7,25; dan 7,91 mm pada konsentrasi 20, 40, 60, dan 80%. | (Habibah et al., 2024) |