

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang *Bacillus sp*

1. Definisi *Bacillus sp*

Genus *Bacillus* ditemukan oleh Cohn pada tahun 1872 dan mencakup lebih dari 200 spesies (Miljakovic dkk, 2020). Bakteri *Bacillus sp* memiliki bentuk batang (basil pendek), sifat gram positif dan katalase positif. *Bacillus sp* dapat bertahan dalam kondisi aerob obligat atau anaerob fakultatif (Setiaji dkk, 2023). Bakteri dari genus *Bacillus* memiliki kemampuan untuk membentuk spora yang menyebabkan bakteri ini bertahan dalam kondisi lingkungan ekstrem seperti suhu tinggi, pembekuan, kekeringan, pH rendah dan radiasi (Apriliyansyah dkk, 2022).

Spesies yang termasuk dalam genus *Bacillus* memiliki sifat-sifat seperti acidofilik, alkalifilik, termofilik, psikrofilik, halotoleran atau halofilik dan mampu tumbuh pada wilayah dengan rentang pH, suhu dan salinitas yang banyak mikroorganisme lain tidak dapat bertahan hidup (Setiaji dkk, 2023). Bakteri ini umumnya tersebar di tanah, air, udara, serta sisa-sisa tanaman dan memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim dan mendegradasi substrat alami, yang berkontribusi pada siklus hara (Handayani dkk, 2023).

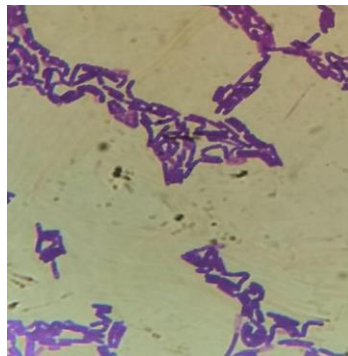
2. Klasifikasi *Bacillus sp*

Berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8 th editions* (Hadioetomo, 1985 dalam Napitupulu dkk, 2019) klasifikasi *Bacillus sp* antara lain :

Kingdom : *Procaryotae*
Divisi : *Bacteria*
Kelas : *Schizomycetes*
Ordo : *Eubacteriales*
Famili : *Bacillaceae*
Genus : *Bacillus*
Spesies : *Bacillus sp*

3. Morfologi *Bacillus sp*

Berdasarkan pengamatan mikroskopis, morfologi *Bacillus sp* yaitu berbentuk sel batang (rod) dan bersifat gram positif. Ukuran sel *Bacillus sp* bervariasi antara 0,5 hingga 2,5 μm \times 1,2 hingga 10 μm , sering kali membentuk rantai dengan ujung yang bulat atau kotak (Napitupulu dkk, 2019). *Bacillus sp* termasuk dalam kategori bakteri yang memiliki kemampuan bergerak (motil) dan hal ini terjadi karena keberadaan flagel tipe peritrikus (Maryati, 2022).



Gambar 1. *Bacillus sp*
(Royanti, 2022)

Genus *Bacillus* ditandai oleh karakteristik morfologisnya, yang mencakup hasil uji indol dan asam sitrat yang negatif, serta uji katalase yang positif. Isolat bakteri dari genus *Bacillus* juga memiliki kemampuan untuk melakukan fermentasi gula. Bakteri *Bacillus sp* mampu tumbuh pada rentang suhu 25°C-35°C (Karunia dkk, 2021). Meskipun kebanyakan bersifat aerobik, *Bacillus sp* juga dapat hidup sebagai fakultatif anaerob. Bakteri ini tersebar luas di berbagai habitat seperti tanah, air dan udara. Beberapa contoh spesies *Bacillus sp* meliputi *Bacillus fordii*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus azotoformans*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus fortis* dan *Bacillus oceanisediminis* (Chuljerm dkk, 2020; De Fretes dkk, 2019).

4. Patofisiologi *Bacillus sp*

Beberapa spesies *Bacillus sp* dapat menyebabkan keracunan makanan, terutama ketika isolat *Bacillus sp* menunjukkan strain dengan serotipe yang sama pada makanan yang dianggap terkontaminasi serta pada muntahan dan feses pasien. Bakteri *Bacillus cereus* merupakan salah

satu spesies *Bacillus sp* yang dapat masuk ke saluran pencernaan dan menyebabkan dua penyakit gastrointestinal: sindrom emetik (muntah) dan sindrom diare. Sindrom emetik muncul sekitar 5 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi toksin cereulide.

Toksin yang berasal dari *Bacillus cereus* yaitu cereulide tahan terhadap panas, pH dan proteolisis dalam makanan, menyebabkan muntah yang cepat dan akut. Sindrom diare dan kram perut biasanya terjadi antara 8 dan 16 jam setelah mengonsumsi makanan yang terkontaminasi dan disebabkan oleh sel hidup yang menghasilkan enterotoksin di usus halus. Enterotoksin ini termasuk enterotoksin hemolisin BL (HBL) dan enterotoksin non-hemolitik (NHE) dari endospora *Bacillus cereus*.

Selain memiliki sifat hemolitik dan demonekrotik, HBL memiliki potensi untuk meningkatkan sekresi cairan usus. Sebaliknya, NHE menciptakan pori-pori transmembran dan menyebabkan lisis osmotik. Infeksi cereulide memiliki dosis 10⁴–10⁹ sel/gram makanan, sedangkan infeksi *Bacillus cereus* memiliki dosis 10⁵–10⁸ sel/gram makanan. Mual, muntah, kram perut dan diare adalah gejala utama keracunan *Bacillus cereus*. Malaise, sakit kepala, menggigil, dehidrasi, berkeringat, mialgia, demam, sakit tenggorokan dan komplikasi non-gastrointestinal seperti endoftalmitis dan endokarditis adalah gejala tambahan (Apriliyansyah dkk, 2022).

B. Tinjauan Umum Tentang Tanaman Sintrong (*Crassocephalum crepidioides*)

1. Definisi Tanaman Sintrong (*Crassocephalum crepidioides*)

Tanaman sintrong (*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore) merupakan tanaman yang berasal dari Afrika. Di Indonesia daun sintrong memiliki sebutan khusus di setiap daerah, contohnya di Bali dikenal dengan nama daun *kejompot/kepotpot/kejengot/kejelengot* (Simanungkalit dkk, 2020). Sementara di pulau Sulawesi khususnya Sulawesi Tenggara, daun sintrong disebut takidaso atau dalam bahasa

tolaki di sebut dengan *tanggedaso*. Meskipun tumbuh secara liar, daun sintrong memiliki banyak manfaat di bidang kesehatan sebagai obat gangguan pencernaan, sakit kepala, sakit perut, penyembuhan luka, obat cacung, anti radang, antidiabetes dan antimalaria (Sumitra & Pasaribu, 2022).

Sintrong (*Crassocephalum crepidioides*) termasuk dalam suku *Asteraceae*. Daun sintrong (*Crassocephalum crepidioides*) mengandung tanin, steroid, saponin, flavonoid dan polifenol. Studi oleh Simanungkalit dkk (2020) menunjukkan bahwa zat yang diekstrak dari daun sintrong memiliki potensi efek bakteri. Menurut Cui dkk (2023) hasil ekstrak yang mengandung senyawa flavonoid dapat berpotensi menghambat pertumbuhan *Bacillus Cereus*.

2. Klasifikasi Tanaman Sintrong

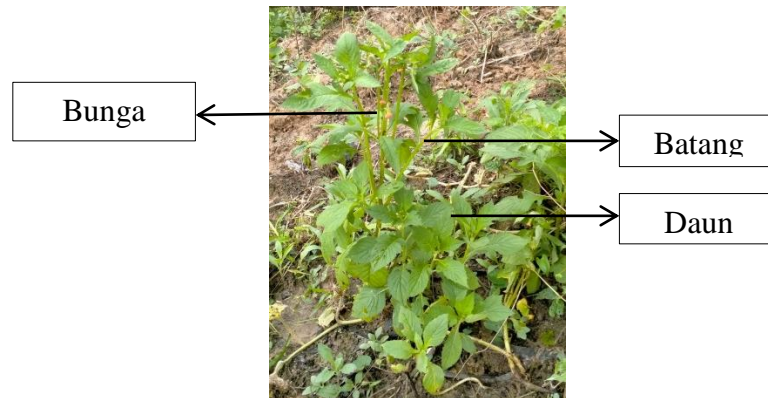
Klasifikasi daun sintrong adalah sebagai berikut (Sari, 2020):

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Bangsa	: <i>Asterales</i>
Suku	: <i>Asteraceae</i>
Marga	: <i>Crassocephalum</i>
Jenis	: <i>Crassocephalum crepidioides</i> (Benth.) S. Moore

3. Morfologi Tanaman Sintrong

Tanaman sintrong adalah jenis tanaman herba yang mengalami pertumbuhan musiman dan biasanya memiliki umur sekitar 3-4 bulan. Tinggi tanaman ini dapat mencapai satu meter dan jika dihancurkan, menghasilkan aroma harum yang khas. Daun sintrong berwarna hijau, tersebar, memiliki panjang sekitar 8-20 cm dan lebar 3-10 cm. Bentuk helaian daunnya bulat telur terbalik, ujungnya runcing, dengan tulang daun yang menyirip dan tepi daun yang bergerigi. Batang tanaman sintrong berdiri tegak, bersifat lunak, berair dan berwarna hijau. Tanaman ini memiliki banyak bunga berbentuk kerucut hijau dengan ujung yang dapat berubah menjadi merah bata atau oranye kecokelatan. Setelah

berbuah, kelopak bunganya tertutup dan berdiri tegak. Tanaman ini memiliki serabut akar berwarna putih dan menyebar dalam bentuk melingkar dengan bulu-bulu halus saat bunganya mekar (Sari, 2020).



Gambar 2. Tanaman Sintrong
(Dokumentasi Pribadi, 2024)

4. Kandungan Kimiawi Daun Sintrong

Potensi tanaman sintrong sebagai bahan obat sangat besar karena daun sintrong memiliki kandungan senyawa flavonoid, polifenol, saponin dan tanin (Suci dkk, 2020).

a. Flavonoid

Salah satu jenis fenolik yang paling umum ditemukan di alam adalah flavonoid, yang biasanya ditemukan dalam bentuk glikosida. Senyawa ini mengubah warna tumbuhan menjadi merah, ungu, biru dan kadang-kadang kuning (Pamungkas, 2019). Flavonoid terdiri dari dua cincin aromatik yang masing-masing memiliki lebih dari satu gugus hidroksil di dalamnya. Memiliki sifat antibakteri, senyawa ini menghentikan pertumbuhan bakteri dengan menembus lapisan peptidoglikan yang bersifat polar pada dinding sel. Merusak peptidoglikan membuat lapisan sel tidak lengkap, yang akhirnya menghentikan pertumbuhan bakteri (Assauqi dkk, 2023).

b. Polifenol

Polifenol merupakan senyawa yang umumnya tersebar luas sebagai zat warna alami yang memberikan warna pada bunga, kayu dan buah. Polifenol ditandai dengan keberadaan banyak gugus fenol dalam

molekulnya. Mekanisme polifenol sebagai agen antibakteri yaitu berperan sebagai toksin dalam protoplasma, yang merusak dan menembus dinding sel bakteri serta mengendapkan protein sel bakteri. Senyawa fenolik berukuran besar mampu menginaktifkan enzim esensial di dalam sel bakteri bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah (Fauzi, 2023). Mekanisme polifenol sebagai agen antibakteri juga termasuk kemampuannya menyebabkan kerusakan pada sel bakteri, denaturasi protein dan menyebabkan kebocoran sel (Azhariani dkk, 2022).

c. Saponin

Saponin memiliki struktur dengan misel gugus polar yang menghadap ke luar karena berikatan dengan air (hidrofilik) sedangkan gugus non-polar menghadap ke dalam karena tidak berikatan dengan air (hidrofobik), sehingga menciptakan tampilan seperti busa. Saat berinteraksi dengan dinding bakteri, senyawa saponin memiliki kemampuan untuk menembusnya. Saponin mengurangi tegangan permukaan dinding sel, sehingga agen antibakteri dapat dengan mudah masuk ke dalam sel dan mengganggu metabolisme, menyebabkan kematian bakteri (Saputera dkk, 2019).

d. Tanin

Tanin adalah senyawa yang sering ditemukan dalam tumbuhan berpembuluh yang mengandung gugus fenolik. Tanin memiliki rasa sepat dan memiliki kemampuan untuk menyamak kulit karena sifat utamanya yang berikatan dengan protein (Pamungkas, 2019). Senyawa-senyawa dari golongan tanin menunjukkan kemampuan antibakteri melalui mekanisme koagulasi dan denaturasi protein. Tanin berinteraksi dengan protein, membentuk ion H^+ yang mengakibatkan penurunan pH menjadi asam, menyebabkan denaturasi protein dan menghasilkan kondisi asam. Keadaan asam ini juga dapat mengakibatkan inaktivasi enzim-enzim seluler, yang pada akhirnya mengganggu metabolisme sel bakteri sehingga menyebabkan

kerusakan bahkan kematian sel (Assauqi dkk, 2023). Tanin, sebagai senyawa antibakteri, menghambat enzim reverse transkriptase dan DNA topoisomerase, sehingga pembentukan sel bakteri menjadi terhambat. Tanin juga dapat menghentikan pertumbuhan bakteri dengan cara mengganggu transportasi protein, menonaktifkan adhesin sel dan menginaktivasi enzim di dalam sel bakteri (Saputera dkk, 2019).

5. Manfaat Daun Sintrong

Indonesia dengan keanekaragaman hayati luar biasa menyimpan potensi pengobatan melalui tumbuhan uniknya seperti sintrong (*Crassocephalum crepidioides*). Meskipun belum dikenal luas, tanaman ini memiliki potensi farmakologis menarik dan senyawa metabolit sekunder bernilai kesehatan. Sejak berabad-abad, sintrong tidak hanya dijadikan sayur tetapi dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai masalah kesehatan, termasuk sakit kepala, gangguan pencernaan, luka, masalah perut dan penyakit seperti peradangan, infeksi parasit, diabetes hingga malaria. Daun sintrong kaya akan minyak atsiri, kumarin, antrasena C-heterosida, tanin, flavonoid, saponin dan polifenol. Penggunaannya dalam pengobatan tradisional mencakup penanganan masalah perut, pembengkakan bibir, gangguan pencernaan, penyakit tidur, epilepsi, dengan sifat anti-inflamasi dan aktivitas antitumor yang terkait dengan produksi oksida nitrat (Hermiasih & Astuti, 2023).

Berikut peran sintrong sebagai antioksidan, antibakteri dan antidiabetes :

- a. Antioksidan merupakan senyawa yang menetralkan radikal bebas dan mencegah efek buruk oksidasi yang berlebihan di dalam sistem biologis tubuh. Di dalam tubuh manusia, antioksidan memiliki kemampuan untuk melawan kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas sehingga dapat mengurangi risiko tubuh terkena penyakit kronis, seperti penyakit kanker dan jantung koroner. Keberadaan antioksidan alami, seperti yang terdapat dalam tumbuhan sintrong,

dapat berperan dalam melindungi kulit manusia dari dampak negatif sinar matahari. Oleh karena itu, tumbuhan sintrong memiliki potensi sebagai pelindung kulit atau tabir surya alami. Menurut Lestari dkk (2023) yang melakukan pengujian aktivitas antioksidan pada ekstrak etanol dari daun muda tanaman sintrong (*Crassocephalum crepidioides* (Benth) S. Moore) menggunakan metode peredaman DPPH menunjukkan bahwa daun sintrong menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, dengan nilai IC50 sekitar 52,49 mg/ml. Temuan ini mengonfirmasi bahwa daun muda sintrong memiliki potensi besar sebagai sumber antioksidan yang alami dan bermanfaat (Hermiasih & Astuti, 2023).

- b. Antibakteri merupakan senyawa kimia yang memiliki kapasitas untuk menonaktifkan bakteri, baik melalui penghambatan pertumbuhan (bakteriostatik) maupun pembunuhan (bakterisida) (Hermiasih & Astuti, 2023).

Tabel 1
Kemampuan Ekstrak Daun Sintrong Dalam Menghambat
Pertumbuhan Berbagai Jenis Bakteri

No	Peneliti	Metode	Hasil			
			Ekstrak daun sintrong	Diameter Zona Bening (mm)	KHM	Ket
1	Simanungkalit dkk (2020)	Uji daya hambat dengan metode difusi sumur pada bakteri <i>Bacillus Cereus</i>	20%	12,3	-	<i>Resistant</i>
			40%	12,7		<i>Resistant</i>
			60%	13,2		<i>Resistant</i>
			80%	13,8		<i>Resistant</i>
			100%	14,5		<i>Resistant</i>
2	Malik dkk (2022)	Uji daya hambat dengan metode sumuran pada bakteri <i>Eschericia Coli</i>	5%	12,20	-	<i>Resistant</i>
			10%	12,67		<i>Resistant</i>
			20%	19,15		<i>Intermediate</i>
			30%	20,85		<i>Susceptible</i>
3	Roni & Budiana (2019)	Uji daya hambat dengan metode mikrodilusi <i>Staphylococcus epidermidis</i>	-	-	5120 µg/m L	-
		<i>Pseudomonas</i>	-	-	2560	-

		<i>Aeruginosae</i>			$\mu\text{g/m L}$	
4	Situmorang (2021)	Uji daya hambat dengan metode difusi cakram pada bakteri <i>Propionibacterium acne</i>	20%	6,83	-	<i>Resistant</i>
			40%	8,33		<i>Resistant</i>
			60%	10,5		<i>Resistant</i>
5	Nurazizah (2022)	Uji daya hambat dengan metode difusi disk pada bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	10%	5,01	10%	<i>Resistant</i>
			30%	5,12		<i>Resistant</i>
			50%	6,02		<i>Resistant</i>
			70%	6,15		<i>Resistant</i>
			90%	6,92		<i>Resistant</i>
			100%	8,09		<i>Resistant</i>
6	Naldi dkk (2023)	Uji daya hambat dengan metode difusi disk pada bakteri <i>Staphylococcus Aureus</i>	50%	7,78	-	<i>Resistant</i>
			75%	10,52		<i>Resistant</i>
			100%	13,28		<i>Resistant</i>
7	Suci dkk (2020)	Uji daya hambat dengan metode difusi disk pada bakteri <i>Salmonella thypi</i>	10%	9,2	-	<i>Resistant</i>
			30%	10,82		<i>Resistant</i>
8	Maimunah dkk (2020)	Uji daya hambat dengan metode difusi disk pada bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	2,5%	5,8	-	<i>Resistant</i>
			5%	6,3		<i>Resistant</i>
			7,5%	6,4		<i>Resistant</i>
			10%	6,5		<i>Resistant</i>

Tabel 2
Perbandingan Ekstrak Berbagai Jenis Daun Dalam Menghambat
Pertumbuhan Bakteri *Bacillus sp*

No	Peneliti	Metode	Jenis Daun	Hasil		
				Konsentrasi Ekstrak Daun	Diameter Zona Bening (mm)	Ket
1	Raihan Azmi (2022)	Kirby-Bauer	Daun pandan	75%	9,88	<i>Resistant</i>
2	Daris dkk (2023)	Kirby-Bauer	Daun bidara	100%	8,3	<i>Resistant</i>

3	Firman Sandi Gunawan (2021)	Difusi sumuran	Biji kopi dan daun mint	20%	9,37	<i>Resistant</i>
				40%	11,983	<i>Resistant</i>
				60%	14,067	<i>Resistant</i>
4	Rauzatul Firdha (2022)	Kirby-Bauer	Daun kari	100%	4,76	<i>Resistant</i>
5	Zahra dkk (2022)	Kirby-Bauer	Daun mengkudu	25%	9,075	<i>Resistant</i>
				50%	8,650	<i>Resistant</i>
				75%	9,075	<i>Resistant</i>
				100%	10,050	<i>Resistant</i>

Tabel 3
Kategori Zona Hambat (CLSI, 2023)

Diameter Zona Hambat (mm)	Kategori Zona Hambat
≥ 20	<i>Susceptible</i>
15-19	<i>Intermediate</i>
≤ 14	<i>Resistant</i>

- c. Diabetes mellitus (DM) adalah sekelompok gangguan metabolisme yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa darah (hiperglikemia) dan ketidaknormalan dalam pemrosesan karbohidrat, lemak dan protein dalam tubuh. DM tipe 1, mencakup sekitar 5% hingga 10% kasus, biasanya muncul pada masa kanak-kanak atau awal dewasa, disebabkan oleh kerusakan sel-sel beta di pankreas akibat reaksi autoimun. Autoimunitas terjadi ketika makrofag dan limfosit T yang menghasilkan autoantibodi menargetkan antigen pada sel-sel beta, termasuk sel islet dan insulin. Sementara DM tipe 2, mencakup sekitar 90% kasus, ditandai oleh kombinasi resistensi insulin dan defisiensi relatif insulin. Resistensi insulin terjadi melalui peningkatan pemecahan lemak, produksi asam lemak bebas, peningkatan produksi glukosa oleh hati dan penurunan kemampuan otot rangka menyerap glukosa. Penelitian antidiabetes dilakukan dengan tiga pendekatan utama: *in vitro* (di laboratorium), *in vivo* (pada organisme hidup) dan *in silico* (menggunakan komputasi dan pemodelan). Saputri dkk. (2023) melakukan penelitian terkait aktivitas antidiabetes dengan

menggunakan ekstrak etanol daun sintrong pada tikus putih jantan yang diinduksi aloksan. Dalam penelitian ini, 25 tikus putih jantan dibagi menjadi lima kelompok, termasuk kontrol negatif (CMC-Na), kontrol positif (metformin) dan tiga kelompok uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun sintrong dalam dosis 75 mg/kg bb, 150 mg/kg bb, dan 300 mg/kg bb efektif menurunkan kadar glukosa darah pada tikus yang diinduksi aloksan. Dosis paling efektif adalah 150 mg/kg bb, dengan nilai glukosa darah mencapai 89,40 mg/dL pada hari ke-15 (Hermiasih & Astuti, 2023).

C. Tinjauan Umum Tentang Media Pertumbuhan Bakteri

1. Pengertian Media Pertumbuhan

Media pertumbuhan adalah wadah untuk mengkultur mikroorganisme. Tahapan peremajaan, perbanyakan, isolasi dan pengujian sifat fisiologis serta biokimia mikroorganisme membutuhkan media yang terdiri dari campuran nutrisi atau zat makanan (Munawarrah, 2021). Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik dalam suatu media yaitu:

- a. Media harus terdiri atas nutrisi yang dapat dengan mudah digunakan oleh mikroorganisme.
- b. Media harus memiliki tegangan permukaan, tekanan osmosis dan pH yang optimal.
- c. Tidak mengandung senyawa penghambat pertumbuhan mikroorganisme.
- d. Media harus dalam keadaan steril.

Komposisi media terdiri atas unsur-unsur seperti agar, pepton, ekstrak daging atau tumbuhan, komponen selektif, komponen diferensial dan buffer media. Media dikategorikan menjadi diperkaya, media dasar, media diferensial, media penguji, media selektif dan media untuk perhitungan sel (Munawarrah, 2021).

2. Jenis-Jenis Media Pertumbuhan Bakteri

Media kultur bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi atau maksud penggunaannya, termasuk:

- a. Media selektif, yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri tertentu secara khusus. Jenis media ini biasanya mengandung zat-zat yang mendukung pertumbuhan bakteri spesifik dan sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri lainnya. Sebagai contoh, terdapat media *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA) yang mengandung pewarna *metilen blue* yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri gram positif (Apriani dkk, 2023).
- b. Media differential adalah media dengan penambahan senyawa atau substansi tertentu yang memberikan perbedaan karakteristik pada koloni bakteri sehingga identifikasi menjadi lebih baik. Sebagai contoh, pada media agar darah (*blood agar*), bakteri dapat menunjukkan perbedaan warna koloni dan zona tergantung pada kemampuannya untuk melakukan hemolisis (Apriani dkk, 2023).
- c. Media diperkaya adalah jenis media yang ditingkatkan dengan penambahan substansi khusus ke dalam media dasar untuk memberikan dukungan tambahan pada pertumbuhan bakteri. Substansi yang mungkin ditambahkan meliputi darah, serum, albumin, fosfat dan bahan lainnya (Apriani dkk, 2023).
- d. Media penghitung adalah jenis media yang secara khusus digunakan untuk menghitung jumlah koloni mikroba dari berbagai sumber seperti air, susu atau larutan lainnya. Sebagai contoh, media *Plate Count Agar* (PCA) yang menjadi standar untuk menghitung total bakteri dari berbagai sampel pengujian (Apriani dkk, 2023).
- e. Media penguji adalah jenis media yang digunakan untuk mengkarakterisasi metabolisme bakteri berdasarkan kemampuannya dalam memanfaatkan senyawa tertentu (Apriani dkk, 2023).
- f. Media transport adalah media yang dirancang khusus untuk mengangkut atau mengirimkan spesimen untuk pemeriksaan

mikrobiologi. Sebagai contoh, media *Stuart* diciptakan sebagai media transport untuk spesimen klinis yang mencurigakan mengandung gonokokus. Selain itu, media ini dapat digunakan untuk mengangkut spesimen dari goresan luka, tenggorokan, atau kulit yang diduga mengandung bakteri fastidious (Apriani dkk, 2023).

Jenis media berdasarkan bentuknya dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Media padat (solid)

Media ini mengandung 15% agar sehingga media menjadi padat setelah didinginkan. Contohnya adalah media *nutrien agar*. Media padat biasanya digunakan untuk pertumbuhan bakteri, khamir, jamur dan kadang-kadang mikroalga. Tiga kategori media padat berdasarkan bentuk dan wadahnya: 1) Media tegak menggunakan tabung reaksi tegak sebagai wadah; 2) Media miring menggunakan kemiringan tabung reaksi; 3) Media plat menggunakan cawan petri atau plat sebagai wadah (Atmanto dkk, 2022).

b. Media semi solid

Media ini mengandung agar dalam konsentrasi 0,3-0,4%, yang memberikan tekstur yang agak kenyal, tidak terlalu padat maupun cair. Media semi-padat diciptakan untuk memastikan pertumbuhan mikroorganisme merata di seluruh media, walaupun tidak sepenuhnya homogen jika terjadi getaran. Misalnya, bakteri yang tumbuh dalam medium NfB (*Nitrogen-Free Bromothymol Blue*) semi padat akan membentuk cincin berwarna hijau kebiruan di bawah permukaan medium. Cincin ini dapat hancur dengan mudah jika medium cair. Media semi padat juga berfungsi untuk mencegah difusi oksigen, seperti pada media *Nitrat Broth*. Ini dapat membantu metabolisme nitrat dalam situasi anaerobik atau dengan tingkat oksigen yang rendah. Meskipun demikian, bakteri diharapkan tumbuh merata di seluruh media. Media semi padat juga bagus untuk mikroba yang

membutuhkan banyak air, hidup secara anaerobik dan memeriksa pergerakan mikroba (Atmanto dkk, 2022).

c. Media cair

Media ini tidak ditambahkan bahan pengental dan biasanya digunakan untuk mendukung pertumbuhan mikroalga, seperti NB (*Nutrient Broth*) dan LB (*Lactose Broth*). Keunggulan dari media cair ini meliputi: 1) Dapat digunakan untuk mengembangkan pertumbuhan bakteri dari sampel darah atau air ketika diperlukan uji dalam jumlah yang besar. 2) Dapat digunakan untuk menyiapkan kultur untuk antigen atau vaksin. 3) Dapat digunakan untuk mengamati laju pertumbuhan dan sedimentasi sel bakteri (Atmanto dkk, 2022).

3. Media *Mueller Hinton Agar* (MHA)

MHA (*Mueller Hinton Agar*) merupakan media yang di rekomendasikan FDA (*Food and Drug Administration*) dan WHO (*World Health Organization*) untuk uji antibakteri. Media ini berfungsi sebagai media pertumbuhan dan sumber nutrisi bagi bakteri baik yang bersifat aerob maupun anaerob, serta dianggap sebagai media optimal untuk melaksanakan uji sensitivitas, khususnya dengan menggunakan metode difusi Kirby-Bauer (Rahman dkk, 2022). MHA mengandung sulfonamida, trimetoprim dan inhibitor tetrasiklin dalam konsentrasi rendah, sehingga mendorong pertumbuhan patogen yang memuaskan. Komposisi media MHA yang terdiri atas *Beef Extract* dan *Asam Kasein Hydrolysate* digunakan sebagai sumber nitrogen, vitamin, karbon dan asam amino. Selain itu, berfungsi menyerap zat berbahaya yang dapat dihasilkan selama pertumbuhan bakteri. Konsentrasi agar dalam MHA juga memberikan kemudahan dalam proses difusi dibandingkan dengan media lainnya (Marliana dkk, 2022).

4. Media *Nutrient Agar* (NA)

Nutrient Agar (NA) merupakan media kultur berbentuk serbuk berwarna putih kekuningan yang padat karena mengandung agar sebagai bahan pematat. Komposisi utama *Nutrient Agar* adalah karbohidrat dan

protein yang diperoleh dari ekstrak daging dan pepton, sesuai dengan kebutuhan sebagian besar bakteri. Media kultur ini termasuk dalam kategori media kultur yang paling umum digunakan untuk mendukung pertumbuhan banyak spesies bakteri. *Nutrient Agar* menjadi pilihan umum karena telah diuji secara klinis dan terbukti efektif untuk mendukung pertumbuhan bakteri, sehingga proses metabolisme dapat berlangsung secara optimal (Thawil dkk, 2020).

5. Media *Brain Heart Infusion Broth* (BHI-B)

Media BHIB berperan sebagai medium nutrisi untuk mendukung pertumbuhan bakteri. Keberadaan pertumbuhan bakteri pada medium ini dapat diidentifikasi melalui perubahan warna medium menjadi keruh (Rahman dkk, 2022). Secara umum, media BHI-B sering dipakai dalam penentuan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM).

D. Tinjauan Umum Tentang Metode Uji Daya Hambat Antibakteri

1. Pengertian Uji Daya Hambat

Uji daya hambat merupakan proses untuk mengidentifikasi sistem pengobatan yang memiliki efektivitas dan efisiensi. Metode ini digunakan dengan mengukur diameter zona bening yang terbentuk pada media pertumbuhan sebagai kemampuan ekstrak tanaman untuk menghambat pertumbuhan bakteri (Pramessti, 2023).

2. Pengujian Antibakteri

Pengujian dapat dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut :

a. Difusi Agar

Metode ini menggunakan *Mueller Hinton Agar* (MHA) sebagai media. Metode difusi bekerja dengan memasukkan zat antibakteri ke dalam media padat yang diinokulasi dengan mikroba uji. Hasil pengamatan mencakup penilaian keberadaan area bening di sekitar kertas cakram, yang mengindikasikan zona hambat pertumbuhan bakteri. Metode difusi adalah pendekatan umum untuk mengevaluasi aktivitas antibakteri dan terdapat tiga cara pelaksanaannya, yaitu

metode cakram, metode sumuran dan metode silinder (Nurhayati dkk, 2020).

➤ Metode Cakram (Kirby-Bauer)

Metode difusi menggunakan kertas cakram sebagai perantara untuk menilai respons mikroba uji terhadap antimikroba (Fitriana, 2020). Kertas cakram berfungsi sebagai substrat dan kemudian dijenuhkan dengan bahan uji. Setelah itu, kertas cakram diletakkan pada permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan kultur uji mikroba. Selanjutnya, media agar diinkubasi selama 18 hingga 24 jam pada suhu 35°C. Di sekitar kertas cakram, ada daerah atau zona bening yang menunjukkan pertumbuhan mikroba. Diameter zona atau daerah bening tersebut sebanding dengan jumlah mikroba uji yang dioleskan pada kertas cakram (Nurhayati dkk, 2020).

Metode ini memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan utamanya adalah fleksibilitas yang lebih besar dalam memilih antibiotik yang akan diperiksa (Fransisca dkk, 2020). Metode ini juga mudah dilakukan dan tidak memerlukan peralatan khusus. Namun, kelemahannya adalah diameter zona hambat dapat dipengaruhi oleh tumpukan kertas yang menyusun cakram disk (Sari & Febriawan, 2021).

➤ Metode Sumuran

Pada awalnya, media *Mueller Hinton Agar* (MHA) yang telah ditambah suspensi bakteri dibiarkan mengeras. Kemudian, dibuat sumuran pada media yang telah mengeras tersebut dan diberi label sesuai dengan masing-masing konsentrasi, kontrol negatif dan kontrol positif. Setelah diberi label, ekstrak ditambahkan pada masing-masing sumuran untuk setiap konsentrasi, kontrol positif dan kontrol negatif. Prosedur ini diulang sebanyak empat kali. Selanjutnya, inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Saputera dkk, 2019). Setelah inkubasi,

dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri untuk mengevaluasi dan mengukur zona hambat di sekitar sumuran. Keuntungan metode sumuran adalah zona hambat mudah diukur karena aktivitas bakteri meliputi seluruh ketebalan *nutrien agar*. Namun, terdapat kendala dalam pembuatan sumuran seperti potensi retak atau pecahnya media agar di sekitar sumuran. Residu agar yang tertinggal pada saat pembuatan sumuran dapat mempengaruhi proses penyerapan antibiotik dan mengganggu pembentukan diameter zona bening dalam uji sensitivitas (Nurhayati dkk, 2020).

➤ Metode Silinder

Metode silinder melibatkan penempatan sejumlah silinder kaca atau besi tahan karat pada media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri. Setiap silinder diletakkan tegak lurus pada media agar dan diisi dengan larutan yang akan diuji sebelum diinkubasi. Setelah masa inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk mengetahui daerah hambatan yang terbentuk di sekitar silinder tersebut (Panyauri, 2020).

b. Dilusi

Metode dilusi terbagi menjadi dua jenis, yaitu dilusi cair dan dilusi padat. Penggunaan metode dilusi cair dimaksudkan untuk mengukur KHM (Konsentrasi Hambat Minimum), sementara metode dilusi padat digunakan untuk menentukan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum). Pada metode dilusi cair, prosedurnya berupa pembuatan seri pengenceran agen antimikroba dalam medium cair yang telah ditambahkan dengan mikroba uji. Di sisi lain, metode dilusi padat dilakukan dengan menginokulasi mikroba uji pada media agar yang telah dicampur dengan agen antimikroba (Fitriana dkk, 2020).

➤ Metode Dilusi Cair

Metode dilusi cair dilakukan dengan menempatkan berbagai pengenceran antimikroba dalam media cair yang dicampur dengan mikroba eksperimen (Azizah, 2023). Metode ini

digunakan untuk menentukan KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) (Rosyada dkk, 2023). KHM adalah konsentrasi paling rendah zat antimikroba yang dapat menghentikan pertumbuhan bakteri setelah 24 jam inkubasi, yang ditunjukkan dengan tidak terbentuknya koloni bakteri yang jelas. Konsentrasi antibiotik yang efektif dalam menghentikan perkembangan patogen diukur dengan metode ini. Selain itu, metode ini juga memberikan informasi tentang dosis antibiotik yang dapat secara efektif memerangi infeksi pada pasien (Saputera dkk, 2019). Kelebihan metode dilusi cair adalah metode ini lebih sensitif karena bahan uji lebih mudah berinteraksi dengan bakteri (Hasriyani dkk, 2020).

➤ Metode Dilusi Padat

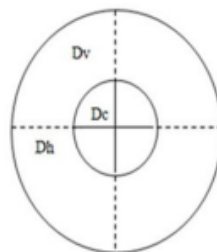
Metode dilusi padat dilakukan untuk mengidentifikasi Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) (Hamida dkk, 2023). Metode ini dilakukan dengan mencampurkan berbagai konsentrasi bahan uji bersama dengan media agar yang berbentuk padat. Selanjutnya, pertumbuhan bakteri dievaluasi dengan mengamati media yang tidak menunjukkan bintik putih setelah periode inkubasi dan jumlah koloni yang muncul di media agar dihitung (Rahma, 2022).

3. Penentuan Zona Hambat dan Konsentrasi Hambat Minimum

a. Pengukuran Zona Hambat

Zona bening di sekitar cakram yang dapat diamati secara visual mencerminkan sensitivitas bakteri terhadap bahan antibakteri yang diuji. Diameter zona hambat dapat diukur menggunakan jangka sorong dengan cawan petri di letakkan pada latar yang berwarna gelap (Valentina, 2021).

Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung zona bening yang terbentuk adalah sebagai berikut :



$$\frac{(Dv-Dc) + (Dh-Dc)}{2}$$

Keterangan :

Dv : Mengukur diameter vertikal

Dh : Mengukur diameter horizontal

Dc : Mengukur diameter cakram (Winastri dkk, 2020)

b. Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum

Nilai KHM ditentukan sebagai konsentrasi paling rendah yang tidak terjadi pertumbuhan bakteri (Nurhikmah dkk, 2023). Pengamatan visual terhadap Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) dilakukan dengan dua kategori, yaitu positif (+) jika terdapat kekeruhan yang menunjukkan pertumbuhan bakteri dan negatif (-) jika hasilnya jernih atau tidak keruh, menandakan tidak adanya pertumbuhan bakteri.

E. Tinjauan Umum Tentang Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan zat kimia yang dapat larut dari zat yang tidak dapat larut dengan menggunakan pelarut cair. Hasil dari kegiatan ekstraksi ini disebut ekstrak. Ekstrak merupakan bentuk padat atau kental yang diperoleh dengan mengekstrak zat aktif dari bahan alam, baik tumbuhan maupun hewan, dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Pelarut kemudian diuapkan sebagian besar atau seluruhnya dan sisa massa atau bubuk diolah sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Tujuan utama ekstraksi adalah mengekstrak komponen kimia yang terdapat dalam zat alam dan prinsipnya didasarkan pada perpindahan massa zat penyusun ke dalam pelarut (Saputra dkk, 2020).

Salah satu cara ekstraksi yang dapat dilakukan adalah metode maserasi. Maserasi merupakan teknik ekstraksi yang dilakukan dengan merendam bahan yang akan diekstraksi dalam pelarut organik selama kurun waktu tertentu. Perendaman ini menyebabkan pelarut atau cairan menembus dinding sel tanaman yang akan diekstraksi, masuk ke rongga sel yang berisi bahan aktif dan melarutkannya. Perbedaan konsentrasi di dalam dan di luar sel akan mendorong larutan dengan konsentrasi tertinggi keluar. Metode maserasi ini memudahkan ekstraksi senyawa yang diinginkan dari sampel (Riwanti dkk, 2020).

Prinsip ekstraksi atau proses penyarian pada metode maserasi adalah terurainya dinding sel dan membran sel akibat adanya perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar sel. Hal ini menyebabkan metabolit sekunder yang terdapat dalam sitoplasma sel terlarut ke dalam larutan berair atau pelarut organik. Efektivitas proses maserasi dapat ditingkatkan jika kelarutan atau polaritas bahan aktif dalam bahan alam diperhatikan dalam pemilihan pelarut. Secara umum, etanol merupakan pelarut yang paling umum digunakan untuk proses maserasi karena memiliki distribusi polaritas yang luas. Pelarut etanol 96% merupakan pelarut polar yang sangat efektif mengekstrak bahan lebih banyak dibandingkan dengan etanol konsentrasi rendah. Penggunaan pelarut etanol 96% dapat mempermudah proses identifikasi karena ekstrak yang dihasilkan memiliki tingkat kekentalan dan kemurnian yang tinggi. Kelebihan lainnya dari penggunaan etanol 96% yaitu mudah menguap, murah, mudah didapat dan cukup aman (Amini, 2019).

Teknik maserasi memerlukan pengadukan atau pengocokan berulang guna mempercepat proses ekstraksi sampel oleh larutan penyari. Teknik ini menjadi berguna terutama pada simplisia atau bahan alam yang tidak tahan terhadap panas, sehingga dapat menghindari kerusakan atau degradasi beberapa komponen kimia aktif (Handoyo, 2020). Keuntungan metode maserasi adalah sederhana dan tidak merusak senyawa-senyawa yang termolabil sedangkan kekurangannya adalah waktu ekstraksi yang lama serta proses penyaringan yang tidak sempurna (Farhana, 2020).

F. Tinjauan Umum Tentang Antibiotik

1. Pengertian Antibiotik

Antibiotik berasal dari dua kata Yunani : "*anti*" yang berarti melawan dan "*bios*" yang berarti kehidupan. Dengan demikian, secara etimologis, antibiotik dapat diartikan sebagai substansi yang melawan kehidupan. Antibiotik adalah senyawa dengan berat molekul rendah yang digunakan untuk mengobati infeksi dengan cara menghilangkan bakteri (Walsh & Wencewicz, 2020).

Antibiotik dimanfaatkan untuk mengeliminasi mikroba yang menjadi penyebab infeksi. Dalam pengobatan penyakit manusia, antibiotik harus memiliki sifat toksik selektif, yaitu berbahaya bagi mikroba tetapi tidak berbahaya bagi inang mikroba. Gejala infeksi disebabkan oleh aksi langsung mikroba dan berbagai zat toksik yang diproduksi oleh mikroba tersebut (Fitriana dkk, 2020). Antibiotik digunakan baik dalam pencegahan maupun pengobatan penyakit infeksi dan keefektifannya sebagai bakterisida tergantung pada konsentrasi atau waktu (Patel dkk, 2023).

Meskipun antibiotik sering digunakan sebagai obat umum di masyarakat, penting untuk menggunakannya dengan bijak sesuai petunjuk tenaga kesehatan. Hal ini diperlukan untuk menghindari terjadinya resistensi antibiotik, yang dapat terjadi jika penggunaan antibiotik tidak tepat.

Tabel 4
Kemampuan Antibiotik Dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri

No	Peneliti	Metode	Jenis Antibiotik	Bakteri	Hasil	
					Diameter Zona Bening (mm)	Ket
1	Zahra dkk (2022)	Kirby-Bauer	Ciprofloxacin	<i>Bacillus cereus</i>	30,475	<i>Susceptible</i>
2	Sepvianti dkk (2022)	Kirby-Bauer	Kloramfenikol	<i>Bacillus sp</i>	17,9	<i>Intermediate</i>
3	Situmorang dan linia	Kirby-Bauer	Klindamisin	<i>Propionibacterium</i>	24,10	<i>Susceptible</i>

	(2021)			<i>acnes</i>		
4	Maimunah dkk (2020)	Kirby-Bauer	Kloramfenikol	<i>Staphylococcus aureus</i>	25,4	<i>Susceptible</i>
5	Suci dkk (2020)	Kirby-Bauer	Kloramfenikol	<i>Salmonella thyphi</i>	8,87	<i>Resistant</i>

2. Antibiotik Kloramfenikol (Kontrol Positif)

Kloramfenikol adalah antibiotik berspektrum luas, efektif menghambat pertumbuhan bakteri gram-positif dan negatif aerob serta anaerob, klamidia, ricketsia dan mikoplasma (Kemenkes, 2021). Antibiotik ini memiliki sifat bakteriostatik karena menghambat sintesis protein melalui aktivitas peptidil transferase (Helmidanora dkk, 2023).

Rumus Molekul : $C_{11}H_{12}C_{12}N_2O_5$

Berat Molekul : 323,13

Pemerian : Lempengan berbentuk jarum halus atau Hablur memanjang, berwarna putih hingga putih keabu-abuan atau putih kekuningan; larutan praktis netral terhadap lakmus P; stabil dalam larutan netral atau sedikit asam.

Kelarutan : Sukar larut dalam air; mudah larut dalam etanol, propilen glikol, aseton dan etil asetat.

Penyimpanan : Dalam wadah tertutup rapat. Simpan ditempat sejuk dan kering (Depkes RI, 2020).

G. Tinjauan Umum Tentang Aktivitas Antibakteri

1. Definisi Aktivitas Antibakteri

Antibakteri adalah substansi yang mampu menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang bersifat merugikan. Cara kerja senyawa antibakteri terdiri atas beberapa mekanisme yaitu menghambat sintesis dinding sel, menghambat integritas permeabilitas dinding sel bakteri, menghambat aktivitas enzim dan menghambat sintesis asam nukleat dan protein (Pertiwi dkk, 2022).

2. Penggolongan Antibakteri

Menurut Shiel (2021), antibakteri merujuk pada segala substansi yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan bakteri atau menghambat pertumbuhan dan reproduksi bakteri. Antibakteri sebagai subkelas dari antibiotik, dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa kriteria. Secara umum, klasifikasi antibakteri didasarkan pada mekanisme aksinya, yang dapat berupa bakteriostatik atau bakterisidal. Bakteriostatik bekerja dengan mencegah atau menghambat pertumbuhan sel bakteri, sementara bakterisidal berfungsi untuk membunuh sel bakteri (Calhoun dkk, 2020).

a. Bakteriostatik

Bakteriostatik adalah kemampuan menghambat atau menghentikan pertumbuhan bakteri. Dalam kondisi ini, jumlah bakteri menjadi tetap, tanpa adanya perkembangbiakan atau multiplikasi. Golongan ini tidak mampu memusnahkan mikroba, melainkan hanya dapat menghambat atau mencegah pertumbuhan kuman, sehingga pemusnahan mikroba sepenuhnya tergantung pada daya tahan tubuh. Contoh antimikroba bakteriostatik termasuk *sulfonamida*, *tetrasiklin*, *eritromisin*, *kloramfenikol*, *novobiosin* (dalam konsentrasi rendah), PAS (para amino salicylic acid), *linkomisin*, *klindamisin* serta *nitrofurantoin* (dalam lingkungan basa atau konsentrasi rendah) (Makkasau dkk, 2022).

b. Bakterisida

Bakterisida adalah kemampuan antibakteri untuk bekerja secara aktif membunuh bakteri dengan cara mengurangi jumlah bakteri sehingga mikroba tidak dapat berkembang biak lagi. Beberapa contoh antimikroba bakterisid meliputi *sefalosporin*, *penisilin*, *streptomisin*, *neomisin*, *kanamisin*, *gentamisin*, *kotrimoksazol*, *polimiksin*, *kolistin*, *eritromisin* dengan konsentrasi tinggi, *novobiosin* dengan konsentrasi tinggi, *isoniazid*, *vankomisin*, *basitrasin* serta *nitrofurantoin* (dalam

lingkungan asam atau dengan konsentrasi tinggi) (Makkasau dkk, 2022).

3. Mekanisme Kerja Antibakteri

Setiap jenis antibakteri memiliki cara tersendiri untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme, dengan mekanisme kerja sebagai berikut:

a. Antibakteri yang menghambat sintesis dinding sel bakteri

Penisilin, sefalosporin, basitrasin, vankomisin dan *sikloserin* adalah beberapa contoh antibiotik yang menghambat sintesis dinding sel bakteri atau mengaktifkan enzim yang dapat merusak dinding sel bakteri. Obat-obatan ini dapat menghentikan reaksi yang melibatkan pembentukan dinding sel bakteri yang terdiri dari polipeptidoglikan, yang dapat berupa kompleks polimer mukopeptida atau glikopeptida. Lisis terjadi ketika dinding sel bakteri rusak karena tekanan osmotik di dalam sel lebih tinggi daripada di luar sel. Prinsip efek bakterisida pada bakteri yang peka terhadap antibakteri ini mencakup penggunaan cincin B-laktam dalam strukturnya (Makkasau dkk, 2022).

b. Antibakteri yang menghambat metabolisme sel mikroba

Antibakteri seperti *sulfonamida, trimetoprim, asam para-aminosalisilat (PAS)* dan *sulfon* memiliki efek bakteristatik karena mampu menghentikan beberapa tahap metabolit mikroba. Sementara mamalia memperoleh asam folat dari luar tubuh, mikroba mendapatkan asam folat yang disintesis dari *asam para-aminobenzoat (PABA)*. *Sulfonamida* berlawanan dengan PABA dalam pembentukan asam folat dan menghasilkan analog asam folat yang tidak berfungsi untuk mengganggu kehidupan mikroba. PAS sebagai analog PABA akan menghambat sintesis asam folat pada *M. tuberculosis*. *Trimetoprim* menghentikan enzim dihidrofolat reduktase, enzim yang diperlukan untuk mengubah dihidrofolat menjadi asam tetrahidrofolat (Makkasau dkk, 2022).

c. Antibakteri yang mengganggu keutuhan fungsi membran sel mikroba

Agen antibakteri bertindak langsung pada membran sel, merusak permeabilitasnya dan menyebabkan senyawa mikroba yang terkandung di dalam sel keluar. Misalnya, *nistatin* dan *amfoterisin B* memiliki kemampuan untuk merusak membran sel bakteri gram negatif. Karena kandungan fosfor bakteri gram positif rendah, *polimiksin* tidak efektif terhadap membran sel mikroba. *Polimiksin* sebagai senyawa amonium kuarterner dapat merusak membran sel mikroba setelah berinteraksi dengan fosfat pada fosfolipid membran sel (Makkasau dkk, 2022).

d. Antibakteri yang menghambat sintesis protein sel mikroba

Antibakteri mengganggu fungsi ribosom bakteri dan menghambat sintesis protein. Sel bakteri memerlukan sintesis protein untuk bertahan hidup, yang terjadi di ribosom dengan bantuan mRNA dan tRNA. Ribosom bakteri terdiri dari dua subunit, 30S dan 50S, yang bergabung bersama pada rantai mRNA untuk membentuk ribosom 70S untuk melakukan sintesis protein. Zat antibakteri dapat berinteraksi dengan ribosom 30S, menyebabkan tRNA salah dibaca selama sintesis protein. Akibatnya, protein abnormal dan tidak berfungsi terbentuk untuk sel mikroba. Misalnya, aminoglikosida seperti *gentamisin*, *kanamisin* dan *neomisin* memiliki mekanisme kerja yang sama, meskipun dengan potensi yang berbeda. Selain itu, antibiotik seperti *tetrasiklin* dan *spektinomisin* memengaruhi sintesis protein (Makkasau dkk, 2022).