

**SKRINING POTENSI BERBAGAI MERK DAGANG AMOXCILIN
TERHADAP ISOLAT *Salmonella typhi* ASAL AIR LIMBAH PEMUKIMAN**

TUGAS AKHIR



Oleh :

LUTFI ARISKA

NPM : 23800049

**PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA KESEHATAN HEWAN
FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA**

2026

**SKRINING POTENSI BERBAGAI MERK DAGANG AMOXCILIN
TERHADAP ISOLAT *Salmonella typhi* ASAL AIR LIMBAH PEMUKIMAN**

TUGAS AKHIR

Oleh :

LUTFI ARISKA

NPM : 23800049

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA KESEHATAN HEWAN

FAKULTAS KEDOKTERAN HEWAN

UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA

2026

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL : SKRINING POTENSI BERBAGAI
MERK DAGANG AMOXCILIN
TERHADAP ISOLAT *Salmonella typhi*
ASAL AIR LIMBAH PEMUKIMAN

NAMA MAHASISWA : LUTFI ARISKA

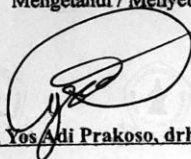
NPM : 23800049

PERGURUAN TINGGI : UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA
SURABAYA

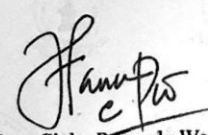
FAKULTAS : KEDOKTERAN HEWAN

PROGRAM STUDI : DIPLOMA TIGA KESEHATAN HEWAN
DAN MASYARAKAT VETERINER


Mengetahui / Menyetujui,


Dr. Yos Adi Prakoso, drh., M.Sc

Ketua Program Studi

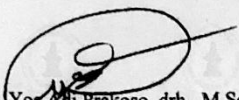

Drh. Hana Cipka Pramuda Wardhani, M. Vet

Dekan

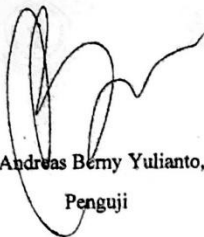

Drh. Desty Apritya, M. Vet

Telah Direvisi

Tanggal : 26 Mei 2026



Dr. Yos Ahi Prakoso, drh., M.Sc
Dosen Pembimbing



Dr. drh. Andreas Bery Yulianto, M.Vet
Penguji

SKRINING POTENSI BERBAGAI MERK DAGANG AMOXCILIN TERHADAP ISOLAT *Salmonella typhi* ASAL AIR LIMBAH PEMUKIMAN

Lutfi Ariska

RINGKASAN

Salmonella typhi merupakan bakteri penyebab demam tifoid yang dapat ditemukan pada air limbah pemukiman dan berpotensi menimbulkan masalah kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas antibakteri berbagai merek dagang amoksisilin terhadap isolat *Salmonella typhi* serta membandingkan efektivitas masing-masing merek dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian dilakukan menggunakan metode difusi cakram (Kirby-Bauer) pada media Mueller Hinton Agar (MHA). Sampel diuji menggunakan empat merek dagang amoksisilin, yaitu Dankos, Intramox, Mepro, dan Novapharin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh merek dagang amoksisilin mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* dan termasuk kategori sensitif berdasarkan standar CLSI. Intramox menunjukkan rata-rata diameter zona hambat terbesar yaitu 29,9 mm, diikuti Dankos 28,7 mm, Mepro 25,8 mm, dan Novapharin 24,3 mm. Diantara keempat merk yang diuji, Intramox memberikan daya hambat paling besar, kemudian diikuti oleh Dankos, Mepro, dan Novapharin. Perbedaan diameter zona hambat menunjukkan adanya variasi efektivitas antar merk, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menunjukkan bahwa berbagai merek dagang amoksisilin masih efektif terhadap isolat *Salmonella typhi* dari air limbah pemukiman.

Kata kunci: *Salmonella typhi*, amoksisilin, air limbah pemukiman, uji sensitivitas, Kirby-Bauer

**SCREENING THE POTENTIAL OF VARIOUS AMOXCILIN
TRADEMARKS AGAINST ISOLATES OF *Salmonella typhi*
ORIGINATED FROM RESIDENTIAL WASTEWATER**

Lutfi Ariska

SUMMARY

Salmonella typhi is a pathogenic bacterium that causes typhoid fever and can be found in residential wastewater, posing a public health concern. This study aimed to determine the antibacterial activity of various commercial brands of amoxicillin against *Salmonella typhi* isolates and to compare the effectiveness of each brand in inhibiting bacterial growth. The study was conducted using the Kirby-Bauer disk diffusion method on Mueller Hinton Agar (MHA) media. Four commercial brands of amoxicillin were tested, namely Dankos, Intramox, Mepro, and Novapharin. The results showed that all amoxicillin brands were able to inhibit the growth of *Salmonella typhi* and were categorized as sensitive based on CLSI standards. Intramox showed the largest average inhibition zone diameter of 29.9 mm, followed by Dankos 28.7 mm, Mepro 25.8 mm, and Novapharin 24.3 mm. Among the four tested brands, Intramox demonstrated the largest inhibition zone, followed by Dankos, Mepro, and Novapharin. The differences in inhibition zone diameters indicate variations in antibacterial effectiveness among the brands, therefore, it can be concluded that the commercial brands of amoxicillin used in this study remain effective against *Salmonella typhi* isolates obtained from residential wastewater.

Keywords: *Salmonella typhi*, amoxicillin, residential wastewater, sensitivity test, Kirby-Bauer

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya mahasiswa Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Nama : Lutfi Ariska
NPM : 23800049
Program Studi : D3 Kesehatan Hewan Dan Masyarakat Veteriner
Fakultas : Kedokteran Hewan
Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya karya ilmiah saya yang berjudul :

Skринing Potensi berbagai merk dagang Amoxicilin terhadap Isolat *Salmonella typhi* asal air limbah pemukiman

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, dan mempublikaskannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Dengan demikian pernyataan ini yang saya buat sebenarnya.

Dibuat di Surabaya

Pada tanggal : 26 Mei 2026

Yang menyatakan




(Lutfi Ariska)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Skrining Potensi Berbagai Merek Dagang Amoksisilin terhadap Isolat *Salmonella typhi* Asal Air Limbah Pemukiman” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi yang ditempuh penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, keluarga, sahabat, serta semua pihak yang telah membantu selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan dalam bidang mikrobiologi, farmasi, dan kesehatan lingkungan.

Sidoarjo, 7 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN PENGESAHAN.....	3
RINGKASAN.....	5
<i>SUMMARY</i>	6
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN	7
KATA PENGANTAR	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR GAMBAR	11
DAFTAR TABEL.....	12
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1 Latar Belakang	13
1.2 Rumusan Masalah	14
1.3 Tujuan	14
1.4 Manfaat	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 <i>Salmonella Typhi</i>	16
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	16
2.1.2 Habitat dan Cara Penularan.....	17
2.1.3 Patogenesis dan Faktor Virulensi.....	17
2.1.4 Gejala Klinis dan Dampak Penyakit	18
2.2 Air Limbah.....	18
2.2.1 Pengertian Air Limbah Pemukiman.....	18
2.2.2 Air Limbah dan Resistensi Antibiotik	20
2.3 Antibiotik Amoksisilin.....	21
2.3.1 Pengertian dan Klasifikasi	21
2.3.2 Spektrum Antibakteri	22
2.3.3 Farmakokinetik dan Stabilitas.....	23
2.3.4 Penggunaan Amoksisilin pada Infeksi Tifoid	23
2.4 Resistensi Antibiotik	24

2.4.1	Pengertian Resistensi	24
2.4.2	Mekanisme Resistensi.....	24
2.4.3	Faktor Penyebab Resistensi	25
2.4.4	Resistensi <i>Salmonella typhi</i> terhadap Amoksisilin	26
2.5	Merek Dagang dan Kualitas Obat	26
2.6	Penelitian terdahulu yang relevan	29
2.6.1	Uji Difusi Cakram (<i>Kirby-Bauer</i>)	29
2.6.2	Uji Dilusi (KHM/MIC)	30
2.6.3	Interpretasi Hasil	31
BAB III MATERI DAN METODE		33
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	33
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.2.1	Alat Penelitian.....	33
3.2.2	Bahan Penelitian.....	33
3.3	Variabel Penelitian	34
3.4	Prosedur Penelitian.....	35
3.4.1	Pengkayaan bakteri	35
3.4.2	Pembuatan media MHA.....	35
3.4.3	Uji Kirby-Bauer	36
3.4.4	Pengukuran Zona Hambat.....	36
3.4.5	Kategori Kepekaan Bakteri	37
3.4.6	Analisis Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Penelitian	38
4.1.1	Hasil Uji Sensitivitas Amoksisilin Berbagai Merek Dagang.....	38
4.2	Pembahasan.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Amoxicilin berbagai merek dagang	14
Gambar 2. Larutan Amoxicilin dan Bakteri <i>Salmonella Typhi</i>	15
Gambar 3. Bentuk Bakteri <i>Salmonella typhi</i>	15
Gambar 4. Diameter pada zona hambat	19

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Diameter Zona Hambat Amoksisilin Berbagai Merek Dagang	19
---	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salmonella typhi adalah patogen utama penyebab demam tifoid, penyakit yang banyak ditemukan di negara – negara berkembang, termasuk Indonesia. Penyakit ini sering ditularkan melalui makanan atau air yang terkontaminasi dengan bakteri tersebut. Di kota – kota besar, pencemaran air limbah pemukiman menjadi salah satu faktor utama penyebaran infeksi *Salmonella typhi*. Menurut *World Health Organization* (WHO, 2023), terdapat lebih dari sembilan juta kasus tifoid setiap tahunnya dengan angka kematian mencapai seratus sepuluh juta jiwa terutama di wilayah dengan sanitasi yang buruk dan keterbatasan akses air bersih.

Amoksilin, sebagai antibiotik yang termasuk dalam golongan beta-laktam telah digunakan secara luas untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*. Namun, dalam beberapa tahun terakhir resistensi terhadap antibiotik termasuk amoksilin mulai meningkat. Penelitian oleh Setiawan et al. (2002) menunjukkan bahwa isolat *Salmonella typhi* dapat ditemukan dalam air limbah domestik dengan tingkat resistensi tinggi terhadap beberapa antibiotik termasuk amoksilin, kloramfenikol, dan kotrimiksazil. Oleh karena itu, penting untuk melakukan skrining terhadap berbagai merk dagang amoksilin yang beredar di pasaran untuk mengetahui efektivitasnya terhadap isolat *Salmonella typhi* yang berasal dari air limbah pemukiman. Secara klinis obat ini masih banyak diresepkan untuk pengobatan demam tifoid karena efektivitas dan keamanannya yang relatif

tinggi. Namun peningkatan kasus resistensi ini menjadi tantangan serius dalam terapi antibiotik (Rahman et al., 2021; Kumar et al., 2023).

Penelitian ini berfokus pada uji sensitivitas amoksilin terhadap isolat *Salmonella typhi* yang diperoleh dari sampel air limbah pemukiman. Dengan demikian penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna terkait efektivitas amoksilin dalam mengatasi infeksi yang disebabkan oleh *Salmonella typhi* di lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana potensi berbagai merk dagang amoksilin terhadap isolat *Salmonella typhi* dari air limbah pemukiman?

1.3 Tujuan

Mengetahui potensi berbagai merk dagang amoksilin terhadap isolat *Salmonella typhi* dari air limbah pemukiman.

1.4 Manfaat

Secara ilmiah : memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang mikrobiologi dan farmasi mengenai efektivitas berbagai merek dagang amoksilin terhadap *Salmonella typhi*, serta menambah data tentang resistensi bakteri lingkungan terhadap antibiotik golongan beta-laktam.

Secara praktis : memberikan informasi bagi tenaga medis, apoteker, dan masyarakat tentang efektivitas berbagai merek dagang amoksilin, sehingga dapat membantu pemilihan antibiotik yang lebih rasional dan efektif dalam terapi infeksi tifoid.

Secara sosial dan kesehatan lingkungan : hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengawasan kualitas antibiotik yang beredar serta meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya pengelolaan limbah pemukiman untuk mencegah penyebaran bakteri patogen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Salmonella Typhi

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Salmonella typhi merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora, bersifat motil dengan flagela peritrik serta termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. Berdasarkan taksonomi klasifikasi *Salmonella typhi* adalah sebagai berikut: Kingdom : *bacteria*, Phylum : *proteobacteria*, Class : *gammaproteobacterial*, Order : *enterobacterales*, Family : *enterobacteriaceae*, Genus : *salmonella*, Spesies : *salmonella enterica serovar typhi*.

Salmonella typhi merupakan bakteri fakultatif anaerob yang mampu hidup baik dalam kondisi aerob maupun anaerob. Bakteri ini dapat tumbuh pada berbagai media kultur seperti *Nutrient Agar*, *MacConkey Agar*, dan *Salmonella-Shigella Agar* dengan suhu optimum sekitar 35–37°C. *S. typhi* mampu memfermentasi glukosa tetapi tidak memfermentasi laktosa, sehingga sering digunakan sebagai dasar identifikasi di laboratorium mikrobiologi. Selain itu, bakteri ini memiliki kemampuan bertahan dalam lingkungan yang kurang menguntungkan, termasuk air dan limbah, meskipun tidak berkembang biak secara aktif di luar tubuh inang. Kemampuan adaptasi ini didukung oleh sistem regulasi gen seperti *two-component system* yang memungkinkan bakteri merespons perubahan lingkungan dengan cepat. *S. typhi* juga memiliki kemampuan membentuk biofilm, terutama pada permukaan seperti batu empedu, yang berperan dalam terjadinya *carrier* kronis

pada manusia. Sifat-sifat biologis tersebut menjadikan *S. typhi* sebagai patogen yang sulit dieliminasi dan memiliki potensi penyebaran yang tinggi (Murret-Labarthe et al., 2020).

2.1.2 Habitat dan Cara Penularan

Salmonella typhi hanya menginfeksi manusia dan umumnya menyebar melalui makanan atau air yang terkontaminasi oleh feses penderita tifoid. Air limbah pemukiman menjadi salah satu sumber penyebaran penting, terutama di daerah dengan sanitasi buruk. Penelitian oleh Setiawan et al. (2022) menunjukkan bahwa 40% sampel air limbah domestik di wilayah perkotaan Indonesia positif mengandung *Salmonella typhi* menunjukkan tingginya potensi terkontaminasi lingkungan.

2.1.3 Patogenesis dan Faktor Virulensi

Patogenesis *Salmonella typhi* melibatkan serangkaian proses kompleks yang dimulai dari masuknya bakteri melalui saluran pencernaan setelah tertelan bersama makanan atau air yang terkontaminasi. Bakteri kemudian menembus mukosa usus melalui sel M dan memasuki jaringan limfoid seperti *Peyer's patches*. Setelah itu, bakteri mampu bertahan dan berkembang biak di dalam makrofag, kemudian menyebar ke organ sistemik seperti hati, limpa, dan sumsum tulang. Salah satu faktor virulensi utama adalah antigen Vi yang membantu bakteri menghindari fagositosis oleh sistem imun. Selain itu, keberadaan *Salmonella Pathogenicity Islands* (SPI) memungkinkan bakteri memiliki gen yang mengatur invasi, adhesi, dan produksi toksin. Sistem sekresi tipe III juga berperan dalam menyuntikkan protein efektor ke dalam sel inang untuk memfasilitasi infeksi. Kombinasi faktor-

faktor ini memungkinkan *S. typhi* menyebabkan infeksi sistemik yang serius dan menetap dalam tubuh inang (S.K. Al-Khafaji et al., 2021).

2.1.4 Gejala Klinis dan Dampak Penyakit

Infeksi *Salmonella typhi* menyebabkan penyakit tifoid atau demam tifoid yang merupakan salah satu penyakit infeksi sistemik yang masih menjadi masalah kesehatan global. Gejala awal biasanya meliputi demam tinggi yang berlangsung bertahap, sakit kepala, malaise, serta gangguan gastrointestinal seperti diare atau konstipasi. Pada beberapa kasus, dapat muncul ruam khas yang dikenal sebagai *rose spots* pada kulit. Jika tidak ditangani dengan tepat, infeksi dapat berkembang menjadi komplikasi serius seperti perforasi usus, perdarahan gastrointestinal, hingga sepsis. Secara global, penyakit tifoid masih menyebabkan jutaan kasus setiap tahunnya, terutama di wilayah Asia dan Afrika dengan sanitasi yang kurang memadai. Selain itu, munculnya strain *S. typhi* yang resisten terhadap antibiotik semakin memperburuk prognosis penyakit ini. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik klinis dan epidemiologi *S. typhi* sangat penting dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit tifoid (Khan & Shamim, 2022).

2.2 Air Limbah

2.2.1 Pengertian Air Limbah Pemukiman

Air limbah pemukiman merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas domestik manusia seperti mandi, mencuci, memasak, serta pembuangan tinja dan urin. Air limbah ini mengandung berbagai zat organik dan anorganik yang berasal dari aktivitas sehari-hari, termasuk sisa makanan, deterjen, dan mikroorganisme. Secara umum, air limbah domestik dibedakan menjadi greywater yang berasal dari

aktivitas non-fekal dan blackwater yang berasal dari limbah toilet. Sumber utama air limbah pemukiman berasal dari rumah tangga, fasilitas umum, serta lingkungan padat penduduk yang memiliki sistem sanitasi terbatas. Air limbah tersebut biasanya dialirkan ke sistem drainase atau badan air tanpa pengolahan yang memadai, terutama di daerah dengan infrastruktur sanitasi yang kurang baik. Kondisi ini menyebabkan air limbah menjadi media yang kaya nutrisi bagi pertumbuhan mikroorganisme, termasuk bakteri patogen. Oleh karena itu, air limbah pemukiman berperan penting sebagai sumber pencemaran lingkungan sekaligus reservoir mikroorganisme yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan (Verburg et al., 2019).

Air limbah pemukiman mengandung berbagai jenis mikroorganisme, termasuk bakteri patogen, virus, protozoa, dan jamur yang berasal dari aktivitas manusia. Bakteri patogen yang umum ditemukan antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, dan *Vibrio cholerae* yang dapat menyebabkan penyakit infeksi saluran pencernaan. Selain itu, air limbah juga mengandung bakteri indikator pencemaran seperti *E. coli* dan coliform yang digunakan untuk menilai kualitas sanitasi air. Tingginya konsentrasi bakteri dalam air limbah menunjukkan adanya kontaminasi fekal yang signifikan dan berpotensi menimbulkan risiko penyakit. Penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi bakteri dalam air limbah dapat mencapai jutaan hingga miliaran sel per liter, sehingga menjadi lingkungan yang sangat padat mikroorganisme. Selain bakteri, keberadaan virus enterik dan parasit juga memperburuk kualitas mikrobiologis air limbah (Verburg et al., 2019).

Air limbah pemukiman memiliki peran penting dalam penyebaran *Salmonella typhi*, terutama di daerah dengan sanitasi yang buruk. Bakteri ini dapat masuk ke dalam air limbah melalui feses penderita atau carrier yang tidak terdeteksi, kemudian menyebar ke lingkungan melalui sistem drainase. Air limbah yang tidak diolah dengan baik dapat mencemari sumber air bersih, tanah, dan makanan, sehingga meningkatkan risiko transmisi penyakit tifoid. Selain itu, bakteri dalam air limbah dapat bertahan hidup dalam kondisi tertentu dan tetap infeksius dalam jangka waktu tertentu. Kontaminasi lingkungan oleh air limbah juga dapat menyebabkan penyebaran bakteri melalui siklus air, termasuk irigasi pertanian dan penggunaan air yang tidak higienis. Risiko kesehatan yang ditimbulkan meliputi meningkatnya kejadian penyakit tifoid, terutama pada populasi yang terpapar air tercemar (Verburg et al., 2019).

2.2.2 Air Limbah dan Resistensi Antibiotik

Air limbah pemukiman juga berperan sebagai reservoir utama bagi bakteri resisten antibiotik dan gen resistensi antibiotik (*antibiotic resistance genes/ARGs*). Hal ini disebabkan oleh masuknya residu antibiotik dan bakteri dari tubuh manusia ke dalam sistem limbah melalui urin dan feses. Lingkungan air limbah yang kaya nutrisi dan mikroorganisme menciptakan kondisi ideal untuk seleksi dan perkembangan bakteri resisten. Selain itu, keberadaan elemen genetik bergerak seperti plasmid dan transposon memungkinkan terjadinya transfer gen resistensi antar bakteri melalui mekanisme *horizontal gene transfer* (Han & Yoo, 2020).

Penelitian menunjukkan bahwa instalasi pengolahan air limbah merupakan hotspot penyebaran gen resistensi ke lingkungan, termasuk melalui air, tanah, dan

udara. Bahkan, bioaerosol dari air limbah dapat membawa gen resistensi ke udara dan meningkatkan risiko paparan pada manusia. Keberadaan bakteri resisten dalam air limbah menjadi ancaman serius bagi kesehatan masyarakat karena dapat mengurangi efektivitas terapi antibiotik. Oleh karena itu, pengelolaan air limbah yang baik menjadi langkah penting dalam mengendalikan penyebaran resistensi antibiotik di lingkungan (Ding et al., 2025).

2.3 Antibiotik Amoksisilin

2.3.1 Pengertian dan Klasifikasi

Amoksisilin merupakan antibiotik semi-sintetik yang termasuk dalam golongan beta-laktam dan merupakan turunan dari penisilin yang banyak digunakan dalam terapi infeksi bakteri. Antibiotik ini bekerja secara bakterisidal dan memiliki spektrum luas terhadap berbagai bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Dalam klasifikasinya, amoksisilin termasuk dalam kelompok aminopenisilin yang memiliki kemampuan penetrasi lebih baik dibandingkan penisilin generasi awal. Struktur kimia beta-laktam pada amoksisilin berperan penting dalam aktivitas antibakterinya, terutama dalam menghambat sintesis dinding sel bakteri. Selain itu, amoksisilin sering dikombinasikan dengan inhibitor beta-laktamase seperti asam klavulanat untuk memperluas spektrum aktivitasnya terhadap bakteri yang resisten. Penggunaan amoksisilin yang luas menjadikannya salah satu antibiotik lini pertama dalam berbagai infeksi bakteri, termasuk infeksi saluran pernapasan dan gastrointestinal (Kushwaha & Gupta, 2023).

Amoksisilin bekerja dengan cara menghambat sintesis dinding sel bakteri melalui pengikatan terhadap enzim penicillin-binding proteins (PBP) yang berperan

dalam proses pembentukan peptidoglikan. Mekanisme ini menyebabkan terganggunya proses transpeptidasi yang penting untuk mempertahankan kekuatan struktur dinding sel bakteri. Akibatnya, dinding sel menjadi lemah dan rentan terhadap tekanan osmotik, sehingga menyebabkan lisis dan kematian sel bakteri. Amoksisilin bersifat bakterisidal dan menunjukkan aktivitas yang bergantung pada waktu (time-dependent killing), di mana efektivitasnya ditentukan oleh lamanya konsentrasi obat berada di atas MIC. Selain itu, aktivasi enzim autolitik pada bakteri juga berkontribusi terhadap penghancuran dinding sel. Mekanisme kerja ini menjadikan amoksisilin efektif terhadap bakteri yang sedang aktif membelah (Kushwaha & Gupta, 2023).

2.3.2 Spektrum Antibakteri

Amoksisilin memiliki spektrum antibakteri yang luas, mencakup bakteri Gram positif dan beberapa bakteri Gram negatif. Spektrum aktivitasnya meliputi: bakteri Gram positif seperti *Streptococcus spp.*, *Staphylococcus spp.* (non- β -laktamase), bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, dan *Salmonella spp.*, bakteri enterik penyebab infeksi gastrointestinal.

Amoksisilin efektif terhadap *Salmonella typhi* pada kondisi tertentu, terutama pada strain yang masih sensitif terhadap antibiotik beta-laktam. Namun, peningkatan kasus resistensi terhadap antibiotik ini telah dilaporkan di berbagai negara akibat produksi enzim beta-laktamase dan mekanisme resistensi lainnya. Meskipun demikian, amoksisilin masih digunakan sebagai alternatif terapi pada infeksi tifoid tergantung pada hasil uji sensitivitas antibiotik (Punchihewage-Don et al., 2024).

2.3.3 Farmakokinetik dan Stabilitas

Amoksisilin memiliki karakteristik farmakokinetik yang baik, terutama dalam hal absorpsi dan bioavailabilitas setelah pemberian oral. Obat ini stabil dalam kondisi asam lambung sehingga dapat diserap dengan cepat di saluran pencernaan. Konsentrasi puncak dalam plasma biasanya dicapai dalam waktu 1–2 jam setelah pemberian oral. Distribusi amoksisilin cukup luas ke berbagai jaringan tubuh, meskipun penetrasi ke sistem saraf pusat terbatas kecuali pada kondisi inflamasi. Amoksisilin memiliki bioavailabilitas tinggi, berkisar antara 70–90%, sehingga efektif digunakan dalam terapi oral. Sebagian besar obat diekskresikan melalui urin dalam bentuk tidak berubah, dengan waktu paruh relatif singkat. Stabilitas dan profil farmakokinetik ini mendukung penggunaan amoksisilin sebagai antibiotik yang praktis dan efektif dalam pengobatan infeksi bakteri (Akhavan, et al., 2023).

2.3.4 Penggunaan Amoksisilin pada Infeksi Tifoid

Amoksisilin telah digunakan sebagai salah satu terapi untuk infeksi tifoid yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*, terutama sebelum meningkatnya kasus resistensi antibiotik. Antibiotik ini bekerja efektif pada strain yang masih sensitif, sehingga penggunaannya sangat bergantung pada hasil uji kepekaan antibiotik. Dalam praktik klinis, amoksisilin dapat digunakan sebagai alternatif terapi pada pasien yang tidak dapat menggunakan antibiotik lain seperti fluorokuinolon. Namun, munculnya strain *Salmonella typhi* yang resisten terhadap antibiotik beta-laktam telah membatasi efektivitasnya di beberapa wilayah. Mekanisme resistensi seperti produksi beta-laktamase dan perubahan target antibiotik menjadi faktor utama penurunan efektivitas terapi. Oleh karena itu, pemantauan pola resistensi dan

evaluasi efektivitas antibiotik secara berkala sangat diperlukan. Penggunaan amoksisilin dalam penelitian ini menjadi relevan untuk mengetahui potensi daya hambat terhadap isolat *Salmonella typhi* dari lingkungan, khususnya air limbah pemukiman (Khan & Shamim, 2022).

2.4 Resistensi Antibiotik

2.4.1 Pengertian Resistensi

Resistensi antibiotik merupakan kemampuan bakteri untuk bertahan hidup dan tetap berkembang meskipun terpapar antibiotik yang seharusnya dapat menghambat atau membunuhnya. Fenomena ini terjadi akibat perubahan genetik pada bakteri, baik melalui mutasi maupun akuisisi gen resistensi dari bakteri lain. Resistensi dapat bersifat alami (intrinsik) maupun didapat (acquired resistance) yang berkembang akibat tekanan seleksi dari penggunaan antibiotik. Kondisi ini menjadi masalah global karena dapat menyebabkan kegagalan terapi infeksi dan meningkatkan angka morbiditas serta mortalitas. Pada bakteri seperti *Salmonella typhi*, resistensi antibiotik telah dilaporkan meningkat secara signifikan di berbagai negara berkembang. Oleh karena itu, pemahaman tentang resistensi antibiotik menjadi sangat penting dalam pengendalian penyakit infeksi (Khan & Shamim, 2022).

2.4.2 Mekanisme Resistensi

Mekanisme resistensi antibiotik pada bakteri dapat terjadi melalui beberapa cara utama, yaitu: Produksi enzim beta-laktamase, enzim beta-laktamase mampu menghidrolisis cincin beta-laktam pada antibiotik seperti amoksisilin sehingga obat menjadi tidak aktif. Mekanisme ini merupakan salah satu penyebab utama resistensi

terhadap antibiotik golongan penisilin. Produksi enzim ini dapat dikode oleh gen plasmid maupun kromosom bakteri (Uddin & Ahn, 2018). Perubahan target (*target modification*), bakteri dapat mengalami perubahan pada struktur target antibiotik, seperti penicillin-binding proteins (PBP), sehingga antibiotik tidak dapat berikatan secara efektif. Mutasi genetik pada target ini menyebabkan penurunan afinitas antibiotik dan mengurangi efektivitasnya. Mekanisme ini sering ditemukan pada bakteri yang mengalami resistensi jangka panjang (Khan & Shamim, 2022). *Efflux pump* merupakan sistem transport aktif yang mengeluarkan antibiotik dari dalam sel bakteri sehingga konsentrasi obat menjadi rendah. Mekanisme ini berkontribusi terhadap resistensi multi-obat karena dapat mengeluarkan berbagai jenis antibiotik sekaligus. Aktivitas *efflux pump* yang meningkat telah dilaporkan pada bakteri *Salmonella* dan berperan penting dalam perkembangan resistensi (Alenazy, 2022).

2.4.3 Faktor Penyebab Resistensi

Resistensi antibiotik dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari sisi penggunaan antibiotik maupun lingkungan. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional, penggunaan antibiotik tanpa resep, dosis yang tidak tepat, serta penghentian terapi sebelum waktunya dapat meningkatkan seleksi bakteri resisten. Penggunaan antibiotik secara berlebihan juga mempercepat munculnya strain bakteri yang kebal terhadap pengobatan. Faktor lingkungan, lingkungan seperti air limbah menjadi tempat akumulasi antibiotik dan bakteri, sehingga menciptakan kondisi ideal untuk berkembangnya resistensi. Selain itu, adanya transfer gen resistensi melalui plasmid, transposon, dan bakteriofag mempercepat penyebaran

resistensi antar bakteri. Interaksi antar mikroorganisme di lingkungan ini meningkatkan peluang terjadinya horizontal gene transfer (Khan & Shamim, 2022).

2.4.4 Resistensi *Salmonella typhi* terhadap Amoksisilin

Resistensi *Salmonella typhi* terhadap amoksisilin menjadi salah satu tantangan dalam pengobatan infeksi tifoid. Mekanisme utama resistensi terhadap amoksisilin adalah produksi enzim beta-laktamase yang dapat menginaktivasi antibiotik tersebut. Selain itu, perubahan target antibiotik dan peningkatan aktivitas efflux pump juga berkontribusi terhadap penurunan sensitivitas bakteri. Studi menunjukkan bahwa resistensi pada *S. typhi* dapat dimediasi oleh plasmid yang membawa gen resistensi sehingga mudah menyebar antar bakteri. Peningkatan kasus resistensi ini menyebabkan terbatasnya pilihan terapi antibiotik yang efektif. Oleh karena itu, uji sensitivitas antibiotik menjadi sangat penting untuk menentukan efektivitas amoksisilin terhadap isolat *Salmonella typhi* di suatu wilayah (Khan & Shamim, 2022).

2.5 Merek Dagang dan Kualitas Obat

Obat generik merupakan obat yang mengandung zat aktif, kekuatan dosis, bentuk sediaan, dan cara penggunaan yang sama dengan obat inovator, namun dipasarkan dengan nama generik. Sementara itu, obat merek dagang adalah obat yang diproduksi dan dipasarkan oleh perusahaan farmasi dengan nama komersial tertentu. Secara farmakologis, obat generik dan obat bermerek seharusnya memiliki efektivitas dan keamanan yang setara apabila memenuhi standar bioekivalensi. Perbedaan utama antara keduanya biasanya terletak pada nama produk, harga, bahan tambahan, serta strategi pemasaran. Di Indonesia, obat generik dan obat

bermerek harus mendapatkan izin edar dari BPOM sebelum dipasarkan kepada masyarakat. Oleh karena itu, kualitas obat tetap harus memenuhi standar mutu farmasi yang telah ditetapkan meskipun berasal dari produsen yang berbeda (Melati Sirait & Rahmatia, 2020).

Mutu obat merupakan parameter penting untuk menjamin keamanan, efektivitas, dan stabilitas produk farmasi selama penyimpanan dan penggunaan. Di Indonesia, pengawasan mutu obat dilakukan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) melalui evaluasi pre-market dan post-market terhadap produk farmasi yang beredar. Selain itu, industri farmasi wajib menerapkan *Good Manufacturing Practice* (GMP) atau Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) untuk memastikan konsistensi mutu produk. Standar mutu obat meliputi beberapa aspek berikut (Hadi et al., 2010): Identitas dan kadar bahan aktif sesuai spesifikasi, stabilitas fisik dan kimia selama masa simpan, keseragaman kandungan dan bobot sediaan, profil disolusi dan bioavailabilitas, keamanan dari cemaran mikroba maupun bahan berbahaya.

Penerapan GMP sangat penting untuk memastikan setiap batch obat diproduksi dengan kualitas yang konsisten. Pengawasan mutu yang baik juga bertujuan mencegah beredarnya obat substandar yang dapat menurunkan efektivitas terapi antibiotik.

Kualitas obat dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor mulai dari bahan baku hingga proses penyimpanan produk. Perbedaan kualitas antar merek dapat terjadi meskipun mengandung zat aktif yang sama. Faktor-faktor tersebut meliputi: bahan aktif, kadar dan kemurnian bahan aktif sangat menentukan efektivitas obat. Bahan

aktif yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan penurunan potensi antibakteri. Eksipien atau bahan tambahan mempengaruhi proses disintegrasi, disolusi, dan stabilitas obat. Perbedaan jenis dan jumlah eksipien antar produsen dapat mempengaruhi pelepasan zat aktif dalam tubuh. Stabilitas obat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, cahaya, dan kondisi penyimpanan. Penurunan stabilitas dapat menyebabkan degradasi zat aktif sehingga efektivitas obat menurun.

Selain itu, proses produksi dan kontrol kualitas juga berpengaruh terhadap mutu akhir produk farmasi. Oleh karena itu, evaluasi kualitas antar merek dagang penting dilakukan untuk memastikan efektivitas terapi tetap optimal (Melati Sirait & Rahmatia, 2020).

Perbedaan efektivitas antar merek antibiotik dapat dipengaruhi oleh mutu bahan aktif, profil disolusi, bioavailabilitas, dan proses formulasi obat. Meskipun memiliki kandungan zat aktif yang sama, beberapa produk dapat menunjukkan perbedaan pelepasan obat yang mempengaruhi aktivitas antibakterinya. Pada pengujian mikrobiologi, variasi efektivitas dapat diamati melalui perbedaan diameter zona hambat terhadap bakteri uji. Zona hambat yang lebih besar menunjukkan kemampuan antibakteri yang lebih baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Penelitian mengenai amoksisilin generik dan bermerek menunjukkan bahwa sebagian besar produk memenuhi standar bioekivalensi, namun tetap ditemukan variasi pada profil disolusi dan potensi antibakteri antar merek (Melati Sirait & Rahmatia, 2020).

2.6 Penelitian terdahulu yang relevan

Metode skrining aktivitas antibakteri merupakan teknik yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu senyawa atau antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Pengujian ini penting untuk menentukan sensitivitas maupun resistensi bakteri terhadap antibiotik tertentu. Dalam penelitian mikrobiologi, metode yang paling umum digunakan adalah uji difusi cakram dan uji dilusi. Kedua metode tersebut memiliki prinsip dan tujuan yang berbeda, tetapi sama-sama digunakan untuk mengevaluasi efektivitas antibakteri. Hasil pengujian biasanya dibandingkan dengan standar internasional seperti CLSI (*Clinical and Laboratory Standards Institute*) atau EUCAST (*European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing*) agar interpretasi hasil lebih akurat (CLSI, 2023).

2.6.1 Uji Difusi Cakram (*Kirby-Bauer*)

Metode difusi cakram atau Kirby-Bauer merupakan metode uji sensitivitas antibiotik yang paling banyak digunakan dalam laboratorium mikrobiologi klinik. Prinsip metode ini adalah difusi antibiotik dari cakram kertas ke dalam media agar yang telah diinokulasi bakteri uji. Antibiotik akan berdifusi membentuk gradien konsentrasi sehingga menghasilkan zona hambat di sekitar cakram apabila bakteri sensitif terhadap antibiotik tersebut. Diameter zona hambat kemudian diukur untuk menentukan tingkat sensitivitas bakteri. Metode ini relatif sederhana, ekonomis, dan mudah dilakukan sehingga banyak digunakan dalam penelitian maupun diagnosis klinis (Hudzicki, 2020).

Prinsip dasar metode Kirby-Bauer meliputi: Antibiotik berdifusi secara radial pada media agar, konsentrasi antibiotik menurun seiring jarak dari cakram,

pertumbuhan bakteri terhambat pada area dengan konsentrasi efektif, terbentuk zona bening yang disebut zona hambat.

Besarnya zona hambat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi antibiotik, kemampuan difusi obat, ketebalan media, dan sensitivitas bakteri. Oleh karena itu, kondisi pengujian harus distandarisasi agar hasil dapat dibandingkan secara valid (CLSI, 2023).

Tahapan metode Kirby-Bauer meliputi: menyiapkan suspensi bakteri sesuai standar McFarland, menginokulasikan bakteri pada media Mueller-Hinton Agar, meletakkan cakram antibiotik di permukaan media, menginkubasi media pada suhu 35–37°C selama 18–24 jam, mengukur diameter zona hambat menggunakan jangka sorong atau penggaris.

Metode ini digunakan secara luas untuk mengevaluasi sensitivitas *Salmonella typhi* terhadap berbagai antibiotik termasuk amoksisilin. Hasil zona hambat kemudian dibandingkan dengan standar interpretasi yang berlaku (EUCAST, 2024).

2.6.2 Uji Dilusi (KHM/MIC)

Uji dilusi merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum atau Minimum Inhibitory Concentration (MIC) suatu antibiotik terhadap bakteri. MIC didefinisikan sebagai konsentrasi antibiotik terendah yang masih mampu menghambat pertumbuhan bakteri secara visual. Metode ini dapat dilakukan menggunakan media cair (broth dilution) maupun media padat (agar dilution). Pengujian MIC memberikan hasil yang lebih spesifik dibandingkan metode difusi karena menunjukkan nilai konsentrasi efektif

antibiotik. Selain itu, metode ini sering digunakan untuk mengevaluasi tingkat resistensi bakteri terhadap antibiotik tertentu (Wiegand et al., 2021). Konsep dasar uji dilusi meliputi: antibiotik dibuat dalam seri konsentrasi bertingkat, setiap konsentrasi diinokulasi dengan bakteri uji, inkubasi dilakukan pada suhu optimum pertumbuhan bakteri, konsentrasi terendah tanpa pertumbuhan bakteri ditetapkan sebagai MIC.

Nilai MIC digunakan untuk menentukan tingkat sensitivitas bakteri terhadap antibiotik dan membantu dalam pemilihan terapi yang tepat. Semakin kecil nilai MIC, maka semakin sensitif bakteri terhadap antibiotik tersebut (CLSI, 2023).

2.6.3 Interpretasi Hasil

Interpretasi hasil uji aktivitas antibakteri dilakukan berdasarkan diameter zona hambat atau nilai MIC yang diperoleh dari pengujian. Diameter zona hambat menunjukkan kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada media agar. Semakin besar diameter zona hambat, maka semakin tinggi sensitivitas bakteri terhadap antibiotik yang diuji. Sebaliknya, zona hambat yang kecil atau tidak terbentuk menunjukkan adanya resistensi bakteri terhadap antibiotik tersebut. Interpretasi hasil harus mengacu pada standar internasional agar hasil pengujian lebih valid dan konsisten (EUCAST, 2024).

Hasil uji sensitivitas biasanya dikategorikan menjadi: Sensitif (*Susceptible/S*), *Intermediate* (I), Resistensi (*Resistant/R*). Kategori tersebut ditentukan berdasarkan breakpoint diameter zona hambat atau nilai MIC sesuai standar CLSI atau EUCAST. Breakpoint dapat berbeda tergantung jenis bakteri dan

antibiotik yang digunakan. Oleh karena itu, interpretasi hasil harus dilakukan secara hati-hati untuk menghindari kesalahan penentuan sensitivitas antibiotik (CLSI, 2023).

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di area pemukiman Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Penelitian dilaksanakan pada 18 Desember 2025.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: autoklaf, inkubator, laminar air flow, cawan petri, tabung reaksi, mikropipet dan tip, ose, pinset, jangka sorong / penggaris, spiritus dan bunsen.

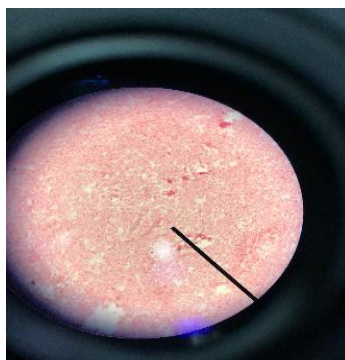
3.2.2 Bahan Penelitian



Gambar 1. Amoxicilin berbagai merek dagang



Gambar 2. Larutan Amoxicilin dan Bakteri *Salmonella Typhi*



Gambar 3. Bentuk Bakteri *Salmonella typhi*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: sampel air limbah pemukiman, isolat *Salmonella typhi*, media Nutrient Agar (NA), media selektif (SSA atau XLD), larutan NaCl fisiologis, kertas cakram (disk), alkohol 70%, aquades steril, cakram antibiotik amoksisilin 50 μg dari berbagai merek dagang, cakram antibiotik tetrasiklin 30 μg , cakram antibiotik kloramfenikol 30 μg , cakram antibiotik ciprofloxacin 5 μg .

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari: Variabel Independen (X), berbagai merek dagang antibiotik amoksisilin. Variabel Dependen (Y), daya hambat pertumbuhan *Salmonella typhi* yang ditunjukkan oleh diameter zona hambat (mm).

Variabel Kontrol meliputi konsentrasi antibiotic, waktu inkubasi, suhu inkubasi, jenis media.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengkayaan bakteri

Isolat *Salmonella typhi* dari sampel air limbah pemukiman diinokulasikan ke dalam media Nutrient Broth (NB) steril menggunakan ose steril. Suspensi kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–24 jam untuk memperoleh pertumbuhan bakteri yang optimal sebelum dilakukan pengujian sensitivitas antibiotik.

3.4.2 Pembuatan media MHA

Media Mueller Hinton Agar (MHA) dibuat dengan menimbang serbuk media sesuai petunjuk pabrik kemudian dilarutkan ke dalam aquades steril menggunakan erlenmeyer. Larutan media dipanaskan di atas *hot plate* sambil diaduk hingga homogen dan seluruh serbuk larut sempurna. Setelah itu, media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi selama 15 menit untuk mencegah kontaminasi mikroorganisme lain. Media yang telah steril kemudian didinginkan hingga suhu sekitar 45–50°C sebelum dituangkan ke dalam cawan petri steril secara aseptik di dalam laminar air flow cabinet.

Media MHA yang telah dituangkan ke dalam cawan petri dibiarkan memadat pada suhu ruang. Setelah media memadat, permukaan media diperiksa untuk memastikan tidak terdapat gelembung udara maupun kontaminasi. Media kemudian disimpan dalam kondisi tertutup dan digunakan untuk pengujian sensitivitas antibiotik metode Kirby-Bauer. Penggunaan media Mueller Hinton

Agar dipilih karena memiliki kemampuan difusi antibiotik yang baik dan direkomendasikan dalam standar uji sensitivitas antibiotik.

3.4.3 Uji Kirby-Bauer

Uji sensitivitas antibiotik dilakukan menggunakan metode difusi cakram (Kirby-Bauer). Suspensi bakteri *Salmonella typhi* hasil pengkayaan disesuaikan dengan standar kekeruhan McFarland 0,5 menggunakan larutan NaCl fisiologis steril. Suspensi bakteri kemudian diinokulasikan secara merata pada permukaan media Mueller Hinton Agar menggunakan cotton swab steril dengan cara digoreskan ke seluruh permukaan media agar memperoleh pertumbuhan bakteri yang homogen. Setelah permukaan media mengering selama beberapa menit, cakram antibiotik amoksisilin dari berbagai merek dagang diletakkan di atas media menggunakan pinset steril.

Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–24 jam dalam posisi terbalik untuk mencegah kondensasi air pada permukaan media. Setelah proses inkubasi selesai, terbentuk zona bening di sekitar cakram antibiotik yang menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan milimeter (mm). Hasil pengukuran kemudian dicatat dan digunakan untuk menentukan tingkat sensitivitas bakteri terhadap antibiotik yang diuji berdasarkan standar CLSI.

3.4.4 Pengukuran Zona Hambat

Setelah proses inkubasi selesai, zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram antibiotik diamati dan diukur menggunakan jangka sorong dalam satuan

milimeter (mm). Pengukuran dilakukan pada diameter zona bening yang menunjukkan tidak adanya pertumbuhan bakteri di sekitar cakram antibiotik.

3.4.5 Kategori Kepekaan Bakteri

Hasil diameter zona hambat yang diperoleh kemudian dikategorikan berdasarkan standar *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) menjadi sensitif, intermediate, atau resisten. Kategori kepekaan ditentukan berdasarkan besar diameter zona hambat yang terbentuk terhadap antibiotik yang diuji.

3.4.6 Analisis Data

Data hasil pengukuran diameter zona hambat dari masing-masing merek dagang amoksisilin dicatat dan disajikan dalam bentuk tabel. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap sampel guna memperoleh hasil yang lebih akurat dan mengurangi kemungkinan kesalahan pengukuran. Nilai diameter zona hambat kemudian dihitung rata-ratanya untuk mengetahui efektivitas masing-masing antibiotik dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi*.

Hasil rata-rata tersebut dibandingkan antar merek dagang untuk melihat perbedaan daya hambat yang dihasilkan. Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, maka semakin tinggi kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Selanjutnya, hasil pengukuran diinterpretasikan berdasarkan standar *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI) untuk menentukan kategori sensitivitas bakteri terhadap antibiotik yang diuji.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Uji Sensitivitas Amoksisilin Berbagai Merek Dagang

Hasil uji sensitivitas antibiotik menggunakan metode difusi cakram (Kirby-Bauer) menunjukkan bahwa seluruh merek dagang amoksisilin mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi*. Diameter zona hambat yang terbentuk berbeda pada masing-masing merek dagang. Intramox menunjukkan rata-rata diameter zona hambat terbesar yaitu 29,9 mm, diikuti Dankos sebesar 28,7 mm, Mepro sebesar 25,8 mm, dan Novapharin sebesar 24,3 mm. Seluruh hasil pengujian termasuk dalam kategori sensitif berdasarkan standar CLSI.

Hasil pengukuran diameter zona hambat terhadap isolat *Salmonella typhi* disajikan pada Table 4.1.

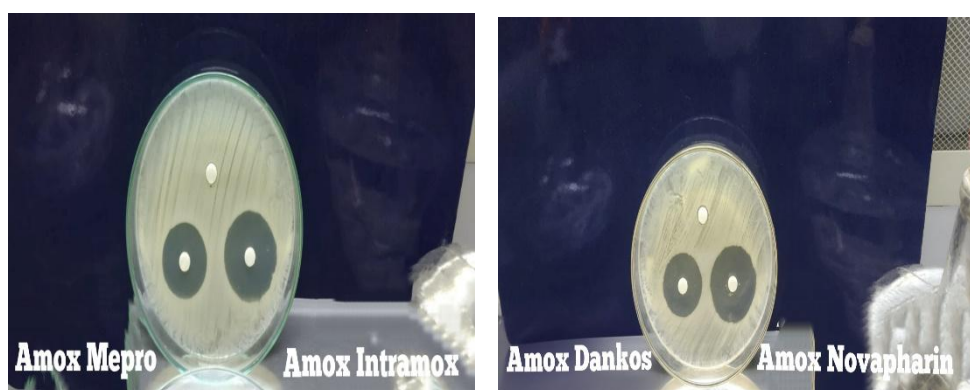
Tabel 1. Diameter Zona Hambat Amoksisilin Berbagai Merek Dagang

No	Jenis Amoxicillin	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-rata	Kategori
		Replika 1	Replika 2	Replika 3		
1	Novapharin	22,19	25,50	35,30	24,3	Sensitif
2	Mepro	24,66	26,08	23,73	25,8	Sensitif
3	Dankos	26,60	29,32	30,06	28,7	Sensitif
4	Intramox	28,89	32,36	28,57	29,9	Sensitif

Hasil pengamatan menunjukkan adanya zona bening di sekitar cakram antibiotik pada media Mueller Hinton Agar yang menandakan adanya aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*. Perbedaan diameter zona hambat

menunjukkan adanya variasi daya hambat antar merek dagang amoksisilin yang digunakan. Meskipun demikian, seluruh merek dagang masih menunjukkan efektivitas yang baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji.

Selain menunjukkan aktivitas antibakteri yang baik, hasil penelitian ini juga memperlihatkan adanya perbedaan kekuatan daya hambat antar merek dagang amoksisilin terhadap *Salmonella typhi*. Intramox menghasilkan diameter zona hambat terbesar dibandingkan merek lainnya, sedangkan Novapharin menunjukkan diameter zona hambat paling kecil meskipun masih termasuk kategori sensitif. Perbedaan diameter zona hambat tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kualitas bahan aktif, komposisi eksipien, stabilitas obat, serta proses formulasi dan produksi dari masing-masing produsen. Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, maka semakin tinggi kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun seluruh merek dagang mengandung zat aktif amoksisilin, efektivitas antibakteri yang dihasilkan dapat berbeda. Namun secara umum, seluruh merek dagang amoksisilin yang diuji masih efektif dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi*.



Gambar 4. Hasil zona hambat amoksisilin berbagai merek dagang terhadap *Salmonella typhi* menggunakan metode Kirby-Bauer

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh merek dagang amoksisilin mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat pada media Mueller Hinton Agar. Diameter zona hambat yang terbentuk berada pada kategori sensitif berdasarkan standar CLSI, namun terdapat perbedaan ukuran zona hambat antar merek dagang. Intramox menghasilkan diameter zona hambat terbesar dengan rata-rata 29,9 mm, sedangkan Novapharin menunjukkan diameter zona hambat terkecil yaitu 24,3 mm. Perbedaan diameter zona hambat menunjukkan adanya variasi efektivitas antibakteri meskipun seluruh produk mengandung zat aktif amoksisilin. Semakin besar diameter zona hambat yang terbentuk, maka semakin tinggi kemampuan antibiotik dalam menghambat pertumbuhan bakteri (CLSI, 2023).

Zona hambat yang besar dapat dipengaruhi oleh kemampuan antibiotik berdifusi secara optimal pada media agar dan tingginya aktivitas zat aktif terhadap bakteri uji. Amoksisilin bekerja dengan menghambat sintesis dinding sel bakteri melalui pengikatan terhadap penicillin-binding proteins (PBP) sehingga menyebabkan lisis sel bakteri. Mekanisme kerja tersebut menyebabkan pertumbuhan *Salmonella typhi* terhambat dan membentuk daerah bening di sekitar cakram antibiotik. Diameter zona hambat yang lebih besar pada Intramox dan Dankos diduga menunjukkan kualitas pelepasan zat aktif dan kemampuan difusi antibiotik yang lebih baik dibandingkan merek lainnya. Selain itu, konsentrasi zat aktif yang stabil dan kesesuaian formulasi obat juga dapat meningkatkan efektivitas antibakteri amoksisilin (StatPearls Publishing, 2023).

Perbedaan ukuran zona hambat antar merek dagang dapat dipengaruhi oleh mutu bahan aktif, jenis eksipien, stabilitas sediaan, serta proses produksi obat. Eksipien yang digunakan dalam formulasi dapat mempengaruhi kecepatan disolusi dan pelepasan zat aktif pada media pengujian. Produk dengan proses disolusi yang lebih baik cenderung menghasilkan difusi antibiotik yang lebih luas sehingga zona hambat menjadi lebih besar. Sebaliknya, zona hambat yang lebih kecil dapat terjadi akibat pelepasan zat aktif yang kurang optimal atau stabilitas obat yang menurun selama penyimpanan. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa perbedaan profil disolusi antar merek amoksisilin dapat mempengaruhi potensi aktivitas antibakterinya meskipun kandungan zat aktifnya sama (Sirait et al., 2020).

Zona hambat yang terbentuk pada seluruh merek dagang masih termasuk kategori sensitif karena *Salmonella typhi* yang digunakan masih responsif terhadap antibiotik amoksisilin. Hal ini menunjukkan bahwa antibiotik amoksisilin masih memiliki kemampuan yang baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri uji. Namun, ukuran zona hambat yang berbeda juga dapat menjadi indikasi adanya variasi sensitivitas bakteri terhadap masing-masing produk antibiotik. Faktor lain seperti ketebalan media, kepadatan inokulum bakteri, suhu inkubasi, dan kemampuan difusi antibiotik pada media agar juga dapat mempengaruhi hasil pengukuran zona hambat. Oleh karena itu, prosedur pengujian Kirby-Bauer harus dilakukan secara terstandarisasi agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan konsisten (Hudzicki, 2020).

Meskipun seluruh merek dagang menunjukkan hasil sensitif, pemantauan terhadap efektivitas antibiotik tetap penting dilakukan mengingat meningkatnya

kasus resistensi *Salmonella typhi* terhadap antibiotik beta-laktam di berbagai negara. Resistensi dapat terjadi akibat produksi enzim beta-laktamase, perubahan target antibiotik, maupun mekanisme efflux pump yang menyebabkan efektivitas antibiotik menurun. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional juga menjadi faktor utama dalam perkembangan resistensi bakteri. Oleh karena itu, evaluasi sensitivitas antibiotik secara berkala diperlukan untuk memastikan efektivitas terapi terhadap infeksi tifoid. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa berbagai merek dagang amoksisilin masih efektif dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* dari air limbah pemukiman (Khan & Shamim, 2022).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa berbagai merek dagang amoksisilin memiliki aktivitas antibakteri terhadap isolat *Salmonella typhi* dari air limbah pemukiman yang ditunjukkan oleh rata-rata diameter zona hambat terbesar yaitu Intramox 29,9 mm, diikuti Dankos sebesar 28,7 mm, Mepro sebesar 25,8 mm, dan Novapharin sebesar 24,3 mm, dan semuanya masuk kategori sensitif berdasarkan standar CLSI.

5.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak dan jenis antibiotik yang lebih beragam agar diperoleh hasil yang lebih luas dan akurat. Penelitian selanjutnya juga dapat menggunakan metode pengujian lain seperti *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) untuk mengetahui konsentrasi hambat minimum antibiotik terhadap bakteri uji. Selain itu, perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut terkait mekanisme resistensi *Salmonella typhi* terhadap antibiotik beta-laktam. Pengawasan penggunaan antibiotik secara rasional juga perlu ditingkatkan untuk mencegah terjadinya resistensi antibiotik di masyarakat. Penelitian mengenai kualitas dan efektivitas berbagai merek dagang antibiotik juga penting dilakukan secara berkala untuk menjamin mutu dan efektivitas terapi antibakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Khafaji, Z., et al. (2021). β -lactamase gene expression in *Salmonella enterica* isolates from environmental samples. *Microbial Drug Resistance*, 27(5), 690–698.
- Al-Tabakha, M. M., Fafelelbom, K. M. S., Obaid, D. E. E., & Sayed, S. (2017). Quality attributes and in vitro bioequivalence of different brands of amoxicillin trihydrate tablets. *Pharmaceutics*, 9(2), 18. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics9020018>
- Avianto, P., Mahfudz, Suharjono, Isnaeni, & Alderman, C. P. (2020). In vitro equivalence of generic and branded amoxicillin tablet by microbiological assay method. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 30(6). <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2019-0247>
- Berendonk, T. U., Manaia, C. M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., Burgmann, H., Sørum, H., Norström, M., & Pons, M. N. (2019). Tackling antibiotic resistance: The environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, 17(5), 310–317. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0113-2>
- Chukwu, E. E., et al. (2022). Antibiotic resistance in wastewater bacteria and its environmental implications. *Journal of Water and Health*, 20(4), 487–498.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2023). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing* (33rd ed.). CLSI supplement M100. <https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m100/>
- Ding, D., Sun, J., Chi, M., Liu, L., Ren, Z., & Liu, J. (2025). Dissemination characteristics and exposure risk assessment of antibiotic resistance genes via aerosols from wastewater treatment processes. *Water*, 17(9), 1305. <https://doi.org/10.3390/w17091305>
- European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. (2024). *Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters* (Version 14.0). https://www.eucast.org/clinical_breakpoints/
- Han, I., & Yoo, K. (2020). Metagenomic profiles of antibiotic resistance genes in activated sludge, dewatered sludge and bioaerosols. *Water*, 12(6), 1516. <https://doi.org/10.3390/w12061516>
- Hernandez, A., et al. (2022). Environmental spread of antimicrobial resistance: A global perspective. *Environmental Research*, 212, 113–125.
- Hudzicki, J. (2020). Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American Society for Microbiology*. <https://asm.org/Protocols/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Protocol>
- Jawetz, Melnick, & Adelberg. (2022). *Medical microbiology* (29th ed.). McGraw-Hill.
- Kaur, H., et al. (2020). Comparative analysis of amoxicillin brands against *Salmonella typhi* isolates. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 15(6), 733–740.

- Khan, M., & Shamim, S. (2022). Understanding the mechanism of antimicrobial resistance and pathogenesis of *Salmonella enterica* serovar Typhi. *Microorganisms*, *10*(10), 2006. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10102006>
- Kumar, P., et al. (2023). Comparative study of amoxicillin potency in commercial formulations. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, *35*, 89–96.
- Kushwaha, A., & Gupta, P. (2023). Amoxicillin: Mechanism of action, pharmacokinetics, and therapeutic implications in bacterial infections. *Pexacy International Journal of Pharmaceutical Science*, *2*(6), 42–64. <https://pexacy.com/amoxicillin-mechanism-of-action-pharmacokinetics-and-therapeutic-implications-in-bacterial-infections/>
- Mbae, C., et al. (2020). Environmental persistence of *Salmonella typhi* in domestic wastewater. *Frontiers in Public Health*, *8*, 412.
- Mulyani, D., et al. (2019). Perbandingan daya hambat beberapa merek antibiotik amoksisilin terhadap bakteri patogen. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, *14*(2), 102–109.
- Rahman, M., et al. (2021). Antimicrobial resistance pattern of *Salmonella typhi* in developing countries. *Frontiers in Microbiology*, *12*, 678941.
- Rahman, M., et al. (2021). Effect of commercial antibiotics on *Salmonella* spp. isolated from wastewater sources. *BMC Microbiology*, *21*(1), 312.
- Rizzo, L., Manaiia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M. C., Michael, I., & Fatta-Kassinos, D. (2018). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment. *Science of the Total Environment*, *447*, 345–360. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.027>
- Saikia, S., & Chetia, P. (2024). Antibiotics: From mechanism of action to resistance and beyond. *3 Biotech*, *64*(3), 821–845. <https://doi.org/10.1007/s12088-024-01285-8>
- Sarnianto, P., Syarmalina, Firdaus, F., Farahiyah, R., Baskoro, M. A. P., & Rizkita, E. A. (2021). The quality and potency of several antibiotic caplets/tablets/capsules of e-catalogue 2017, their substitutes and originators. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, *20*(1), 53–60. <https://doi.org/10.35814/jifi.v20i1.1208>
- Setiawan, D., et al. (2022). Detection of antibiotic-resistant *Salmonella typhi* in domestic wastewater. *Indonesian Journal of Microbiology*, *7*(3), 115–122.
- Sharma, P., & Gupta, N. (2021). Antimicrobial resistance profile of *Salmonella typhi* in environmental isolates. *Infectious Diseases Journal*, *45*(3), 210–217.
- Singhal, L., Sandhu, D., Gupta, V., & Kour, I. (2024). *Salmonella Typhi*: A review of antibiogram journey in developing countries. *Infectious Disorders - Drug Targets*, *24*(6). <https://doi.org/10.2174/0118715265255339240102110929>

- Sirait, S. M., Hanafi, & Rahmatia, L. (2020). A comparative in-vitro dissolution profiles of generic and branded amoxicillin. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(2), 142–151. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v17i2.6618>
- StatPearls Publishing. (2023). Amoxicillin. *NCBI Bookshelf*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482250/>
- Uddin, M. J., & Ahn, J. (2018). Characterization of β -lactamase- and efflux pump-mediated multiple antibiotic resistance in *Salmonella Typhimurium*. *Food Science and Biotechnology*, 27(3), 921–928. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0317-1>
- Widiyasari, E., & Sulaiman, T. N. S. (2020). Assessment of physicochemical properties and comparison of the dissolution profile of amoxicillin caplets. *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 16(2), 112–120. <https://doi.org/10.20885/jif.vol16.iss2.art4>
- Wiegand, I., Hilpert, K., & Hancock, R. E. W. (2021). Agar and broth dilution methods to determine the minimal inhibitory concentration (MIC) of antimicrobial substances. *Nature Protocols*, 3(2), 163–175. <https://doi.org/10.1038/nprot.2007.521>
- World Health Organization. (2023). *Typhoid fever: Global epidemiology update*. <https://www.who.int>

LAMPIRAN

