

**POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI FERMENTASI AIR CUCIAN
BERAS SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI *Escherichia coli* DAN
*Streptococcus mutans***

SKRIPSI

**Oleh:
USWATUN HASANAH
NIM. 210602110038**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI FERMENTASI AIR CUCIAN
BERAS SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI *Escherichia coli* DAN *Streptococcus
mutans***

SKRIPSI

**Oleh:
USWATUN HASANAH
NIM. 210602110038**

**Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2025**

**POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI FERMENTASI AIR CUCIAN
BERAS SEBAGI AGEN ANTIBAKTERI *Escherichia coli* DAN
*Streptococcus mutans***

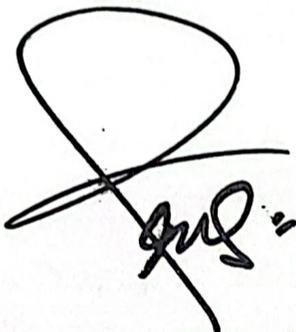
SKRIPSI

Oleh:

**USWATUN HASANAH
NIM. 210602110038**

**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal : 18 Juni 2025**

Pembimbing I



**Prilya Dewi Fitriasari, M. Sc
NIP. 19900428 202321 2 037**

Pembimbing II



**Muhammad Asmuni Hasyim, M. Si
NIPPPK. 19870522 202321 1 016**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**



**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

**POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI FERMENTASI AIR CUCIAN
BERAS SEBAGI AGEN ANTIBAKTERI *Escherichia coli* DAN
*Streptococcus mutans***

SKRIPSI

Oleh:

**USWATUN HASANAH
NIM. 210602110038**

**telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.)
Tanggal: 18 Juni 2025**

**Ketua Penguji : Ir. Liliek Harianie AR, M.P
NIP. 19620901 199803 2 001**

**Anggota Penguji 1 : Dr. Muhammad Saefi, M.Pd
NIP. 19920101 202203 1 002**

**Anggota Penguji 2 : Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc
NIP. 19900428 202321 2 037**

**Anggota Penguji 3 : Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si
NIPPK. 19870522 202321 1 016**

()
()
()
()



**Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi**

**Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.
NIP. 19741018 200312 2 002**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil ‘alamin, segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT rabb semesta alam yang masih memberikan nikmat kesehatan, kesempatan dan kemudahan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah limpahkan kepada baginda Rasulullah SAW, semoga kita semua mendapatkan syafaat beliau dihari akhir, Aamiin. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Hosnan dan Ibu Hozzaimah yang siang malam, setiap hari selalu mendokan dan memberikan semangat kepada penulis.
2. Kakak tercinta, Didik Subhan dan Nur Hidayati yang selalu menanyakan kabar dan support semangat kepada penulis sehingga penulis memiliki semangat yang kuat untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Pembimbing skripsi, Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc dan Muhammad Asmuni Hasyim, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, serta memberikan ilmu yang tidak terhingga dari awal hingga akhir studi dan juga memberikan bimbingan dan semangat kepada penulis dengan penuh kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Teman-teman penelitian Mikrobiologi yang telah berjuang bersama dan banyak membantu dalam proses penelitian satu sama lain.
5. Teman satu kamar kossan yang selalu memberikan semangat dan bantuan satu sama lain dalam proses penulisan skripsi.
6. Teman-teman FIMP dan teman-teman komunitas yang selalu memberi support dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi dengan baik.
7. Beta Class, teman-teman satu kelas penulis yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi.
8. Teman-teman Angkatan 2021 dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan kepada penulis baik secara materil maupun nonmateril.

MOTTO

“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil, tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna.”

(Albert Einstein)

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Uswatun Hasanah

NIM : 210602110038

Program Studi : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian :Potensi Bakteri Asam Laktat Dari Fermentasi Air Cucian Beras Sebagai Agen Antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi akademik maupun hukum atas perbuatan tersebut.

Malang, 04 Juni 2025
Yang membuat pernyataan,



Uswatun Hasanah
NIM. 210602110038

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini dipublikasikan melalui jurnal ilmiah dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

Potensi Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras sebagai Agen Antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

Uswatun Hasanah, Prilya Dewi Fitriasari, Muhammad Asmuni Hasyim

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim

ABSTRAK

Air cucian beras merupakan limbah rumah tangga yang belum banyak dimanfaatkan secara optimal, padahal mengandung nutrisi seperti karbohidrat, protein, dan vitamin yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme, termasuk Bakteri Asam Laktat (BAL). BAL dikenal mampu menghasilkan senyawa antibakteri seperti asam laktat, hidrogen peroksida, dan bakteriosin yang efektif menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengkarakterisasi, dan mengidentifikasi genus BAL dari fermentasi air cucian beras serta menguji potensinya sebagai agen antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Isolasi BAL dilakukan menggunakan media selektif MRSA dengan penambahan CaCO_3 , dilanjutkan dengan karakterisasi makroskopis, mikroskopis (pewarnaan Gram dan uji endospora), uji biokimia (katalase dan tipe fermentasi), serta uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga isolat BAL (AL1, AL2, dan AL3) yang memiliki karakteristik koloni bulat, putih susu, Gram positif berbentuk kokus, katalase negatif, dan bertipe fermentasi heterofermentatif. Identifikasi menunjukkan bahwa ketiga isolat tersebut termasuk dalam genus *Streptococcus*. Uji antibakteri menunjukkan bahwa isolat BAL mampu menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *S. mutans* dengan zona hambat tergolong dalam kategori lemah hingga sedang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa BAL dari fermentasi air cucian beras, khususnya genus *Streptococcus*, berpotensi sebagai agen antibakteri alami serta memberikan solusi pemanfaatan limbah organik secara efektif dalam bidang kesehatan dan lingkungan.

Kata kunci: Air cucian beras, Antibakteri, Bakteri asam laktat, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*

Potential of Lactic Acid Bacteria from Fermented Rice Washing Water as Antibacterial Agents for *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans*

Uswatun Hasanah, Prilya Dewi Fitriasari, Muhammad Asmuni Hasyim

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang

ABSTRACT

Rice washing water is a household waste that has not been optimally utilized, even though it contains nutrients such as carbohydrates, proteins, and vitamins that support the growth of microorganisms, including Lactic Acid Bacteria (LAB). LAB is known to be able to produce antibacterial compounds such as lactic acid, hydrogen peroxide, and bacteriocins that are effective in inhibiting the growth of pathogenic bacteria. This study aims to isolate, characterize, and identify the LAB genus from fermented rice washing water and test its potential as an antibacterial agent against *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans*. The study was conducted using qualitative and quantitative descriptive methods. LAB isolation was carried out using MRSA selective media with the addition of CaCO₃, followed by macroscopic, microscopic characterization (Gram staining and endospore test), biochemical tests (catalase and fermentation type), and antibacterial activity tests using the disc diffusion method. The results showed that there were three LAB isolates (AL1, AL2, and AL3) which had the characteristics of round, milky white, Gram-positive coccus-shaped colonies, catalase negative, and heterofermentative fermentation type. Identification showed that the three isolates belonged to the genus *Streptococcus*. Antibacterial tests showed that LAB isolates were able to inhibit the growth of *E. coli* and *S. mutans* with inhibition zones classified as weak to moderate. This study concluded that LAB from fermented rice washing water, especially the genus *Streptococcus*, has the potential as a natural antibacterial agent and provides a solution for effective utilization of organic waste in the fields of health and the environment.

Keywords: Rice washing water, Antibacterial, Lactic acid bacteria, *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*.

إمكانات بكتيريا حمض اللاكتيك من مياه غسل الأرز المخمر كعوامل مضادة للبكتيريا ضد الإشريكية القولونية والمكورات العقدية الطافرة

أسوة حسنة، فرليا ديوي فطر ياساري، محمد أسمني هاشم

برنامج دراسة الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

الملخص

تُعدّ مياه غسل الأرز من النفايات المنزلية التي لم يُستفد منها بشكل أمثل، على الرغم من احتوائها على مغذيات مثل ومن المعروف (BAL) الكربوهيدرات والبروتينات والفيتامينات التي تدعم نمو الكائنات الحية الدقيقة، بما في ذلك بكتيريا حمض اللاكتيك أن هذه البكتيريا قادرة على إنتاج مركبات مضادة للبكتيريا مثل حمض اللاكتيك وبيروكسيد الهيدروجين والبكتريوسين، وهي فعالة في تثبيط نمو البكتيريا الممرضة. يهدف هذا البحث إلى عزل وتوصيف وتحديد جنس بكتيريا حمض اللاكتيك الناتجة عن تخمير مياه غسل الأرز والمكورات العقدية الطافرة (*Escherichia coli*) بالإضافة إلى دراسة إمكانيتها كمضاد للبكتيريا ضد الإشريكية القولونية MRSA باستخدام وسط انتقائي BAL أُجريَ البحث باستخدام منهج وصفي نوعي وكمي. تمّ عزل (*Streptococcus mutans*) تلاه توصيف ماكروسكريبي ومجهريّة (تلويث غرام واختبار الأبواغ)، واختبارات بيوكيميائية (اختبار الكاتالاز ونوع $CaCO_3$ مع إضافة و BAL (AL1 والتخمير)، وكذلك اختبار النشاط المضاد للبكتيريا بطريقة نشر الأقراص. أظهرت نتائج البحث وجود ثلاثة عزلات من تتميز بمستعمرات دائرية، بيضاء بلون الحليب، إيجابية لغرام، ذات شكل مكور، وسلبية لاختبار الكاتالاز، وتنتمي إلى AL2 و AL3 أظهر اختبار النشاط المضاد *Streptococcus* نوع التخمير غير المتجانس. وأظهرت نتائج التعريف أن العزلات الثلاث تنتمي إلى جنس بمنطقة تثبيط ت، مما يشير إلى فعالية متوسطة إلى قوية *S. mutans* و *E. coli* للبكتيريا أن هذه العزلات قادرة على تثبيط نمو بكتيريا لها قدرة واعدة كمضاد طبيعي، *Streptococcus* الناتجة عن تخمير مياه غسل الأرز، وخاصة من جنس BAL يخلص البحث إلى أن للبكتيريا وتوفر حلاً فعالاً لاستخدام النفايات العضوية في مجالات الصحة والبيئ

الكلمات المفتاحية: مياه غسل الأرز، مضاد للبكتيريا، بكتيريا حمض اللاكتيك، الإشريكية القولونية، المكورات العقدية الطافرة

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmanirrohiim, segala puji kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Potensi Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras Sebagai Agen Antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*”. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Sang Mahkota Alam Nabi Muhammad SAW, semoga kita termasuk ummatnya di hari akhir kelak, aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terkira khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Zainuddin, M.A, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maluana Malik Ibrahim Malang.
3. Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku Ketua Program Studi Biologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Priilya Dewi Fitriasari, M.Sc dan Muhammad Asmuni Hasyim, M. Si selaku dosen pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Prof. Dr. drh. Hj Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Seluruh bapak ibu dosen beserta staf Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penulis dalam proses perkuliahan dan penelitian.
7. Bapak Hosnan dan Ibu Hozaimah selaku ayah dan ibu yang senantiasa memberikan doa dan semangat kepada penulis.
8. Didik Subhan dan Nurhidayati, selaku abang dan kakak penulis yang senantiasa memberikan support baik materil maupun non materil kepada penulis.
9. Teman-teman Beta Class Biologi 2021 dan keluarga besar biologi yang telah banyak membantu dan memberikan insight selama perkuliahan dan penyelesaian skripsi.
10. Segenap teman-teman Forum Internal Mahasiswa Pamekasan (FIMP), Tim Rumah Jamur MBC, dan seluruh teman teman komunitas yang telah berjuang bersama-sama dengan penulis.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari betul bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk laporan kepenulisan yang lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 4 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAM PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
الملخص.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	9
1.3 Tujuan Penelitian.....	9
1.4 Hipotesis.....	9
1.5 Manfaat Penelitian	10
1.6 Batasan Masalah.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Air Cucian Beras	11
2.2 Bakteri Asam Laktat.....	14
2.3 Bakteri uji.....	16
2.3.1 <i>Escherichia coli</i>	16

2.3.2 <i>Streptococcus mutans</i>	19
2.4 Teknik Isolasi Mikroba.....	20
2.5 Media selektif.....	21
2.5.1 Media MRSA	22
2.5.2 Media MRSB	23
2.6 Antimikroba.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Rancangan Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat.....	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Alat.....	26
3.3.2 Bahan.....	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Fermentasi Air Cucian Beras	27
3.4.2 Sterilisasi Alat dan Bahan	27
3.4.3 Pembuatan Media.....	28
3.4.3.1. Media MRSA dan MRSA	28
3.4.3.2 Media NA.....	28
3.5.4 Isolasi Bakteri Asam Laktat	29
3.5.5 Pemurnian Isolat BAL	29
3.5.6 Karakterisasi Bakteri Asam Laktat.....	30
3.5.6.1 Pengamatan Makroskopis	30
3.5.6.2 Pengamatan Mikroskopis.....	30
3.5.6.2.1 Pewarnaan Gram	31
3.5.6.2.2 Uji Endospora.....	31
3.5.6.3 Uji Biokimia Bakteri Asam Laktat.....	32
3.5.6.3.1 Uji Katalase.....	32
3.5.6.3.2 Uji Tipe Fermentasi.....	33
3.5.7 Uji Antibakteri Isolat BAL.....	34
3.5.7.1 Pembuatan Larutan Standart McFarland.....	34

3.5.7.2 Pembuatan Bakteri Uji	34
3.5.7.3 Pembuatan Suspensi Bakteri asam laktat.....	35
3.5.7.4 Uji Antibakteri pada <i>Escherichia coli</i> dan <i>Streptococcus mutans</i>	35
3.5 Analisis Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 isolat Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras	38
4.2 Pewarnaan Gram.....	42
4.3 Pewarnaan Endospora	44
4.4 Uji Katalase.....	45
4.5 Uji Tipe Fermentasi.....	46
4.6 Uji Antibakteri BAL dari Fermentasi Air Beras terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Streptococcus mutans</i>	49
4.7 Kajian Hasil Penelitian Uji Antibakteri dalam Perspektif Islam.....	57
BAB V PENUTUP.....	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Kekuatan Daya Hambat	37
4.1 Karakterisasi Morfologi Koloni BAL dari Air Cucian Beras	39
4.2 Kategori Diameter Zona Hambat pada Pengujian Antibakteri	51
4.3 Hasil Pengukuran Zona Hambat Isolat BAL dari Air Cucian Beras terhadap Bakteri <i>E. coli</i> dan <i>S. Mutans</i>	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Air Cucian Beras	13
2.2 Morfologi Mikroskopis <i>Escherichia coli</i>	17
2.3 Morfologi Mikroskopis <i>Streptococcus mutans</i>	20
4.1 Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras	38
4.2 Hasil Pewarnaan Gram BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras	43
4.3 Hasil Pewarnaan Endospora BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras	44
4.4 Hasil Uji Katalase BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras	45
4.5 Hasil Uji Tipe Fermentasi BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras	47
4.6 Zona Hambat pada Uji Antibakteri BAL dari Air Cucian Beras terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i>	49
4.6 Zona Hambat pada Uji Antibakteri BAL dari Air Cucian Beras terhadap Bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengamatan Karakteristik Makroskopis Isolat BAL dari Air Cucian Beras.....	74
2. Data Hasil Pengamatan Karakteristik Mikroskopis Isolat BAL dari Air Cucian Beras	75
3. Gambar Hasil Isolasi dan Pemurnian BAL	76
4. Gambar Hasil Pewarnaan Gram Isolat BAL	77
5. Gambar Hasil Pewarnaan Endospora Isolat BAL	78
6. Gambar Hasil Uji Katalase Isolat BAL	79
7. Gambar Hasil Uji Tipe Fermentasi Isolat BAL	80
8. Data Hasil Pengukuran Zona Hambat Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras sebagai Antibakteri <i>Escherichia coli</i> & <i>Streptococcus mutans</i>	81
9. Gambar Hasil Uji Aktivitas Antibakteri BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras terhadap bakteri E. coli dan S. mutans	82
10. Dokumentasi Penelitian.....	83

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroorganisme adalah organisme kecil berdiameter sekitar 0,1 mm yang hanya bisa dilihat dengan mikroskop. Jumlah sel mikroorganisme dibagi dua yaitu uniseluler atau multiseluler. Mikroorganisme berperan penting dalam menjaga ekosistem, pencernaan manusia, serta pengendalian infeksi (Ouweland & Salminen, 2004). Organisme yang termasuk ke dalam mikroorganisme diantaranya yaitu virus, fungi, protozoa, dan bakteri (Nurhayati dkk., 2022). Diantara jenis mikroorganisme tersebut, bakteri asam laktat (BAL) merupakan kelompok besar mikroorganisme yang secara fisiologis memproduksi asam laktat sebagai hasil metabolisme utama, dan kemampuannya dalam fermentasi (Ouweland & Salminen, 2004). Allah SWT berfirman dalam Q.S Al-Baqarah ayat 26 yaitu sebagai berikut:

إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۗ فَأَمَّا الَّذِينَ آمَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَاذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۗ بَلْ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۗ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak segan membuat perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil daripada itu. Adapun orang-orang yang beriman mengetahui bahwa itu kebenaran dari Tuhannya. Akan tetapi, orang-orang kafir berkata, “Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?” Dengan (perumpamaan) itu banyak orang yang disesatkan-Nya. Dengan itu pula banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Namun, tidak ada yang Dia sesatkan dengan (perumpamaan) itu, selain orang-orang fasik.*” (Q.S: Al-Baqarah [2]:26)

Ayat diatas menjelaskan tentang perumpamaan seekor nyamuk atau yang lebih kecil dari itu. Berdasarkan tafsir Kementerian Agama RI dalam Tafsir Tahlili dijelaskan bahwa Allah tidak ragu untuk menggunakan nyamuk sebagai perumpamaan, bahkan

yang lebih kecil dari nyamuk. Allah tidak segan mengangkat nyamuk sebagai perumpamaan karena di dalamnya terdapat hikmah. Sementara jika orang yang beriman meyakini kebenaran perumpamaan tersebut berasal dari Allah, orang-orang kafir mempertanyakan dan meragukan manfaat serta urgensi perumpamaan itu. Di sisi lain, orang fasik yang tersesat oleh perumpamaan Allah adalah mereka yang menjauh dari ketaatan kepada-Nya (Kementerian Agama RI, 2011). Berdasarkan penjelasan dalam Surah Al-Baqarah ayat 26 dan tafsir Kementerian Agama RI, kata “perumpamaan” mengandung makna yang dalam dan strategis dalam menyampaikan ajaran Allah. Perumpamaan dalam ayat ini juga menunjukkan keluasan ilmu dan kekuasaan Allah yang tidak terbatas pada hal-hal besar, tetapi juga mencakup hal-hal kecil yang sering kali diremehkan oleh manusia.

Perumpamaan seekor nyamuk sebagaimana disebutkan dalam ayat ini merupakan simbol retorik yang mencerminkan metode pengajaran Allah yang menyampaikan nilai-nilai besar melalui makhluk kecil yang tampak sederhana. Dalam tradisi tafsir, seperti dijelaskan oleh Ibn Katsir dan Al-Maraghi, nyamuk adalah makhluk kecil namun memiliki struktur tubuh kompleks dan kemampuan yang luar biasa seperti alat penginderaan, kemampuan terbang, serta menjadi vektor penyakit. Allah sengaja memilih nyamuk sebagai perumpamaan karena mengandung banyak pelajaran, salah satunya bahwa hikmah dapat ditemukan bahkan dalam hal yang tampak kecil. Hal ini sekaligus menjadi ujian keimanan, orang beriman akan mengakui kebenaran perumpamaan ini, sedangkan orang kafir akan meragukannya. Dalam konteks keilmuan, perumpamaan ini relevan dengan penemuan mikroorganisme yang lebih kecil dari nyamuk, seperti bakteri dan virus, yang berpengaruh besar bagi kehidupan

manusia. Ayat ini menegaskan bahwa setiap ciptaan, baik besar maupun kecil, mengandung tanda-tanda kebesaran dan hikmah Allah yang layak untuk direnungkan dan diteliti. Dalam konteks ini, makhluk hidup yang lebih kecil dari nyamuk dapat diidentifikasi sebagai mikroorganisme seperti bakteri asam laktat, yang meskipun mikroskopis, memiliki manfaat besar dalam bidang kesehatan dan teknologi pangan. Hal ini sejalan dengan penjelasan dalam Al-Qur'an bahwa setiap ciptaan Allah memiliki hikmah tersendiri.

Bakteri asam laktat merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang juga dikenal sebagai bakteri probiotik yang digunakan secara luas sebagai starter untuk fermentasi makanan, minuman, daging, sayuran, dan susu. Bakteri asam laktat adalah bakteri yang aman dan disebut sebagai *food grade*, dan termasuk mikroorganisme yang umumnya diakui aman (*Generally Recognized As Safe*), yang dapat membantu kesehatan (Syukur, 2012). Bakteri asam laktat juga merupakan mikroorganisme yang mampu memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat, dan kini banyak dimanfaatkan dalam industri makanan fermentasi. Bakteri asam laktat dapat menguraikan makromolekul dalam makanan, termasuk polisakarida yang sulit dicerna, serta mengubah senyawa-senyawa yang tidak diinginkan. Selain itu, bakteri asam laktat berpotensi menghambat bakteri patogen dan pembusuk karena menghasilkan asam laktat, hidrogen peroksida, maupun bakteriosin (Hamidah dkk., 2019). BAL juga dikenal memiliki habitat yang sangat beragam, baik di lingkungan alami maupun sistem biologis seperti saluran pencernaan manusia, tanaman, limbah organik, dan berbagai produk fermentasi tradisional. Keberadaan BAL dalam lingkungan tersebut

dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang tersedia, terutama karbohidrat sebagai substrat utama metabolisme BAL (Tamang *et al.*, 2016).

Bakteriosin adalah senyawa alami yang berpotensi sebagai bahan pengawet. Senyawa ini dapat berfungsi sebagai antibiotik alami karena kemampuannya untuk menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif maupun Gram negatif atau juga disebut sebagai antibakteri (Andarilla dkk., 2018). Antibakteri adalah senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan membunuh bakteri penyebab infeksi (Magani *et al.*, 2020). Bakteri asam laktat juga mampu menghasilkan asam laktat yang bertindak sebagai antibakteri. Senyawa yang dihasilkan mampu menghambat pertumbuhan berbagai jenis bakteri patogen maupun bakteri pembusuk, termasuk spesies Gram negatif seperti *Escherichia coli*, serta bakteri Gram positif seperti bakteri *Streptococcus mutans* (Cotter & Hill, 2003). Salah satu sumber bakteri asam laktat dapat ditemukan dari limbah organik seperti air cucian beras. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sasmita dkk (2018) bahwasannya sumber bakteri asam laktat dapat ditemukan dari berbagai limbah, diantaranya limbah air cucian beras.

Air cucian beras merupakan limbah hasil pengolahan beras menjadi nasi. Umumnya, air cucian beras langsung dibuang oleh masyarakat karena dianggap sebagai limbah. Padahal, dalam air cucian beras terkandung berbagai zat yang masih bermanfaat, seperti karbohidrat, protein, dan vitamin. Penelitian Abidin dkk (2024) menjelaskan bahwa air cucian beras memiliki kandungan protein, vitamin, dan karbohidrat yang cukup tinggi. Zat-zat tersebut ikut hilang karena dibuangnya air cucian beras. Karbohidrat yang terlepas dari butiran beras selama pencucian

sebenarnya dapat dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat (BAL) untuk keperluan pertumbuhan dan perkembang biakannya (Sitepu *et al.*, 2021).

Pemilihan air cucian beras sebagai bahan utama dalam penelitian ini didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah sebagai limbah rumah tangga serta belum banyak dimanfaatkan. Beberapa media alami lain seperti air kelapa, air rebusan singkong, dan limbah sayuran juga telah diteliti sebagai media pertumbuhan BAL, namun memiliki keterbatasan. Air kelapa mengandung gula dan mineral penting, tetapi bernilai konsumsi tinggi (Ardiansyah *et al.*, 2020). Air rebusan singkong kaya karbohidrat, namun berisiko mengandung sianida yang menghambat mikroorganisme jika tidak diolah dengan benar (Gunawan *et al.*, 2019). Sementara itu, limbah sayuran memang bergizi, namun cepat membusuk dan rentan terkontaminasi mikroba non-BAL (Putri *et al.*, 2022).

Dibandingkan ketiganya, air cucian beras lebih unggul karena air cucian beras memiliki keunggulan utama berupa komposisi gizi yang stabil (terutama pati dan glukosa), netral secara aroma, tidak cepat membusuk, serta tersedia melimpah, dan telah terbukti efektif mendukung pertumbuhan BAL secara alami tanpa risiko toksisitas maupun kontaminasi tinggi (Astuti *et al.*, 2021). Dengan demikian, air cucian beras merupakan media alami yang tidak hanya murah dan efektif untuk pertumbuhan BAL, tetapi juga berkontribusi terhadap pengurangan limbah rumah tangga dan mendukung pengembangan produk hayati berbasis mikroorganisme. Namun kenyataannya, pemanfaatan air cucian beras oleh masyarakat masih sangat terbatas. Kebanyakan masyarakat belum mengetahui bahwa air cucian beras bisa difermentasi untuk menghasilkan mikroorganisme yang bermanfaat seperti BAL. Oleh karena itu, edukasi

dan penelitian mengenai potensi air cucian beras sangat penting agar limbah rumah tangga ini dapat dimanfaatkan secara optimal dan tidak langsung dibuang begitu saja.

Bakteri asam laktat (BAL) dikenal memiliki kemampuan untuk mengubah karbohidrat menjadi asam organik (Abidin dkk., 2024). Pemilihan BAL dalam penelitian ini didasarkan pada sifatnya yang probiotik, aman dikonsumsi (GRAS), serta dikenal mampu menghasilkan berbagai senyawa antimikroba seperti asam laktat, hidrogen peroksida, dan bakteriosin. Bakteri asam laktat juga telah banyak diteliti sebagai agen penghambat bakteri patogen secara alami, sehingga potensial dikembangkan sebagai alternatif antibakteri berbasis bioteknologi (Yang *et al.*, 2012). Bakteri asam laktat sangat adaptif dalam berbagai habitat dan dapat diperoleh dari sumber alami seperti makanan fermentasi maupun limbah organik, menjadikannya kandidat kuat untuk aplikasi dalam bidang kesehatan dan lingkungan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ikeda *et al.* (2013), fermentasi air cucian beras selama 3 hingga 5 hari dapat memicu pertumbuhan bakteri asam laktat. Selain itu, penelitian oleh Watanabe *et al.* (2013) menunjukkan bahwa setelah fermentasi selama 3 hari, air cucian beras mengandung sebanyak 151 isolat BAL. Hasil penelitian Sitepu dkk (2021) mengenai bakteri asam laktat yang ditemukan dalam air cucian beras terdapat dua jenis bakteri, yaitu *Lactobacillus casei* dan *Lactobacillus rhamnosus*. Keduanya berperan penting dalam proses fermentasi dan memiliki manfaat yang signifikan bagi kesehatan, seperti mendukung sistem pencernaan dan meningkatkan keseimbangan mikrobiota usus. Selain itu, bakteri asam laktat juga memiliki peran penting dalam menekan pertumbuhan bakteri patogen, seperti

Escherichia coli di saluran pencernaan, dan *Streptococcus mutans* yang berhubungan dengan penyakit pada rongga mulut.

Escherichia coli adalah bakteri patogen yang sering menyebabkan infeksi pada manusia, terutama dalam saluran pencernaan. Meskipun bakteri *E. coli* merupakan flora normal di usus manusia, *E. coli* dapat menyebabkan penyakit jika masuk ke organ atau jaringan lain. Bakteri ini adalah salah satu penyebab utama diare (Mayang A.S *et al.*, 2018). Selain diare, *E. coli* juga dapat menyebabkan infeksi saluran kemih, meningitis, pielonefritis, pneumonia, dan infeksi luka, terutama di abdomen (Kolopita dkk., 2022). Penyakit-penyakit ini tidak hanya berdampak pada kualitas hidup, tetapi juga dapat berujung pada kondisi yang mengancam jiwa, terutama pada kelompok rentan seperti bayi, lansia, dan individu dengan sistem imun lemah. Tingkat keparahan infeksi *E. coli* juga semakin tinggi apabila melibatkan strain patogen seperti EHEC (*Enterohemorrhagic E. coli*), yang dapat menyebabkan kolitis hemoragik dan sindrom uremik hemolitik (HUS), yaitu komplikasi serius yang berpotensi fatal (Tarr *et al.*, 2005).

Adapun bakteri *S. mutans* merupakan salah satu bakteri yang secara alami terdapat dalam tubuh manusia sebagai bagian dari flora normal. Bakteri ini umum ditemukan di dalam rongga mulut dan berperan dalam fermentasi karbohidrat, yang menghasilkan asam. Asam ini dapat memicu demineralisasi gigi serta menyebabkan infeksi pada rongga mulut (Andries *et al.*, 2014). Kondisi ini sangat berkaitan dengan konsumsi makanan yang bersifat kariogenik (Apriyandi *et al.*, 2020). *S. mutans* juga berperan dalam pembentukan biofilm gigi (plak) yang sulit dihilangkan hanya dengan pembersihan biasa, dan pada individu dengan gangguan imunitas, infeksi dapat

berkembang menjadi bakteremia atau endokarditis, kondisi serius yang melibatkan infeksi pada lapisan jantung (Nakano *et al.*, 2010). Oleh karena itu, kedua bakteri ini dipilih sebagai indikator dalam uji antibakteri karena relevansi klinisnya yang tinggi serta representatif dari kelompok bakteri Gram negatif dan Gram positif dengan dampak kesehatan yang nyata.

Berdasarkan latar belakang tersebut, alasan peneliti mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri asam laktat (BAL) dari air cucian beras adalah untuk mengetahui keberadaan dan karakteristik BAL yang secara alami terdapat pada limbah rumah tangga tersebut. Melalui proses isolasi dan karakterisasi secara morfologi, mikroskopis, serta uji biokimia, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi genus BAL yang diperoleh dari fermentasi air cucian beras. Bakteri asam laktat yang berhasil diisolasi kemudian diuji potensi antibakterinya terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* sebagai dua jenis bakteri patogen. Penelitian Suphandi dkk (2023) telah menunjukkan bahwa beberapa strain BAL memiliki kemampuan yang signifikan dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *E. coli* dan *S. mutans*, sehingga mendukung potensi penggunaannya dalam pengembangan produk antibakteri. Untuk pengujian antibakteri, digunakan metode difusi cakram sebagai metode praktis dan efektif untuk melihat daya hambat. Selain itu, proses isolasi BAL memerlukan jumlah limbah air cucian beras yang sedikit, sehingga lebih efisien dibandingkan dengan membuang limbah tersebut tanpa dimanfaatkan serta dapat mengurangi volume limbah yang dihasilkan dalam kegiatan sehari-hari. Penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan air cucian beras, yang selama ini dianggap sebagai

limbah tidak berguna, sebagai sumber mikroorganisme potensial yang memiliki nilai manfaat, khususnya dalam bidang mikrobiologi lingkungan dan pangan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik morfologi serta identifikasi genus Bakteri Asam Laktat (BAL) yang diisolasi dari proses fermentasi air cucian beras?
2. Apakah isolat BAL yang berhasil diisolasi dari fermentasi air cucian beras memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis karakteristik morfologi serta mengidentifikasi genus Bakteri Asam Laktat (BAL) yang diisolasi dari hasil fermentasi air cucian beras.
2. Untuk mengetahui kemampuan isolat BAL sebagai antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.

1.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bakteri Asam Laktat (BAL) terdapat dalam fermentasi air cucian beras.
2. Bakteri asam laktat yang diisolasi memiliki karakteristik morfologi tertentu serta hasil dari uji biokimia yang membedakannya dari bakteri patogen.

3. Bakteri asam laktat yang diisolasi efektif sebagai agen antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Secara teoritis: penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang potensi bakteri asam laktat sebagai agen antibakteri alami serta memberikan informasi kepada masyarakat mengenai penggunaan air cucian beras yang sering dibuang sebagai sumber bakteri asam laktat.
2. Secara aplikasi: penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif kepada masyarakat mengenai pemanfaatan air cucian beras dalam rangka penyediaan senyawa antimikroba yang alami untuk mengobati berbagai penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Air cucian beras didapatkan dari hasil cucian jenis beras putih medium.
2. Bakteri yang diamati adalah bakteri asam laktat.
3. Jenis bakteri patogen yang diuji terbatas pada *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.
4. Metode uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Cucian Beras

Air hasil pencucian beras merupakan limbah rumah tangga yang umum dijumpai dalam kegiatan sehari-hari. Tingginya konsumsi beras di masyarakat turut berkontribusi pada meningkatnya jumlah air cucian yang terbuang begitu saja (Kusumo, 2019). Namun demikian, air cucian ini belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Beberapa alasan dari kurangnya pemanfaatan tersebut antara lain rendahnya pengetahuan masyarakat mengenai potensi air cucian beras. Air ini sebenarnya mengandung berbagai zat bermanfaat, seperti senyawa yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman serta memiliki sifat antibakteri. Kurangnya informasi inilah yang membuat masyarakat belum sepenuhnya menyadari manfaatnya (Syahfridawani dkk., 2024). Penelitian mengenai manfaat atau potensi limbah air cucian beras sudah banyak dilakukan oleh para peneliti (Tomi dkk, 2024). Allah SWT berfirman dalam Surah Ali-Imran ayat 191 yaitu sebagai berikut:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا سُبْحٰنَكَ
فَعِنَّا عَذَابُ النَّارِ

Artinya: “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.” (Q.S: Ali-Imran [4]:191)

Ayat diatas menjelaskan bahwa segala ciptaan Allah tidaklah sia-sia, melainkan memiliki tujuan dan manfaat. Berdasarkan tafsir Kementerian Agama RI dalam Tafsir

Tahlili dijelaskan bahwa dalam lafadz رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا (Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan ini) maksudnya apa yang kami lihat ini (dengan sia-sia), semua merupakan bukti atas sempurnanya kekuasaan-Mu. Dalam ayat tersebut dijelaskan bahwa Allah SWT tidak menciptakan segala sesuatu di langit dan di bumi tanpa manfaat. Dinyatakan dengan jelas bahwa sesungguhnya segala sesuatu ciptaan Allah SWT tiada yang sia-sia (Kementerian Agama RI, 2011). Termasuk juga limbah, dimana limbah masih memiliki manfaat apabila diketahui. Sama halnya dengan limbah air cucian beras, dimana air cucian beras memiliki kandungan BAL yang bermanfaat bagi kehidupan manusia.

Adapun Ibnu Katsir dalam tafsirnya menjelaskan bahwa ayat ini menunjukkan sifat hamba-hamba Allah yang saleh, yaitu mereka yang tidak melupakan Allah dalam kondisi apa pun. Mereka senantiasa berzikir kepada Allah baik saat berdiri, duduk, maupun berbaring. Namun selain itu, mereka juga menggunakan akal mereka untuk merenungkan ciptaan Allah, terutama penciptaan langit dan bumi yang begitu luas, teratur, dan menakjubkan. Perenungan ini membawa mereka pada kesadaran bahwa semua ini tidaklah diciptakan secara sia-sia atau main-main. Oleh karena itu, mereka menyucikan Allah dari segala kekurangan dan kemudian berdoa agar dijauhkan dari azab neraka (Ibnu Katsir., 2000).

Berdasarkan kedua tafsir tersebut, menegaskan bahwa semua ciptaan Allah tidak ada yang sia-sia. Dalam Tafsir Kemenag, ayat ini menunjukkan bahwa segala yang ada di langit dan bumi—termasuk limbah seperti air cucian beras—memiliki manfaat jika dipahami dengan ilmu. Sementara dalam Tafsir Ibnu Katsir, ayat ini

menggambarkan hamba Allah yang saleh, yang senantiasa berzikir dan merenungkan penciptaan alam hingga menyadari kebesaran-Nya dan memohon perlindungan dari siksa neraka. Keduanya menekankan pentingnya menggabungkan zikir dan pikir, serta memandang ciptaan Allah sebagai sumber hikmah dan manfaat.



Gambar 2.1. Fermentasi Air cucian beras

Sumber: (Ikeda *et al.*, 2013)

Air cucian beras, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, mengandung berbagai senyawa yang dapat dimanfaatkan untuk beragam tujuan (Lalla & Millawati, 2022). Menurut Aini dan rekan (2023), air ini mengandung sejumlah nutrisi penting seperti vitamin A, C, B1, karbohidrat, serta mineral seperti fosfor, kalium, magnesium, nitrogen, dan zat besi. Sementara itu, Maharani (2023) menyebutkan bahwa air cucian beras atau dikenal juga sebagai air leri, mengandung karbohidrat berupa pati sebanyak 89–90%, protein gluten, selulosa, hemiselulosa, gula, serta vitamin B dalam jumlah tinggi. Senyawa-senyawa ini berasal dari bagian *ericarpus* dan *aleurone* yang ikut terlarut selama pencucian. Berdasarkan penelitian oleh Paulina *et al.* (2020), kandungan kimia dalam air cucian beras meliputi karbohidrat sebanyak 41,3 g, protein 26,6 g, lemak 18,3 g, serta sejumlah mineral seperti fosfor (0,029 g), kalsium (0,019 g), zat

besi (0,004 g), dan vitamin B sebesar 0,0002 g. Selain itu, kandungan dalam pati beras meliputi nitrogen 0,8%, fosfat (P_2O_5) 0,29%, kalium (K_2O) 0,07%, kalsium oksida (CaO) 1,48%, magnesium oksida (MgO) 1,14%, serta karbon organik sebesar 10,04% dengan rasio C/N mencapai 13 (Ariyanti *et al.*, 2017).

Air cucian beras yang telah melalui proses fermentasi berpotensi menjadi media yang ideal bagi bakteri asam laktat (BAL) karena kandungan karbohidrat yang cukup tinggi (Manalu & Pardosi., 2024). Beberapa jenis bakteri asam laktat (BAL) yang telah diidentifikasi dalam air cucian beras hasil fermentasi diantaranya adalah *Lactobacillus rhamnosus*, yang menunjukkan pertumbuhan optimal pada media air cucian beras setelah 18 jam fermentasi (Gil *et al.*, 2015). Selain itu penelitian Sitepu *et al* (2021) menjelaskan adanya *Lactobacillus* sp. sebagai BAL yang dominan dalam fermentasi air cucian beras. Adapun penelitian Susilawati (2016) juga mengidentifikasi keberadaan *Streptococcus* sp. dalam air cucian beras yang difermentasi secara alami.

2.2 Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat (BAL) adalah bakteri anaerob fakultatif yang mampu bertahan dan berkembang di berbagai lingkungan (Chotiah & Damayanti, 2018). BAL termasuk kelompok mikroorganisme yang dapat mengubah karbohidrat melalui proses fermentasi menjadi asam laktat. Bakteri ini umumnya ditemukan dalam berbagai produk makanan fermentasi, seperti buah-buahan, air cucian beras, sayuran, susu, serta dapat hidup di saluran pencernaan manusia dan hewan (Ardilla *et al.*, 2022).

Bakteri penghasil asam laktat (BAL) sering digunakan sebagai probiotik karena sifatnya yang aman, bersifat Gram positif, anaerob fakultatif, dan tidak membentuk

spora. BAL merupakan kelompok bakteri Gram positif dengan bentuk kokus atau basil, tidak sporulasi, memiliki suhu optimal sekitar 40°C, biasanya tidak motil, bersifat anaerob, negatif katalase, positif oksidase, serta menghasilkan asam laktat sebagai hasil utama dari fermentasi karbohidrat (Fachrial., 2022).

Bakteri asam laktat adalah jenis bakteri yang baik yang terdapat dalam makanan dan minuman sehat. Bakteri asam laktat (BAL) ini membantu mencegah bakteri patogen serta berkontribusi dalam menghambat pembusukan makanan. Bakteri asam laktat ditemukan dalam beberapa makanan fermentasi Indonesia, seperti pada genus *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactococcus* (Giyatno & Retnaningrum, 2020). Klasifikasi bakteri asam laktat (BAL) pada setiap genus ditentukan oleh perbedaan morfologi, cara fermentasi glukosa, pertumbuhan pada berbagai suhu, jenis konfigurasi asam laktat yang dihasilkan, kemampuan bertahan di lingkungan dengan konsentrasi garam tinggi, serta toleransi terhadap kondisi asam atau basa (Salminen & A Von, 2004).

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan kelompok bakteri yang secara umum hidup di lingkungan yang kaya akan bahan organik, terutama karbohidrat yang dapat difermentasi menjadi asam laktat. BAL dapat ditemukan secara alami pada berbagai habitat seperti saluran pencernaan manusia dan hewan, lingkungan fermentasi pangan, tanaman, susu mentah, serta limbah organik rumah tangga seperti air cucian beras (Carr *et al.*, 2002). Keberadaan BAL di lingkungan tersebut erat kaitannya dengan kemampuannya untuk bertahan dalam kondisi anaerob fakultatif dan untuk memanfaatkan substrat karbohidrat sebagai sumber energi utama (Tamang *et al.*, 2016). Dalam industri pangan, BAL banyak ditemukan dalam produk fermentasi

seperti yoghurt, keju, kimchi, dan tempe, di mana mereka berperan sebagai mikroorganisme starter karena kemampuannya menghasilkan asam dan senyawa antimikroba alami. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa BAL dapat diisolasi dari limbah cair rumah tangga seperti air cucian beras yang memiliki kandungan karbohidrat dan protein cukup tinggi untuk mendukung pertumbuhannya (Sitepu *et al.*, 2021). Lingkungan yang asam, lembap, dan bersuhu sedang menjadi kondisi ideal bagi pertumbuhan dan aktivitas metabolik BAL. Variasi habitat BAL mencerminkan kemampuannya yang tinggi dalam beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda, serta potensinya untuk dimanfaatkan dalam bidang pangan, kesehatan, dan lingkungan.

2.3 Bakteri Uji

Beragam jenis bakteri patogen diketahui berpotensi menjadi penyebab penyakit pada manusia (Radji, 2011). Bakteri yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dikenal sebagai bakteri patogen (Darmadi, 2008). Contoh bakteri patogen yang dapat menyebabkan infeksi pada manusia meliputi *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.

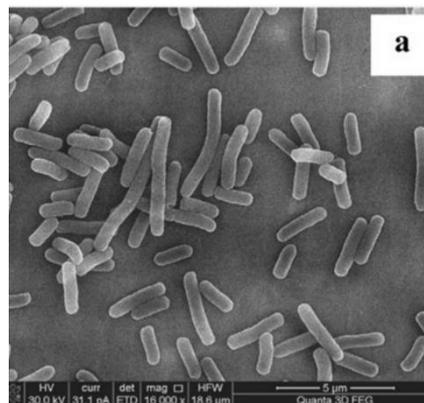
2.3.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang pendek, berukuran 2,4 μm x 0,4 μm sampai 0,7 μm , bergerak aktif, tidak memiliki spora, dan tidak bersimpai (Herlina, 2023). *Escherichia coli* termasuk dalam keluarga Enterobacteriaceae dan dapat ditemukan di dalam tubuh manusia. Bakteri ini bergerak

dengan bantuan flagel (Gambar 2.2). Flagel *Escherichia coli* berukuran $0,4-0,7 \mu\text{m} \times 1,4 \mu\text{m}$ (Radji, 2011). *E. coli* memiliki panjang sekitar $2 \mu\text{m}$, dengan diameter $0,7 \mu\text{m}$ dan lebar antara $0,4$ hingga $0,7 \mu\text{m}$. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif dan membentuk koloni yang berbentuk bundar, cembung, serta halus dengan tepi yang jelas (Hidayati dkk., 2016).

Klasifikasi bakteri *Escherichia coli* menurut Martani (2020) yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Filum : Proteobacteria
Kelas : Gamma Proteobacteria
Ordo : Enterobacteriales
Famili : Enterobacteriaceae
Genus : *Escherichia*
Spesies : *Escherichia coli*



Gambar 2.2. Mikroskopis Bakteri *E. coli*
Sumber: (Cheng *et al.*, 2011)

Bakteri *Escherichia coli* merupakan flora normal di usus yang mencegah pertumbuhan bakteri patogen dan berfungsi sebagai mikrobiota usus yang membantu dalam proses pencernaan dan pembusukan sisa makanan dalam usus besar. Bakteri ini juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan vitamin K dalam tubuh (Kuswiyanto, 2015). *Escherichia coli* termasuk bakteri heterotrof yang bergantung pada zat organik di lingkungan sebagai sumber makanannya, karena tidak mampu memproduksi sendiri senyawa organik yang diperlukan. Keberadaan *E. coli* di alam memiliki peran sebagai dekomposer yang membantu menguraikan bahan organik dan menyediakan unsur hara penting bagi tanaman. Menurut serotipenya, bakteri ini dikelompokkan ke dalam lima tipe utama, yakni: *E. coli* enterotoksigenik (ETEC), enteroinvasif (EIEC), enteropatogenik (EPEC), enterohemoragik (EHEC), dan enteroagregatif (EAEC) (Trisno *et al.*, 2019).

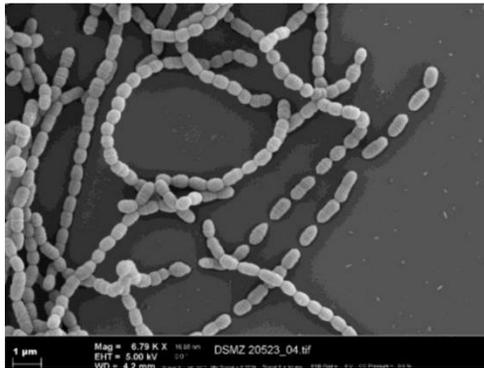
Escherichia coli biasanya mulai menetap di saluran pencernaan hanya dalam beberapa jam setelah masuk ke dalam tubuh dan selanjutnya membentuk hubungan yang saling menguntungkan (Suriawiria, 1996). Bakteri ini kerap digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi feses serta sebagai tanda adanya sanitasi yang buruk pada air, makanan, dan minuman. *E. coli* dapat berubah menjadi bakteri penyebab penyakit apabila jumlahnya meningkat secara signifikan di saluran pencernaan atau jika menyebar ke bagian tubuh lain di luar usus. Dalam situasi tersebut, bakteri ini mampu menimbulkan infeksi yang terkait dengan strain enteropatogenik yang menghasilkan enterotoksin dan menyerang sel epitel di mukosa usus halus. Gejala klinis yang muncul akibat infeksi *E. coli* sangat bergantung pada lokasi infeksi dan biasanya sulit dibedakan dari infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen lainnya (Ismail, 2012).

2.3.2 *Streptococcus mutans*

Streptococcus mutans adalah bakteri Gram positif (+) berbentuk kokus, bersifat anaerob fakultatif, tidak memiliki kemampuan bergerak (non-motil), dengan ukuran diameter antara 1–2 μm . Selama fase pertumbuhan, bakteri ini biasanya membentuk pasangan atau rantai, serta tidak memiliki kemampuan membentuk spora (Andries *et al.*, 2014). *Streptococcus mutans* mampu berkembang pada suhu antara 18 hingga 40°C. Bakteri ini pertama kali diisolasi oleh Clark pada tahun 1924 dari gigi manusia yang mengalami karies. Penamaan *Streptococcus mutans* didasarkan pada hasil pemeriksaan mikrobiologi dengan pewarnaan Gram, yang menunjukkan bakteri berbentuk oval dan berbeda dari bentuk khas spesies *Streptococcus* lainnya, sehingga dianggap sebagai varian atau mutasi dari genus tersebut (Fatmawati, 2011).

Klasifikasi bakteri *Streptococcus mutans* menurut Soedarto (2015) yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Filum : Firmicutes
Kelas : Bacilli
Ordo : Lactobacillales
Famili : Streptococcaceae
Genus : *Streptococcus*
Spesies : *Streptococcus mutans*



Gambar 2.3. Mikroskopis Bakteri *Streptococcus mutans*
Sumber: (Kriswandini dkk., 2024)

Streptococcus mutans merupakan bagian dari flora normal yang paling umum ditemukan di saluran pernapasan atas dan berperan penting dalam menjaga kesehatan membran mukosa. *Streptococcus mutans* umumnya terdapat di rongga mulut manusia dan berkontribusi terhadap timbulnya kerusakan gigi. Kondisi kerusakan gigi tersebut dapat berdampak pada kesehatan umum seseorang secara menyeluruh (Andries dkk., 2014). Meskipun secara alami termasuk dalam flora normal rongga mulut, bakteri ini dapat bersifat patogen apabila kondisi lingkungan mendukung pertumbuhannya dan jumlah populasinya meningkat secara signifikan (Dhika, 2007).

2.4 Teknik Isolasi Mikroba

Teknik isolasi mikroba adalah upaya untuk menumbuhkan mikroba di luar lingkungan alaminya. Ini dilakukan dengan menumbuhkan mikroba pada media padat, di mana koloni sel mikroba tetap pada tempatnya. Metode ini memisahkan satu jenis mikroba dari jenis mikroba lainnya yang berasal dari campuran berbagai mikroba. Tujuan pemisahan mikroorganisme di luar lingkungan ini adalah untuk mendapatkan

kultur bakteri yang sudah tidak tercampur lagi dengan bakteri lain yang disebut kultur murni (Lestari, 2017). Mikroorganisme dapat ditemukan secara bebas di berbagai lingkungan, termasuk pada makanan, air, tanah, udara, bahkan di dalam tubuh manusia. Mikroorganisme tidak dapat diamati kecuali mereka diisolasi dari lingkungannya dan mikroorganisme lain. Untuk ini, berbagai teknik isolasi dapat digunakan. Metode penggunaan yang tepat harus didasarkan pada jenis mikroba yang akan diamati (Jufri, 2020).

Teknik isolasi mikroorganisme dapat dilakukan melalui berbagai metode, baik dengan pendekatan kultur maupun non-kultur. Spesimen dapat dikembangbiakkan dan diisolasi menggunakan media kultur padat maupun cair. Tanda pertumbuhan bakteri pada media tersebut biasanya terlihat dari terbentuknya koloni yang khas serta adanya kekeruhan pada media. Ada berbagai metode isolasi yang dapat digunakan untuk menghasilkan kultur yang benar-benar murni, tergantung pada substratnya. Metode *pour plate* dan *spread plate* dapat digunakan untuk mengisolasi mikroba dari substrat cair. Mikroba juga dapat diisolasi dari substrat padat dengan metode suspensi dan cawan gores. Sumber biakan harus dipilih dengan hati-hati, contohnya, koloni yang representatif harus dipilih untuk dimasukkan ke dalam biakan murni (Ridwan, Asriyani., 2024).

2.5 Media Selektif

Media pertumbuhan bakteri berfungsi sebagai sumber nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme untuk tumbuh di luar tubuh (*in vitro*). Media ini mengandung berbagai zat penting yang mendukung pertumbuhan, seperti nitrogen, protein, karbohidrat,

mineral, NaCl, agar sebagai bahan pematat, serta air sebagai pelarut. Berdasarkan sifat dan fungsinya, media pertumbuhan dibagi menjadi beberapa jenis, salah satunya adalah media selektif (Harti, 2015). Isolasi bertujuan untuk memperoleh biakan murni. Untuk proses isolasi Bakteri Asam Laktat (BAL), digunakan media selektif. Media selektif ini dirancang untuk menumbuhkan dan memelihara bakteri tertentu, sehingga memungkinkan seleksi BAL berdasarkan sifat-sifat khususnya. Hanya bakteri tertentu yang dapat tumbuh pada media selektif ini (Putri & Kusdiyantini., 2018). Selektivitas dapat diperoleh dengan berbagai cara, salah satunya dengan menambahkan gula sebagai satu-satunya sumber karbon dalam media. Selain itu, penggunaan zat pewarna, antibiotik, garam, atau inhibitor tertentu juga dapat memengaruhi aktivitas metabolik atau sistem enzimatik mikroorganisme, sehingga mendukung proses seleksi (Atmanto et al., 2022). Media yang digunakan untuk isolasi BAL antara lain adalah MRSA dan MRSB.

2.5.1 Media MRSA (*de Man Rogosa Sharpe Agar*)

MRS Agar atau de Man Rogosa Sharpe agar (MRSA) adalah media yang spesifik (media selektif) sebagai pengganti media dari sari tomat yang digunakan untuk mengisolasi pertumbuhan *Lactobacilli* dan kelompok bakteri lain yang termasuk dalam kelompok Bakteri Asam Laktat (BAL) (Corry *et al.*, 2003). Adapun menurut Mende, dkk (2019) MRS Agar ini tidak cukup selektif karena berpotensi adanya pertumbuhan jenis bakteri lain yang dapat tumbuh dalam media MRSA tersebut, akan tetapi untuk menghasilkan perhitungan BAL yang selektif menurut Nero, *et al* (2020) beragam zat

dan kondisi inkubasi dapat dikaitkan dengan media kultur ini untuk menghasilkan perhitungan BAL yang selektif atau bahkan kelompok Bakteri Asam Laktat tertentu.

Media MRSA terdiri dari berbagai komponen seperti dekstrosa, ekstrak daging, ekstrak ragi, ammonium sitrat, magnesium sulfat, pepton, natrium asetat, dikalium fosfat, tween 80, dan mangan sulfat. Ammonium sitrat pada kondisi pH rendah berperan dalam mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat. Dikalium fosfat dan natrium asetat bertindak sebagai penyangga untuk mempertahankan pH tetap rendah. Tween 80 digunakan sebagai pelarut bagi komponen lainnya. Magnesium dan mangan sulfat menyediakan ion dan senyawa sulfat yang dibutuhkan. Sementara itu, pepton, ekstrak daging, dan ragi menjadi sumber nutrisi karena mengandung nitrogen, vitamin, mineral, serta asam amino (Hasbi *et al.*, 2024). Penggunaan media MRSA pada tahap isolasi bertujuan untuk memastikan bakteri tumbuh secara optimal dan menghasilkan koloni bakteri asam laktat (BAL) yang diinginkan (Nadia *et al.*, 2020).

2.5.2 Media MRSB (*de Man Rogosa Sharpe Broth*)

Media MRSB adalah media selektif yang khusus dirancang untuk menumbuhkan bakteri asam laktat (BAL). Media MRSB ini yaitu media dalam bentuk cair, media ini digunakan untuk memproduksi dan memfasilitasi pelepasan bakteriosin oleh BAL ke dalam media cair tersebut (Ningsih dkk., 2018). Media MRSB adalah media dasar yang mengandung nutrisi yang memadai untuk mendukung pertumbuhan bakteri probiotik asam laktat (Novianto dkk., 2020). Kandungan media MRS broth terdiri dari bahan-bahan yang serupa dengan MRSA, yaitu pepton, ekstrak daging, ekstrak ragi, D (+) – glukosa, dipotasium hidrogen fosfat, natrium asetat trihidrat,

triammonium sitrat, magnesium sulfat heptahidrat, dan mangan sulfat tetrahidrat. Media ini memiliki pH akhir sekitar $6,2 \pm 0,2$ pada suhu 25°C . MRS broth ini tidak mengandung agar (Murray *et al.*, 2007).

2.6 Antimikroba

Antimikroba adalah senyawa, baik yang bersifat biologis maupun kimia, yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri atau mikroba (Yanis dkk., 2020). Bakteri asam laktat (BAL) dapat memproduksi senyawa antimikroba yang efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroba. Senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh BAL meliputi asam organik, hidrogen peroksida, dan bakteriosin (Afriani dkk., 2017). Antimikroba dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria, seperti spektrum aktivitas, mekanisme aksi, jenis strain yang memproduksinya, metode biosintesis, dan struktur biokimianya. Menurut Nikham dan Taty (2012), antimikroba bekerja dengan cara menghambat biosintesis dinding sel, meningkatkan permeabilitas membran sel, dan mengganggu sintesis protein, yang pada gilirannya menghambat pertumbuhan atau menyebabkan kematian sel bakteri.

Senyawa antimikroba ini memiliki peranan krusial dalam bidang kedokteran, pertanian, pengawetan makanan, dan berbagai industri lainnya di mana pengendalian pertumbuhan mikroba sangat penting. Secara umum, senyawa antimikroba dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, termasuk antibiotik, antifungi, antivirus, antiseptik, disinfektan, Peptida Antimikroba (AMPs), agen antibakteri, dan logam antimikroba. Di antara semua senyawa antimikroba, antibiotik adalah yang paling umum digunakan (Asril dkk., 2024). Menurut Waluyo (2004), salah satu sifat penting

yang harus dimiliki oleh zat antimikroba adalah kemampuannya untuk menghambat atau membunuh mikroba patogen tanpa merusak hospes atau inang. Antimikroba harus mampu menghentikan pertumbuhan mikroba, bahkan membunuh bakteri, tanpa memberikan dampak negatif pada hospes. Selain itu, antimikroba sebaiknya bersifat bakterisida, yang berarti efektif dalam membunuh mikroba, bukan hanya bersifat bakteriostatik, yang hanya dapat menghentikan laju pertumbuhan mikroba tanpa membunuhnya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Penelitian Kualitatif meliputi pengamatan mikroskopis, makroskopis, dan uji biokimia dari masing-masing isolat bakteri asam laktat (BAL) yang diperoleh dari air cucian beras. Penelitian kuantitatif dengan menguji isolat BAL yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* dengan mengukur zona hambat yang terbentuk.

3.2 Waktu dan Tempat

Waktu dan tempat dilaksanakan penelitian ini yaitu pada bulan April-Mei 2025 yang bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Islam Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu antara lain botol kaca, gelas ukur, bunsen, *breaker glass*, cawan petri, mikropipet, *blue tip*, jarum ose, erlenmeyer, pinset, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *magnet stirer*, spatula, inkubator, autoklaf, neraca analitik, LAF (*Laminar Air Flow*), *hot plate*, lemari es, vortex, *object glass*, mikroskop optik.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu antara lain air cucian beras putih, isolat bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*, aquades steril, NaCl 0,9%, pepton water 1%, spirtus, CaCO₃ (kalsium karbonat), H₂SO₄ (asam sulfat), BaCl₂ (barium klorida), alcohol 70%, wrap, kertas cakram, aluminium foil, kapas, tissue, kertas label, kantong plastik, cairan pewarnan Gram (larutan kristal violet, iodium, etanol 96%, safranin, malachite green, dan H₂O₂), cotton swab, paper disc, media MRSB (*De Mann Rogosa Shape Broth*), dan media NA (*Nutrient Agar*), media MRSA (*De Mann Rogosa Shape Agar*).

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Fermentasi Air Cucian Beras

Sampel beras ditimbang sebanyak 150 gram dan dicuci dengan 200 ml aquades. Kemudian hasil air cucian beras pertama tersebut ditampung dalam botol kaca gelap steril sekitar 2/3 dari volume botol Selanjutnya mulut botol kaca ditutup menggunakan kain steril. Proses fermentasi air cucian beras dilakukan selama 3 hari dan disimpan pada suhu ruang serta terhindar dari cahaya (Sitepu., *et al.* 2021).

3.4.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat- alat yang digunakan dalam penelitian disterilkan terlebih dahulu sebelum digunakan. Seluruh peralatan dicuci bersih menggunakan air mengalir, lalu dikeringkan dan masing-masing dibungkus dengan kertas selanjutnya diikat dan dimasukkan ke dalam plastik. Alat yang tahan panas disterilkan menggunakan autoklaf

dengan suhu 121°C. Selain itu, sterilisasi alat seperti jarum ose dan pinset dapat dilakukan dengan memanaskan alat menggunakan bunsen yaitu dipanaskan di atas api yang menyala hingga menimbulkan warna merah pada alat. Alat-alat yang tidak tahan panas disterilkan menggunakan alkohol 70% (Istini, 2020).

3.4.3 Pembuatan Media

3.4.3.1 Media MRSA dan MRSB

Media MRSA ditimbang Sebanyak 6,82 gram dan dilarutkan ke dalam 100 ml aquades pada erlenmeyer. Media MRSB ditimbang sebanyak 5,51 gram dilarutkan dengan 100 mL aquades pada erlenmeyer. Selanjutnya, Erlenmeyer diletakkan di atas *hotplate* hingga media homogen dan mendidih, Erlenmeyer pada bagian atasnya ditutup rapat menggunakan kapas. Setelah itu disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit (Ismail dkk., 2017).

3.4.3.2 Media NA (Nutrient Agar)

Pembuatan media NA (Nutrient Agar) yaitu dimulai dengan menimbang media NA sebanyak 2 gram dan dilarutkan dengan 100 ml aquades pada erlenmeyer. Kemudian ditutup rapat mulut erlenmeyer menggunakan kapas. Selanjutnya dipanaskan erlenmeyer yang sudah berisi media NA diatas *hotplate* hingga mendidih, sambil dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah itu disterilisasi menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit (Susanti dkk., 2022).

3.5.4 Isolasi Bakteri Asam Laktat

Sampel fermentasi air cucian beras diambil sebanyak 1 ml, lalu ditambahkan ke dalam 9 ml *pepton water* 1%. Selanjutnya dihomogenkan menggunakan vortex sampai larutan sampel tersebut homogen. Suspensi yang diperoleh (pengenceran 10^{-1}) diencerkan dengan metode pengenceran bertingkat hingga 10^{-7} . Proses pengenceran ini dilakukan untuk menurunkan konsentrasi bakteri agar memungkinkan perhitungan koloni yang akurat saat dilakukan isolasi pada media padat. Pengenceran ini dilakukan dengan cara mengambil 1 mL dari hasil pengenceran sebelumnya kemudian ditambahkan kedalam 9 mL *pepton water* 1%. Hasil pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} diambil sebanyak 100 μ L dan dimasukkan kedalam cawan petri yang berisi media MRSA 6,82 gram yang telah ditambahkan CaCO_3 1% dengan metode *spread plate*, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam (Amaliah dkk, 2018). Pengenceran bertingkat dilakukan untuk meminimalkan atau memperkecil jumlah bakteri yang tersuspensi dalam cairan (Nurdiansyah *et al.*, 2021). Penambahan CaCO_3 pada media MRSA digunakan sebagai indikator koloni bakteri yang mampu menghasilkan asam, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri (Subagiyo dkk., 2016).

3.5.5 Pemurnian Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras

Koloni tunggal dimurnikan dengan metode goresan *quadrant streak* kemudian diseleksi berdasarkan bentuk koloni, sifat Gram positif, katalase negatif, dan bentuk morfologi. Isolat diinokulasikan kedalam media MRSA dan diinkubasi selama 24 jam

dengan suhu 37°C (Nurhayati dkk, 2011). Purifikasi atau pemurnian dilakukan bertujuan agar memperoleh bakteri yang murni (Pamaya dkk., 2018).

3.5.6 Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras

Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dilakukan dengan mengidentifikasi morfologi BAL dengan tiga cara yaitu pengamatan makroskopis koloni berupa warna, bentuk, dan ukuran koloni BAL yang tumbuh pada medium MRSA, adapun pengamatan mikroskopis terdiri dari pewarnaan Gram dan pewarnaan endospora), dan uji biokimia yang terdiri dari uji katalase dan uji tipe fermentasi (Amaliah dkk., 2018).

3.5.6.1 Pengamatan Makroskopis

Pengamatan karakteristik bakteri secara makroskopis dilakukan dengan cara melihat langsung isolat bakteri yang tumbuh pada media, yang meliputi warna, bentuk, tepi permukaan, dan sudut elevasi yang terbentuk pada isolat (Kurnia dkk., 2020). Koloni tersebut selanjutnya dimurnikan dengan metode goresan *quadrant streak* pada media MRSA dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Dilakukan subkultur koloni tunggal yang diperoleh pada media MRSA miring yang digunakan sebagai stok isolat untuk tahap selanjutnya (Ismail dkk., 2017).

3.5.6.2 Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan secara mikroskopis BAL dilakukan dengan cara mengamati karakteristik morfologi dari hasil uji pewarnaan Gram dan uji endospora sebagai berikut (Prastujati dkk., 2022):

3.5.6.2.1 Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan dengan cara membuat apusan pada object glass terlebih dahulu. Object glass disterilkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 70%. Jarum ose dipanaskan di atas api bunsen kemudian diambil isolat BAL yang ditumbuhkan pada media MRSA sebanyak satu ose lalu digoreskan pada *object glass* dan difiksasi *object glass* di atas api bunsen yang menyala sekitar 5 detik. Selanjutnya ditetesi larutan kristal violet pada preparat yang telah dibuat, dan didiamkan selama 10-60 detik lalu dibilas dengan sedikit air yang mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya ditetesi kembali preparat tersebut dengan larutan iodin dan didiamkan selama 10-60 detik lalu dibilas dengan sedikit air mengalir dan dikeringkan. Kemudian ditetaskan preparat dengan alkohol 96% untuk melunturkan pewarnaan sebelumnya dan didiamkan selama 30 detik lalu dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya preparat ditetesi safranin dan dibiarkan selama 60 detik, kemudian dibilas dengan air mengalir dan dikeringkan lalu diamati dengan menggunakan mikroskop (Ismail dkk., 2018). Pewarnaan gram bertujuan untuk mengetahui bakteri termasuk dalam bakteri gram positif yang ditandai dengan warna ungu atau bakteri gram negatif yang ditandai dengan warna merah (Amin dkk., 2023).

3.5.6.2.2 Uji Endospora

Uji endospora dilakukan dengan pewarnaan endospora pada kultur BAL yaitu mensterilisasi object glass dengan alkohol 70%. Sebelum mengambil kultur bakteri, jarum ose disterilisasi terlebih dahulu dengan dipanaskan diatas bunsen yang menyala. Kemudian diambil isolat bakteri yang sudah diinkubasi dengan jarum ose secara

aseptik lalu oleskan di atas object glass, dan difiksasi di atas api bunsen sekitar 5 detik. Selanjutnya preparat ditetesi malachite green dan diuapkan diatas api bunsen selama 1 menit, lalu dibilas dengan air mengalir. Kemudian ditetesi safranin, didiamkan selama 1 menit, lalu dibilas dengan air mengalir dan ditunggu hingga kering. Setelah kering, preparat bisa diamati dengan menggunakan mikroskop (Rumaisha dkk., 2020). Uji endospora positif ditandai dengan warna hijau, sedangkan sel vegetatif ditandai dengan warna merah (Misgiyarta dan Widowati, 2007). Menurut Rumaisha dkk (2020) bakteri asam laktat tidak membentuk spora, karena hanya terlihat sel vegetatif yang berwarna merah setelah pewarnaan menggunakan safranin.

3.5.6.3 Uji Biokimia Bakteri Asam Laktat

Uji biokimia BAL meliputi beberapa uji sebagai berikut:

3.5.6.3.1 Uji Katalase

Pengujian katalase bertujuan untuk mengetahui kemampuan BAL dalam memproduksi enzim katalase (Utama dkk., 2018). Uji katalase dilakukan dengan cara mengambil isolat bakteri dari media pertumbuhan MRSA menggunakan jarum ose lalu digoreskan diatas object glass kemudian ditetesi larutan H_2O_2 3% sebanyak 1-2 tetes menggunakan pipet, lalu diamati adanya gelembung atau tidak di dalam tetesan H_2O_2 tersebut (Hasbi dkk., 2024). Uji katalase positif ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung dan jika tidak terbentuk gelembung mengindikasikan bahwa uji katalase tersebut negatif. Adanya pembentukan gas oksigen (O_2) terjadi karena terbentuknya gelembung-gelembung sebagai hasil pemecahan H_2O_2 oleh enzim katalase yang diproduksi oleh enzim katalase tersebut. BAL merupakan bakteri

katalase negatif sehingga hasil uji katalase tidak terbentuk gelembung-gelembung udara yang berarti tidak terbentuk gas (Hairunnisa, 2019). Identifikasi dilakukan lebih lanjut hanya pada isolat yang menunjukkan hasil pewarnaan Gram positif dan katalase negatif karena kedua hasil tersebut merupakan sifat umum BAL (Muzaiifa, 2014).

2. Uji Tipe Fermentasi

Uji tipe fermentasi bertujuan untuk menentukan bakteri asam laktat tersebut termasuk kelompok homofermentatif atau kelompok heterofermentatif (Romadon dkk, 2012). Uji tipe fermentasi yaitu dilakukan dengan cara isolat bakteri dimasukkan ke dalam 10 ml MRSB dalam tabung reaksi dan dimasukkan tabung durham ke dalam tabung reaksi yang telah berisi isolat bakteri dalam keadaan posisi terbalik, yang bertujuan untuk menangkap gas yang telah dihasilkan oleh BAL selama dalam pertumbuhannya (Surbakti dan Hasanah, 2019). Kemudian, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Pengamatan dilakukan dengan cara melihat terbentuknya gelembung udara yang terdapat pada tabung durham (Ramadhanti dkk., 2021). Uji tipe fermentasi pada bakteri asam laktat jika menghasilkan gelembung udara termasuk kelompok heterofermentasi sedangkan yang tidak menghasilkan gelembung udara termasuk dalam kelompok homofermentatif (Surbakti dan Hasanah, 2019).

3.5.7 Uji Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Air Cucian

Beras terhadap *Escherichia coli*

3.5.7.1 Pembuatan Larutan Standart McFarland

Larutan standar McFarland digunakan untuk menyetarakan perkiraan jumlah bakteri dalam suspensi cair dengan kepekatan suspensi uji. Larutan standar 0,5 McFarland dibuat terdiri dari 0,05 ml BaCl₂ 1% dan 9,95 ml H₂SO₄ 1%. Standar 0,5 McFarland merupakan standar yang paling umum digunakan di laboratorium mikrobiologi, dimana standar tersebut adalah dasar percobaan kerentanan antimikroba dan percobaan hasil biakan bakteri (Aviany & Pujiyanto, 2020). Standar 0,5 McFarland merupakan standar yang setara dengan jumlah suspensi bakteri 1×10^8 CFU/ml (Hudzicki, 2009).

3.5.7.2 Pembuatan Bakteri Uji

Biakan murni bakteri uji diremajakan pada media agar padat dengan cara mengambil bakteri sebanyak 1 ose yang mengandung *E. coli* lalu digoreskan pada media NA dilakukan dengan aseptis. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam (Ngajow dkk, 2013). Selanjutnya pada uji difusi cakram bakteri uji disuspensikan ke dalam larutan NaCl 0,9% hingga kepadatan setara dengan standar 0,5 McFarland (Bubonja-Sonje *et al.*, 2020). Jika suspensi bakteri terlihat lebih jernih dari standar 0,5 McFarland maka perlu ditambahkan isolat bakteri lagi. Begitu pula jika suspensi bakteri terlihat lebih padat dari standar 0,5 McFarland maka perlu ditambahkan larutan NaCl 0,9% hingga tingkat kepadatan sesuai (Hudzicki, 2009).

3.5.7.3 Pembuatan Suspensi Bakteri Asam Laktat

Pembuatan suspensi bakteri asam laktat dilakukan dengan cara menginokulasikan isolat ke dalam medium cair *MRS broth* sebanyak 10 ml. Kultur diinkubasi pada suhu 30–37°C selama 18–24 jam hingga tampak kekeruhan sebagai indikator pertumbuhan. Suspensi yang dihasilkan digunakan langsung tanpa proses sentrifugasi. Penyesuaian kekeruhan dilakukan secara visual dengan membandingkan terhadap standar McFarland 0,5 (setara $\pm 1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Media MRSB dipilih karena mengandung nutrisi lengkap yang mendukung pertumbuhan optimal bakteri asam laktat (Liu *et al.*, 2014; Hwanhlem *et al.*, 2011).

3.5.7.4 Uji Antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

Uji antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* menggunakan media NA. Pengujian dilakukan dengan cara merendam kertas cakram berdiameter 6 mm pada tiap larutan isolat BAL dan kontrol negatif menggunakan aquades steril selama kurang lebih 15 menit (Kasi & Mutmainnah, 2017). Bakteri patogen yang sudah sesuai dengan standar 0,5 McFarland masing-masing disebar menggunakan metode swab. Metode swab dengan menggunakan cotton swab steril yang telah dicelupkan larutan bakteri patogen lalu diusapkan pada seluruh permukaan agar (Aviany & Pujiyanto, 2020). Kertas cakram yang telah direndam isolat BAL diletakkan pada media NA yang telah diinokulasikan bakteri patogen, masing-masing dibuat 2 kali ulangan pada satu cawan petri dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam (Kasi & Mutmainnah, 2017). Kontrol positif menggunakan 10 mg streptomisin

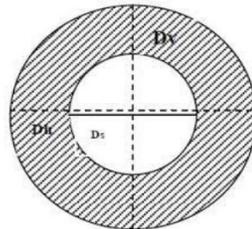
(Sofyan dkk., 2013). Zona bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram merupakan zona penghambatan BAL terhadap bakteri patogen. Diameter zona bening yang terbentuk diukur dengan menggunakan jangka sorong (Scheved, 1993). Zona bening menunjukkan sensitivitas bakteri patogen terhadap agen antibakteri yang diujikan dan dinyatakan dengan diameter zona hambat. Disekitar sumuran yang terbentuk zona bening, diukur secara vertikal serta horizontal. Kemudian dinyatakan dalam milimeter (mm) (Paliling *et al.*, 2016) Pengukuran diameter zona hambat menurut Paliling *et al* (2016) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Zona Hambat} = \frac{(D_v - D_s) + (D_h - D_s)}{2}$$

Keterangan: D_v : Diameter Vertikal

D_s : Diameter Sumur

D_h : Diameter Horizontal



Gambar 3.1. Pengukuran Zona Hambat. (Paliling *et al.*, 2016)

Hasil pengukuran yang didapat dijadikan penentuan kategori zona hambat yang terbentuk. Menurut Surjowardodo dkk (2015) kategori zona hambat dapat diketahui pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Kekuatan Daya Hambat

Diameter	Kekuatan Daya Hambat
≤ 5 mm	Lemah
5-10 mm	Sedang
11-20 mm	Kuat
≥ 21 mm	Sangat Kuat

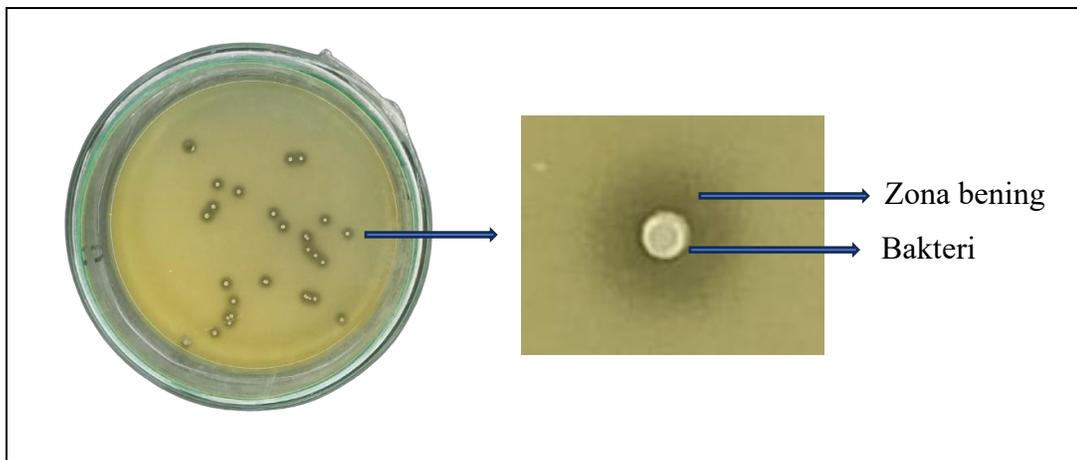
3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil identifikasi disajikan berupa kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif berupa pengamatan makroskopis (bentuk, warna, tepi permukaan, dan sudut elevasi yang terbentuk pada isolat), pengamatan mikroskopis (pewarnaan gram dan uji endospora), dan hasil uji biokimia (katalase dan tipe fermentasi). Sedangkan data kuantitatif yaitu dengan melakukan pengukuran zona hambat di sekitar kertas cakram.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Isolat Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil isolasi pada medium MRS *agar* dan CaCO_3 diperoleh tiga isolat bakteri yang diambil dari fermentasi air cucian beras berdasarkan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri. Menurut Laila., dkk (2024) zona bening yang terbentuk di sekitar koloni tersebut merupakan hasil reaksi kimia antara asam yang dihasilkan oleh BAL dengan CaCO_3 yang bersifat basa, sehingga menghasilkan daerah netral di sekitar koloni. Ukuran zona bening yang muncul di sekitar koloni bakteri menunjukkan kemampuan bakteri dalam menghasilkan asam yang bereaksi dengan media yang mengandung CaCO_3 (Melliawati *et al.*, 2015). Hasil isolasi bakteri dari fermentasi air cucian beras yang menampilkan zona bening dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



Gambar 4.1. Isolat bakteri dari fermentasi air cucian beras yang terbentuk zona bening di sekitar koloni bakteri (dokumentasi pribadi)

Tahap awal dalam mengidentifikasi isolat bakteri dilakukan melalui karakterisasi morfologi secara makroskopis. Tiga isolat bakteri yang diperoleh dari fermentasi air cucian beras diidentifikasi dengan mengamati ciri-ciri koloni secara makroskopis, seperti bentuk, warna, tepi, dan elevasi (Indrayati & Nur, 2025). Hasil pengamatan isolat bakteri asam laktat secara makroskopis disajikan pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri Asam Laktat pada Air Cucian Beras

Isolat	Morfologi Koloni				
	Bentuk	Warna	Tepi	Elevasi	Diameter (mm)
AL 1	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1, 20
AL 2	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1, 45
AL 3	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1,30

Keterangan: AL: Air Leri

Data hasil pada Tabel 4.1 terlihat bahwa terdapat tiga isolat dengan morfologi koloni yang serupa, yaitu berbentuk bulat, berwarna putih susu, memiliki tepi yang rata, serta permukaan yang cembung. Temuan ini sejalan dengan penelitian Yuliana & Azhar (2022) yang menyatakan bahwa isolat bakteri yang tumbuh pada media MRS menunjukkan ciri-ciri koloni berwarna putih susu akibat pigmen yang dihasilkan, berukuran kecil, berbentuk bulat, permukaannya cembung, tepi rata, dan tidak tembus cahaya. Selain itu, Pratujiati *et al* (2022) juga menegaskan bahwa pengamatan makroskopis menunjukkan semua koloni bakteri berbentuk bulat dengan variasi warna dari putih hingga putih kekuningan, yang diduga merupakan kelompok bakteri asam

laktat. Adapun pernyataan dari Nadia *et al.* (2020) memperkuat hal ini, yang menyebutkan bahwa secara makroskopik, bakteri asam laktat memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat, berwarna putih susu, dan berdiameter sekitar 1-2 mm.

Al-Qur'an adalah kitab suci yang diturunkan Allah SWT sebagai pedoman hidup manusia, yang mendorong pemanfaatan akal dan pikiran dalam memahami serta mengamati lingkungan sekitar. Melalui pengamatan tersebut, manusia diajak untuk mengembangkan ilmu pengetahuan yang sejalan dengan nilai-nilai Al-Qur'an. Lingkungan memiliki peran krusial dalam menunjang kehidupan seluruh makhluk. Al-Qur'an juga menegaskan bahwa setiap ciptaan Allah, sekecil atau sebesar apapun, diciptakan secara seimbang dan tidak ada yang diciptakan tanpa tujuan. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam surah Al-Mulk ayat 3 yaitu sebagai berikut:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِنْ تَفْوُتٍ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَى مِنْ فُطُورٍ ﴿٣﴾

Artinya: *“Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu melihat sesuatu yang tidak seimbang?.”* (Q.S: Al-Mulk [67]:3)

Ayat tersebut menjelaskan tentang keteraturan dan keseimbangan dalam ciptaan Allah. Berdasarkan tafsir Kementerian Agama RI dalam tafsirnya dijelaskan Allah SWT menegaskan bahwa penciptaan-Nya, termasuk tujuh lapis langit, dilakukan dengan sempurna dan penuh keseimbangan. Tiap-tiap langit itu menempati ruangan yang telah ditentukan baginya di tengah-tengah jagat raya dan masing-masing lapisan itu terdiri atas begitu banyak planet yang tidak terhitung jumlahnya. Allah mengajak manusia untuk merenungkan ciptaan-Nya dan mencari ketidakseimbangan atau cacat,

namun tidak akan menemukannya karena segala sesuatu diciptakan dengan sempurna dan penuh hikmah (Kementerian Agama RI, 2010).

Quraish Shihab dalam *Tafsir Al-Misbah* menjelaskan bahwa ayat ini mengajak manusia untuk mengamati langit dan tatanan semesta sebagai bentuk penguatan iman. Penciptaan tujuh langit yang berlapis menunjukkan adanya struktur kosmik yang sangat teratur dan harmonis, bukan hasil kebetulan. Kata "tidak ada perbedaan" atau *tafāwut* dalam ayat ini menunjukkan bahwa tidak ada kontradiksi atau kekacauan dalam sistem ciptaan Allah. Ia menekankan bahwa Allah adalah *Ar-Rahmān*, yang menciptakan alam dengan kasih sayang dan penuh keseimbangan. Ajakan untuk "kembalikan pandangan" mengisyaratkan bahwa pengamatan ilmiah dan perenungan mendalam adalah bagian dari keimanan, karena semua hasil pengamatan akan berakhir pada pengakuan bahwa tidak ada cacat dalam ciptaan-Nya (Shihab, M. Quraish., 2004).

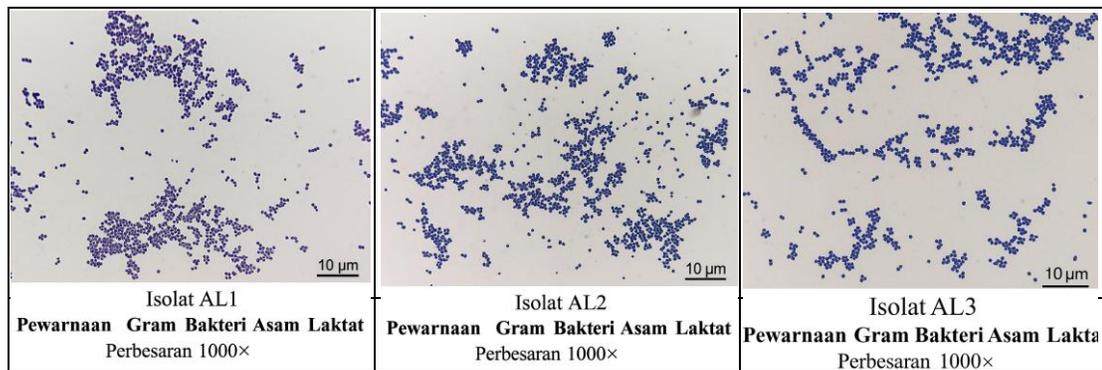
Kedua tafsir tersebut, menegaskan bahwa ciptaan Allah SWT, termasuk langit dan alam semesta, diciptakan secara sempurna, teratur, dan penuh keseimbangan. Tidak ada cacat atau ketidakseimbangan sedikit pun di dalamnya. Tafsir Kemenag menyoroti keagungan dan susunan langit yang tepat, sedangkan Quraish Shihab menekankan bahwa pengamatan terhadap alam merupakan bagian dari penguatan iman, karena hasilnya akan mengarah pada pengakuan akan kesempurnaan ciptaan Allah. Maka, ayat ini mengajarkan bahwa setiap ciptaan Allah pasti memiliki tujuan dan hikmah, tidak ada yang sia-sia.

Dalam hal ini menunjukkan bahwa seluruh ciptaan Allah, termasuk mikroorganisme seperti bakteri asam laktat (BAL), diciptakan dengan kesempurnaan dan keseimbangan. Penemuan BAL dalam limbah seperti air cucian beras

membuktikan bahwa tidak ada ciptaan Allah yang sia-sia. Melalui proses isolasi dan pemanfaatannya sebagai agen antibakteri, manusia menjalankan peran sebagai khalifah dengan menggali dan memanfaatkan potensi alam sesuai dengan kehendak dan hikmah Allah. Penelitian terhadap BAL menjadi bentuk tadabbur ilmiah atas kebesaran dan kesempurnaan ciptaan-Nya.

4.2 Pewarnaan Gram

Karakterisasi morfologi bakteri secara mikroskopis salah satunya dapat dilakukan dengan uji pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram adalah teknik pewarnaan diferensial yang paling penting dan paling umum digunakan, yang berfungsi untuk mengelompokkan bakteri menjadi dua jenis, yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif (Asfiya dkk., 2024). Pewarnaan Gram dipengaruhi oleh reaksi dinding sel bakteri terhadap pewarna kristal violet dan safranin. Pewarna yang digunakan dalam proses ini dapat bersifat basa maupun asam. Pewarna basa, yang mengandung kromofor bermuatan positif, berperan dalam memberikan warna pada sel. Sebaliknya, pewarnaan yang bermuatan negatif menghasilkan warna negatif karena interaksi dengan muatan yang berlawanan pada permukaan sel (Papalangi., 2023). Hal ini diperjelas oleh Amin dkk (2023) bahwasannya pewarnaan Gram bertujuan untuk mengetahui bakteri termasuk dalam bakteri gram positif yang ditandai dengan warna ungu atau bakteri gram negatif yang ditandai dengan warna merah. Hasil pewarnaan Gram bakteri asam laktat dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.2.

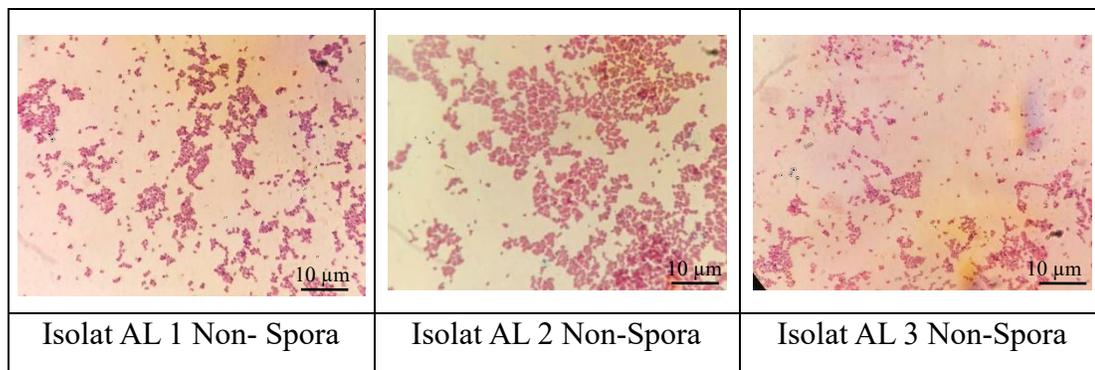


Gambar 4.2 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras (dokumentasi pribadi)

Berdasarkan pengamatan hasil pewarnaan Gram dapat diamati bentuk sel ketiga isolat bakteri tersebut. Bentuk sel ketiga bakteri tersebut setelah diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 1000x memiliki ciri-ciri sel yang sama yaitu berbentuk bulat (*coccus*) dan berwarna ungu. Warna ungu pada sel bakteri menandakan bahwa bakteri tersebut tergolong bakteri Gram positif. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Kurnia dkk (2020) bahwasannya pada proses pewarnaan Gram, bakteri Gram positif dinding sel nya akan berwarna ungu, hal ini disebabkan oleh rendahnya kandungan lipid pada bakteri Gram positif, sehingga dinding selnya lebih mudah mengalami dehidrasi ketika diberi perlakuan alkohol. Dehidrasi ini menyebabkan pori-pori dinding sel mengecil dan menurunkan permeabilitasnya, sehingga zat warna utama, yaitu kristal violet, tidak dapat keluar dari sel. Adapun menurut Giyatno & Retnaningrum (2020) Bakteri Gram positif ditandai dengan pewarnaan ungu pada selnya, yang terjadi karena dinding sel bakteri ini memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tebal dibandingkan dengan bakteri Gram negatif.

4.3 Pewarnaan Endospora

Pewarnaan endospora dilakukan sebagai metode untuk mengkarakterisasi dan mendeteksi keberadaan serta posisi endospora di dalam sel bakteri (Kantari., 2024). Pewarnaan endospora dilakukan dengan menggunakan dua jenis pewarna khusus, yaitu Malachite Green dan Safranin. Malachite Green merupakan pewarna utama untuk mewarnai endospora menjadi hijau, sedangkan Safranin sebagai pewarna kontras untuk mewarnai sel vegetatif merah. Safranin tidak melekat kuat pada dinding sel dan sitoplasma, sehingga mudah hilang saat dibilas. Sebaliknya, dinding endospora bersifat melekat, sehingga Malachite Green tetap melekat dan endospora tetap tampak hijau setelah dicuci (Karim dkk., 2023). Hasil pewarnaan endospora bakteri asam laktat dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil Pewarnaan Endospora Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras (dokumentasi pribadi)

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pewarnaan endospora pada ketiga isolat bakteri hasil fermentasi air cucian beras, tidak ditemukan keberadaan endospora. Pengamatan mikroskopis pada perbesaran 1000x hanya menunjukkan sel-sel vegetatif yang berwarna merah, yang menunjukkan bahwa ketiga isolat bakteri tersebut

merupakan bakteri asam laktat yang tidak memiliki spora. Hal ini sesuai dengan penelitian Harahap dkk (2024) pada pewarnaan bakteri asam laktat, yang tampak di bawah mikroskop hanyalah sel vegetatif berwarna merah. Bakteri yang tidak memiliki spora cenderung tidak tahan terhadap proses pewarnaan karena hanya terdiri dari sel vegetatif. Ketika diberi pewarna malachite green, sel vegetatif dapat menyerap pewarna tersebut, namun ikatan yang terbentuk tidak kuat sehingga pewarna mudah terlepas saat proses pencucian.

4.4 Uji Katalase

Uji katalase bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan bakteri asam laktat dalam menghasilkan enzim katalase. Pengujian dilakukan dengan meneteskan larutan H_2O_2 3% pada koloni isolat bakteri. Hasil dikatakan positif apabila muncul gelembung gas pada permukaan isolat, yang menunjukkan terjadinya reaksi pemecahan hidrogen peroksida dan terbentuknya gas CO_2 , dan hasil dikatakan negatif apabila tidak terbentuk gelembung (Utama et al., 2018). Hasil pengamatan uji katalase dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut

		
Isolat AL 1 Katalase Negatif	Isolat AL 2 Katalase Negatif	Isolat AL 3 Katalase Negatif

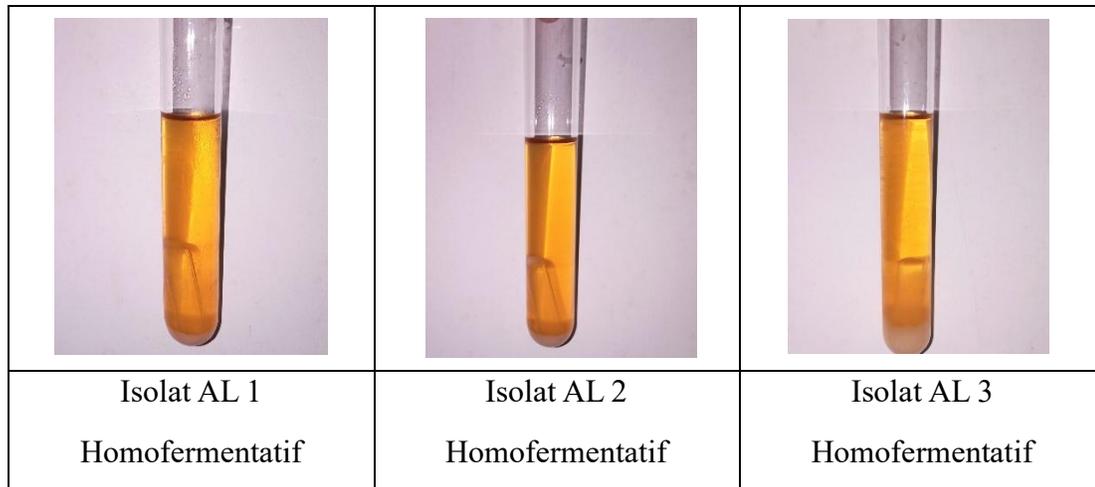
Gambar 4.4 Hasil Uji Katalase Bakteri Asam Laktat pada Fermentasi Air Cucian Beras (dokumentasi pribadi)

Berdasarkan pengamatan hasil uji katalase yang diperoleh pada ketiga isolat BAL tersebut menunjukkan karakteristik katalase negatif yang ditandai dengan tidak terbentuknya gelembung gas setelah ditetesi larutan H_2O_2 3%. Hal ini sesuai dengan penelitian Karyawati dkk (2024) bahwasannya hasil uji terhadap isolat bakteri asam laktat menunjukkan hasil katalase negatif, yang ditandai dengan tidak terbentuknya gelembung gas setelah penambahan larutan H_2O_2 pada objek kaca. BAL bersifat katalase negatif dikarenakan bakteri asam laktat tidak menghasilkan enzim katalase yang berperan dalam menguraikan hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Hal ini berkaitan dengan karakteristik bakteri asam laktat yang tergolong mikroaerofilik atau anaerob fakultatif, sehingga hanya membutuhkan sedikit oksigen untuk dapat hidup. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Harahap dkk (2024) bahwasannya isolat BAL tersebut telah memenuhi ciri-ciri BAL yaitu katalase negatif karena ketidakmampuannya menguraikan H_2O_2 , sehingga tidak terbentuk gelembung gas. Enzim katalase berfungsi mencegah penyimpanan H_2O_2 yang bersifat toksik. Apabila H_2O_2 berhasil diuraikan oleh enzim katalase, maka akan terbentuk oksigen yang juga dapat bersifat racun bagi sel. Bakteri asam laktat secara umum memang tidak menghasilkan enzim katalase, sehingga termasuk dalam kelompok katalase negatif.

4.5 Uji Tipe Fermentasi

Uji tipe fermentasi dilakukan untuk mengelompokkan bakteri asam laktat ke dalam tipe homofermentatif atau heterofermentatif berdasarkan pola fermentasi yang dihasilkan (Nadia dkk., 2020). Pengelompokan Bakteri Asam Laktat (BAL) berdasarkan tipe fermentasinya didasarkan pada perbedaan kemampuan dalam

menghasilkan produk akhir selama proses fermentasi. Perbedaan ini terlihat dari hasil uji fermentasi yang menunjukkan ada dan tidaknya gas karbondioksida yang dihasilkan (Medaando dkk., 2024). Hasil pengamatan uji tipe fermentasi dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut



Gambar 4.5 Hasil Uji Tipe Fermentasi Bakteri Asam Laktat pada Fermentasi Air Cucian Beras (dokumentasi pribadi)

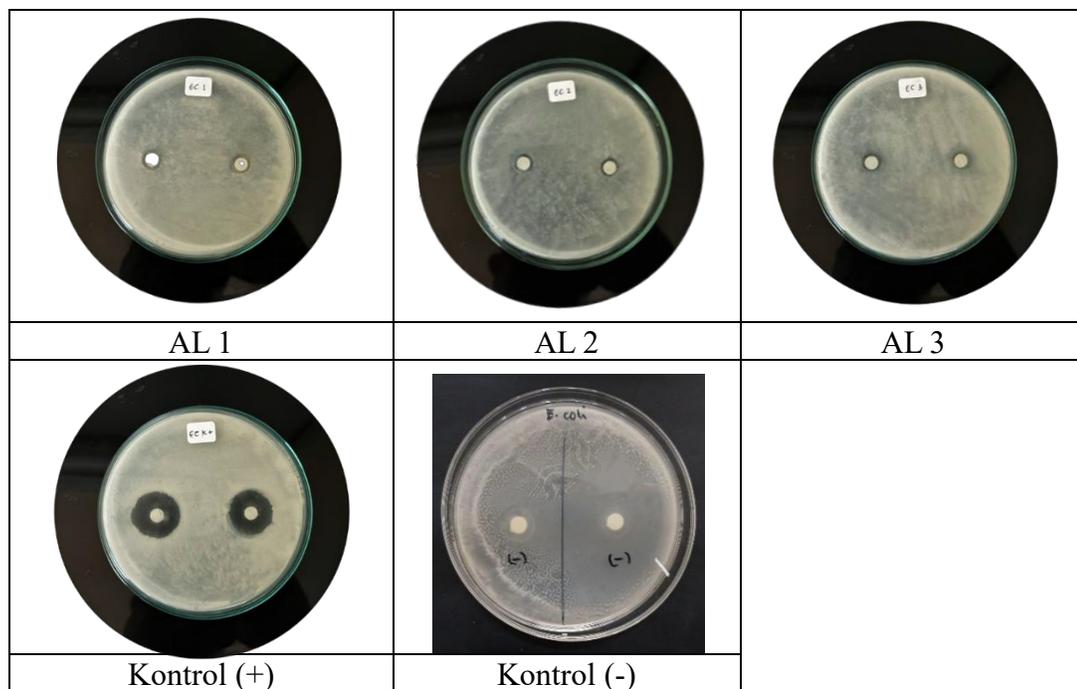
Berdasarkan hasil uji tipe fermentasi terhadap ketiga isolat bakteri tersebut menunjukkan hasil tidak adanya gelembung gas pada tabung durham yang termasuk dalam kelompok homofermentatif. Hal ini sesuai dengan penelitian Harahap dkk (2024) yang menyatakan bahwasannya ciri-ciri dari bakteri asam laktat yaitu memiliki tipe fermentasi homofermentatif. BAL yang bersifat homofermentatif merupakan jenis BAL yang hanya memproduksi asam laktat sebagai hasil utama dari proses metabolisme gula. Adapun menurut Rahmadi (2019) Bakteri homofermentatif tidak dapat menghasilkan gas CO₂ karena tidak memiliki enzim piruvat oksidase, yang berfungsi mengubah piruvat menjadi CO₂ dan H₂O₂. Ketiadaan enzim ini menyebabkan

jalur fermentasi bakteri tersebut lebih dominan menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir utama, tanpa disertai pembentukan gas CO₂.

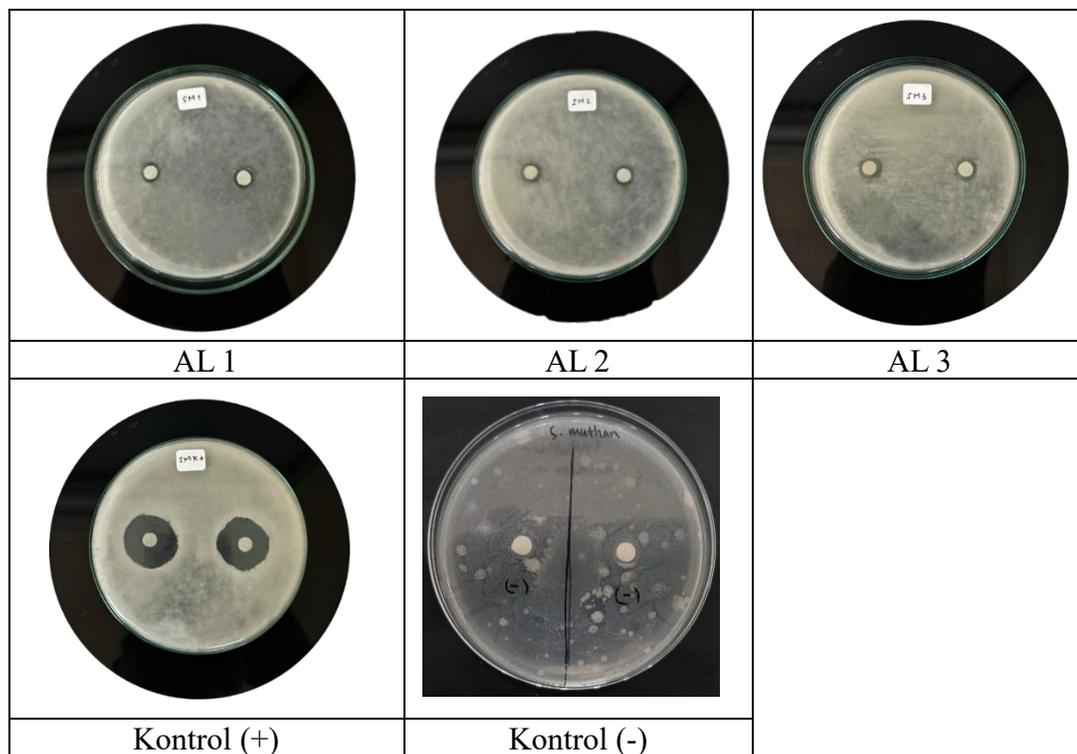
Berdasarkan hasil pengamatan terhadap isolat bakteri secara makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia, diperoleh tiga isolat yang menunjukkan ciri-ciri menyerupai bakteri asam laktat, sehingga dapat diidentifikasi hingga tingkat genus. Ketiga isolat tersebut, yaitu AL1, AL2, dan AL3, berasal dari proses fermentasi air cucian beras yang memiliki karakteristik berupa bentuk sel bulat, Gram positif, tidak membentuk spora, serta negatif terhadap uji katalase. Selain itu, ketiganya tersebut, isolat-isolat ini diduga termasuk dalam genus *Streptococcus*. Hal ini sesuai dengan penelitian Sugata dkk (2024) yang menyatakan bahwa koloni dari isolat *Streptococcus* menunjukkan morfologi berbentuk bulat dengan tepi yang halus, permukaan yang licin, tanpa pigmentasi, serta memiliki elevasi yang cembung. Sementara itu, morfologi selnya berbentuk bulat (*coccus*), bersifat Gram positif, tidak membentuk endospora, tidak memiliki lapisan lilin pada dinding selnya, katalase negatif serta memiliki tipe fermentasi homofermentatif. Pernyataan ini didukung oleh *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, yang menjelaskan bahwa bakteri asam laktat dari genus *Streptococcus* memiliki ciri-ciri sel berbentuk bulat, Gram positif, tidak membentuk spora, serta tidak memproduksi enzim katalase (katalase negatif). Selain itu, bakteri ini melakukan fermentasi secara homofermentatif dengan menghasilkan asam laktat sebagai produk utama, dan umumnya tumbuh pada lingkungan yang kaya akan karbohidrat (Holt, 1994).

4.6 Uji Antibakteri BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

Berdasarkan hasil pengamatan secara makroskopis, mikroskopis, serta uji biokimia, ketiga isolat yang diamati tergolong bakteri Gram positif dengan morfologi sel bulat, tidak membentuk endospora, ketiganya menunjukkan hasil negatif pada uji katalase, serta memiliki karakteristik fermentasi homofermentatif. Uji lanjutan yang dilakukan adalah pengujian aktivitas antibakteri dari ketiga isolat yang diduga merupakan kelompok bakteri asam laktat hasil fermentasi air cucian beras. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengamati terbentuknya zona hambat di sekitar kertas cakram yang diletakkan pada media yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Uji ini dilakukan terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*.



Gambar 4.6. Zona hambat pada uji antibakteri BAL dari air cucian beras terhadap bakteri *Escherichia coli* (dokumentasi pribadi)



Gambar 4.7. Zona hambat pada uji antibakteri BAL dari air cucian beras terhadap bakteri *Streptococcus mutans* (dokumentasi pribadi)

Berdasarkan hasil pengamatan uji aktivitas antibakteri setelah diinkubasi 24 jam menunjukkan adanya zona hambat yang ditandai oleh munculnya area bening di sekitar kertas cakram. Terbentuknya zona bening ini mengindikasikan bahwa isolat bakteri asam laktat mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bastian (2018) bahwa terbentuknya area bening di sekitar cakram menunjukkan bahwa agen antimikroba berhasil menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada media agar. Zona bening adalah indikator sensitivitas mikroba terhadap bahan antimikroba yang digunakan dalam pengujian, yang diukur berdasarkan lebar diameter zona penghambatan (Bastian., 2018). Pengujian dilakukan menggunakan metode difusi agar dengan teknik difusi cakram (disc diffusion). Metode ini sesuai untuk menguji aktivitas antibakteri

dari Bakteri Asam Laktat (BAL), karena sebagian besar BAL merupakan mikroorganisme anaerob fakultatif. Artinya, meskipun BAL tumbuh optimal dalam kondisi anaerob, mereka masih mampu tumbuh dalam kondisi aerob, seperti pada inkubasi metode difusi cakram. Oleh karena itu, penggunaan metode ini tetap relevan dan dapat memberikan hasil yang representatif dalam mengevaluasi aktivitas antibakteri senyawa hasil fermentasi BAL (Carr *et al.*, 2002; Leboffe & Pierce, 2016). Metode difusi cakram dipilih karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain dapat digunakan untuk senyawa non-polar, prosesnya cepat, mudah, dan sederhana (Valgas *et al.*, 2007).

Berbagai penelitian sebelumnya telah banyak melakukan aktivitas antibakteri bakteri asam laktat (BAL) terhadap bakteri patogen seperti *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*, salah satunya adalah penelitian oleh Hamidah dkk (2019), yang menunjukkan bahwa BAL mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar kertas cakram. Berikut merupakan tabel kategori zona hambat menurut Surjowardodo dkk (2015):

Tabel 4.2 Kekuatan Daya Hambat

Diameter	Kekuatan Daya Hambat
≤ 5 mm	Lemah
5-10 mm	Sedang
11-20 mm	Kuat
≥ 21 mm	Sangat Kuat

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Pengukuran Zona Hambat Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

a. Hasil Pengukuran Zona Hambat *Escherichia coli*

Kode Isolat	Rata-rata (mm)	Kategori Zona Hambat
AL 1	4,44	Lemah
AL 2	5,43	Sedang
AL 3	4,91	Lemah
K (-)	0	Tidak ada
K (+)	14,38	Kuat

Keterangan: K-: Aquades steril, K+: Streptomycin

b. Hasil Pengukuran Zona Hambat *Streptococcus mutans*

Kode Isolat	Rata-rata (mm)	Kategori Zona Hambat
AL 1	3,90	Lemah
AL 2	3,70	Lemah
AL 3	3,64	Lemah
K (-)	0	Tidak ada
K (+)	17,81	Kuat

Keterangan: K-: Aquades steril, K+: Streptomycin

Berdasarkan pengukuran diameter zona hambat secara horizontal dan vertikal menggunakan jangka sorong untuk menilai aktivitas antibakteri BAL terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*, didapatkan rata-rata data yang disajikan

dalam Tabel 4.3. Hasil ini menunjukkan bahwa isolat AL1 dan AL3 memiliki daya hambat lemah terhadap *Escherichia coli*, ditandai dengan diameter zona hambat kurang dari 5 mm, sedangkan isolat AL2 termasuk dalam kategori daya hambat sedang karena memiliki diameter zona hambat lebih dari 5 mm. Sementara itu, isolat AL 1, AL 2, dan AL 3 pada zona hambat *Streptococcus mutans* masuk dalam kategori lemah dengan diameter zona hambat kurang dari 5 mm.

Pengujian ini menggunakan kontrol positif dan kontrol negatif pada uji antibakteri kedua bakteri uji tersebut. Hasil kontrol positif menggunakan antibiotik *streptomycin* dikategorikan memiliki daya hambat yang kuat dengan hasil diameter zona hambat >10 mm pada uji zona hambat kedua bakteri uji tersebut sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.3. Hal ini mengindikasikan bahwa *streptomycin* memiliki efektivitas yang lebih tinggi dalam menghambat pertumbuhan kedua bakteri patogen tersebut. Menurut Dwijendra (2014) penggunaan kontrol positif berperan sebagai pembandingan terhadap zat yang diuji, dengan cara membandingkan diameter zona hambat yang terbentuk. Adapun menurut Etebu (2016), mekanisme kerja antibiotik meliputi beberapa cara, antara lain merusak struktur membran sel, mengganggu pembentukan dinding sel, menghambat sintesis serta fungsi asam nukleat, dan menghalangi proses sintesis protein. Sementara itu, kontrol negatif dengan menggunakan aquades steril pada zona hambat kedua bakteri uji tersebut tidak memperlihatkan adanya daya hambat, seperti yang tercantum pada Tabel 4.3. Menurut Bastian (2018) tujuan penggunaan kontrol negatif adalah untuk memastikan ada tidaknya pengaruh pelarut yang digunakan terhadap pertumbuhan mikroorganisme uji. Dengan demikian, dapat dipastikan bahwa aktivitas antibakteri yang teramati benar-

benar berasal dari senyawa yang terkandung dalam sampel, bukan disebabkan oleh efek dari pelarut yang digunakan.

Hasil uji aktivitas antibakteri BAL terhadap *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* menunjukkan adanya perbedaan pada diameter zona hambat yang terbentuk. Secara rata-rata, diameter zona hambat terhadap *Streptococcus mutans* lebih kecil dibandingkan dengan zona hambat yang dihasilkan terhadap *Escherichia coli*. Menurut Masykuroh & Puspasari (2022) luas zona hambat yang terbentuk menunjukkan tingkat kekuatan daya hambat. Perbedaan ukuran zona hambat antara bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* disebabkan oleh perbedaan struktur dinding sel keduanya. Berdasarkan pengamatan, aktivitas antibakteri BAL lebih peka terhadap bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*) dibandingkan dengan bakteri Gram Positif (*Streptococcus mutans*).

Secara teori, bakteri Gram positif umumnya lebih rentan terhadap senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh BAL. Hal ini karena bakteri Gram positif hanya memiliki satu lapisan dinding sel berupa peptidoglikan tanpa membran luar, sehingga lebih mudah ditembus oleh senyawa protein. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Komara dkk (2022), yang menyatakan bahwa daya hambat BAL terhadap bakteri Gram positif cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan Gram negatif.

Namun, hasil dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu aktivitas antibakteri BAL lebih peka terhadap bakteri Gram negatif *Escherichia coli* dibandingkan dengan bakteri Gram Positif *Streptococcus mutans*. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, *S. mutans* sebagai bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal dan struktur sel yang lebih resisten terhadap

asam. Menurut Yulinery dan Nurhidayat (2015) hal ini dapat menyebabkan senyawa antimikroba dari BAL, sulit menembus dinding sel *S. mutans*, sehingga zona hambat yang terbentuk menjadi lebih kecil. Kedua, menurut Khikmah (2015), bakteri Gram positif memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap kondisi asam dibandingkan bakteri Gram negatif, sehingga efektivitas senyawa yang dihasilkan BAL menjadi berkurang terhadap *S. mutans*.

Sebaliknya, meskipun secara struktur dinding sel bakteri Gram negatif seperti *E. coli* lebih kompleks karena memiliki membran luar lipopolisakarida, namun membran ini juga bersifat sensitif terhadap senyawa-senyawa kecil dan permeabel, seperti asam laktat dan hidrogen peroksida. Senyawa tersebut merupakan produk utama metabolisme BAL dan terbukti mampu menurunkan pH lingkungan serta merusak integritas membran luar Gram negatif, sehingga menyebabkan kematian sel (Cotter *et al.*, 2005). Dengan demikian, perbedaan hasil ini tidak dapat dianggap sebagai penyimpangan, melainkan sebagai variasi biologis yang dipengaruhi oleh jenis strain BAL, kondisi fermentasi, komposisi senyawa metabolit, serta resistensi alami bakteri uji. Artinya, BAL dari fermentasi air cucian beras dalam penelitian ini justru menunjukkan potensi besar terhadap bakteri Gram negatif seperti *E. coli*, dan hal ini menjadi temuan penting yang bisa menjadi dasar untuk penelitian lanjutan.

Variasi dalam kemampuan zona hambat yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain umur dan jenis bakteri asam laktat, tipe mikroorganisme patogen yang diuji, lama waktu inkubasi, efektivitas difusi senyawa antimikroba ke dalam media, serta komposisi media yang digunakan (Rahmiati & Simanjuntak., 2019). Adapun menurut Elifah (2010) kemampuan untuk menghambat pertumbuhan

bakteri dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti produksi senyawa antimikroba termasuk antibiotik, bakteriosin (protein yang memiliki sifat bakterisidal terhadap mikroorganisme lain), hidrogen peroksida, serta asam organik yang dapat menurunkan pH media. Bakteriosin bekerja dengan cara mengganggu permeabilitas membran sitoplasma bakteri, yaitu melalui pembentukan pori-pori pada membran sel dan menghilangkan gaya gerak proton. Selain itu, bakteri asam laktat (BAL) juga memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Asam laktat yang dihasilkan oleh BAL bersifat bakterisidal terhadap patogen, yang menyebabkan penurunan pH media hingga mencapai kisaran 3 hingga 4,5 (Sablon *et al.*, 2000).

Metode difusi cakram semakin banyak digunakan untuk menguji aktivitas antimikroba dari produk alami karena prosedurnya yang sederhana dan biaya yang relatif rendah. Meski demikian, metode ini memerlukan perhatian terhadap sejumlah aspek penting, seperti pemilihan jenis media, tingkat keasaman (pH), ketebalan dan kadar air dalam agar, kondisi inkubasi, serta kepresisian dalam menentukan konsentrasi inokulum. Ukuran zona hambat yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kelarutan senyawa yang diuji, kemampuan senyawa tersebut untuk berdifusi, serta tingkat penguapannya (King *et al.*, 2008). Selain itu, ukuran diameter zona hambat juga bergantung pada kecepatan difusi senyawa antimikroba dan sensitivitas mikroorganisme target. Umumnya, terdapat hubungan terbalik antara besar kecilnya zona hambat dan konsentrasi hambat minimum (Matuschek *et al.*, 2014).

Pengendapan senyawa yang tidak larut dalam air pada cakram dapat menghambat difusi zat antimikroba ke dalam media agar. Jika senyawa yang diuji merupakan campuran dengan komponen yang memiliki laju difusi berbeda, hasil uji

bisa menjadi kurang akurat atau tidak konsisten. Faktanya tidak adanya zona hambat bukan selalu menunjukkan bahwa senyawa tersebut tidak memiliki aktivitas antimikroba. Hal ini bisa disebabkan oleh variasi dalam kecepatan difusi senyawa antibiotik di dalam agar, serta perbedaan jenis dan konsentrasi senyawa antibiotik yang berasal dari metabolit sekunder yang dihasilkan (Bubonja-Sonje *et al.*, 2011).

4.7 Kajian Hasil Penelitian Uji Antibakteri dalam Perspektif Islam

Bakteri asam laktat mampu menghasilkan berbagai senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain, sehingga memiliki potensi sebagai agen antibakteri. Senyawa-senyawa tersebut meliputi asam laktat, bakteriosin, hidrogen peroksida, dan karbon dioksida. Aktivitas antibakteri dari senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat dapat bervariasi, tergantung pada jenis sampel yang digunakan (Hamidah dkk., 2019). Segala sesuatu di alam semesta ini diciptakan oleh Allah SWT dengan penuh ketelitian, keseimbangan, dan tujuan yang jelas. Setiap makhluk diciptakan tidak hanya sebagai bentuk ciptaan semata, tetapi juga memiliki fungsi dan manfaat yang telah ditetapkan oleh-Nya. Al-Qur'an tidak hanya menjadi pedoman spiritual, tetapi juga memberikan petunjuk tentang keteraturan alam dan hubungan antara makhluk ciptaan-Nya. Sebagaimana telah ditentukan oleh Allah yang dijelaskan dalam QS. Al-A'la [87]: 2-3 yaitu sebagai berikut:

الَّذِي خَلَقَ فَسَوَّىٰ ﴿٢﴾ وَالَّذِي قَدَّرَ فَهَدَىٰ ﴿٣﴾

Artinya: “yang menciptakan, dan menyempurnakan (penciptaan-Nya) (2), dan yang menentukan kadar (masing-masing) dan memberi petunjuk (3)” (QS. Al-A'la [87]: 2-3)

Ayat QS. Al-A'la [87]: 2–3 menjelaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu, menyempurnakannya, serta menetapkan kadar dan petunjuk bagi ciptaan-Nya. Kata kunci " قَدَّرَ " (menentukan kadar) menjadi sorotan penting, karena menunjukkan bahwa setiap makhluk diciptakan dengan ukuran, fungsi, dan komposisi yang tepat. Dalam konteks penelitian ini, hal tersebut sejalan dengan kemampuan Bakteri Asam Laktat menghasilkan senyawa antibakteri dalam kadar tertentu yang efektif melawan bakteri patogen. Ini mencerminkan keteraturan dan ketetapan Allah dalam ciptaan-Nya, termasuk potensi mikroorganisme yang bermanfaat bagi kehidupan.

Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah adalah Pencipta yang sempurna, yang mengatur dan memberi petunjuk kepada semua ciptaan-Nya. Berdasarkan tafsir Kementerian Agama RI dalam Tafsir Tahlili dijelaskan bahwa Allah menjelaskan bahwa Dia adalah pencipta dan penyempurna seluruh makhluk hidup. Allah juga mengatur setiap hal berdasarkan bentuk, ukuran, dan proporsi yang seimbang. Selain itu, Allah menetapkan aturan dan hukum yang berlaku bagi setiap makhluk-Nya agar mereka dapat hidup, berkembang biak, serta menjaga kelangsungan hidupnya. Adapun Tafsir Al-Mishbah (Shihab., 2002) menjelaskan keagungan Allah SWT melalui ciptaan-Nya yang sempurna, masing-masing disesuaikan dengan ukuran, fungsi, dan petunjuk yang telah ditetapkan. Setiap makhluk mampu menjalankan peran sesuai dengan tujuan penciptaannya. Hal ini juga dijelaskan dalam Tafsir An-Nuur (Ash Shiddieqy., 2000), yang menyatakan bahwa Allah SWT telah menetapkan segala sesuatu dengan takaran yang tepat, sehingga setiap makhluk dapat memberikan manfaat bagi makhluk lainnya. Pemahaman ini mencerminkan konsep “*mu'amalah*

ma'a alam” atau berinteraksi secara bijak dengan alam. Dalam konteks tersebut, pemanfaatan limbah air cucian beras dalam penelitian ini menjadi salah satu bentuk nyata implementasi prinsip tersebut, karena dapat memberikan dampak positif bagi lingkungan dengan mengurangi pencemaran lingkungan.

Keseimbangan dan ketetapan sebagaimana makna ayat di atas dapat dipahami dari sudut pandang ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang mikrobiologi. Bakteri yang berukuran sangat kecil memiliki peran yang berbeda-beda sesuai dengan fungsinya. Beberapa di antaranya bersifat patogen yang dapat menyebabkan penyakit, serta dapat bersifat menguntungkan, misalnya sebagai antibakteri. Pada penelitian ini, bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus muthan* merupakan salah satu bakteri patogen yang menyebabkan infeksi atau penyakit pada tubuh manusia. BAL yang dimanfaatkan berfungsi sebagai agen antibakteri alami yang mampu menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri patogen. Rasulullah SAW bersabda:

لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ، فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ

Artinya: “ *Semua penyakit ada obatnya. Jika sesuai antara penyakit dan obatnya, maka akan sembuh dengan izin Allah* ” (HR Muslim No. 2204).

Hadis di atas tersebut menjelaskan bahwa Allah menciptakan segala sesuatu dengan pelengkapannya. Setiap penyakit yang diturunkan oleh Allah pasti disertai dengan obat atau penawarnya. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk menemukan agen antibakteri dari bakteri asam laktat, tetapi juga menjadi bentuk nyata dari *mu'amalah ma'a Allah*, yaitu hubungan manusia dengan Tuhan melalui ilmu dan amal. Dalam Islam, mencari ilmu yang bermanfaat dan menggunakannya untuk kebaikan termasuk

bentuk ibadah. Ketika peneliti memanfaatkan ciptaan Allah seperti mikroorganisme untuk mengatasi masalah kesehatan, itu berarti peneliti sedang menjalankan perintah Allah untuk menjaga dan mengelola alam dengan bijak (Fahmi, 2011). Usaha ini menunjukkan bahwa manusia diberi amanah untuk memanfaatkan ilmu dan ciptaan Allah bukan sekadar untuk kepentingan pribadi, tetapi untuk memberi manfaat yang luas bagi kehidupan (Rachmat, 2014). Dengan demikian, aktivitas penelitian ini juga menjadi bagian dari ibadah karena dilakukan dengan niat yang baik, cara yang benar, dan tujuan yang mulia.

Tubuh yang terinfeksi bakteri patogen akan mengganggu kesehatan. Oleh karena itu, manusia sebagai *Ulul Albab* memiliki tanggung jawab untuk mencari solusi terhadap masalah tersebut. Hal ini menjadi dasar penelitian ini untuk menemukan agen antibakteri. Upaya ini merupakan penerapan dari konsep *mu'amalah ma'a an-Naas*, yakni berbuat baik dan bermanfaat bagi sesama manusia melalui penemuan solusi ilmiah yang aplikatif terhadap penyakit.

Penelitian ini juga mencerminkan penerapan konsep *mu'amalah ma'al-'Alam*, yaitu bagaimana manusia berinteraksi secara bijak dengan alam untuk mencari solusi atas masalah kehidupan. Dalam hal ini, bakteri asam laktat dimanfaatkan sebagai agen antibakteri alami untuk melawan bakteri patogen. Ini menunjukkan bahwa alam telah menyediakan penawar bagi setiap penyakit, sebagaimana sabda Rasulullah SAW, dan manusia sebagai *Ulul Albab* bertugas untuk menemukannya tanpa merusak keseimbangan yang telah ditetapkan Allah. Salah satu agen antibakteri yang ada di alam adalah bakteri asam laktat, seperti genus *Streptococcus*. Bakteri tersebut berfungsi

sebagai antibakteri yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* penyebab infeksi pada tubuh.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik morfologi bakteri asam laktat (BAL) yang diisolasi dari hasil fermentasi air cucian beras menunjukkan bahwa koloni berbentuk bulat, berwarna putih susu, dengan tepi rata dan permukaan cembung. Secara mikroskopis, isolat berbentuk kokus, Gram positif, tidak membentuk endospora, bersifat katalase negatif, serta bertipe fermentasi homofermentatif. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut tergolong dalam genus *Streptococcus*.
2. Isolat BAL hasil fermentasi air cucian beras memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*, dengan diameter zona hambat berkisar antara 3,64 mm hingga 5,51 mm. Aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* menunjukkan daya hambat lebih tinggi dibandingkan terhadap *S. mutans*, meskipun secara umum tergolong dalam kategori lemah hingga sedang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini masih bersifat awal dan terbatas pada identifikasi genus BAL secara morfologi dan biokimia. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan analisis molekuler (seperti PCR atau sequencing gen 16S rRNA) pada penelitian selanjutnya guna memastikan spesies bakteri secara lebih akurat.
2. Penelitian ini perlu ditingkatkan lagi pada tahap pemurnian dan karakterisasi terhadap 3 isolat bakteri asam laktat dari air cucian beras supaya menghasilkan zona hambat yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., La Mudi, R., Hidayat, N., Mentari, S. D., Daryono, D., & Prima, D. 2024. Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Rice Washing Water Waste. *International Journal of Science, Technology & Management*, 5(1), 184-191.
- Afriani, N., Yusmarini, Y., & Pato, U. (2017). Aktivitas antimikroba lactobacillus plantarum 1 yang diisolasi dari industri pengolahan pati sagu terhadap bakteri patogen *Escherichia coli* FNCC-19 dan *Staphylococcus aureus* FNCC-15 (Doctoral dissertation, Riau University). *JOM FAPERTA*. Vol. 4 No. 2
- Aini, N., Puspaningrum, Y., Khiftiyah, A. M., & Chusnah, M. 2023. Pengaruh Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum Frutescens*). *AGROSAINTIFIKA*, 5(2), 68-71.
- Amaliah, Z. Z. N., Bahri, S., & Amelia, P. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Limbah Cair Rendaman Kacang Kedelai. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 5(1): 253-257.
- Amin, S. S., Ghozali, Z., Rusdiana, M., & Efendi, S. (2023). Identifikasi Bakteri dari Telapak Tangan dengan Pewarnaan Gram Identification of Bacteria from Palms with Gram Stain. *CHEMVIRO: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*, 1(1).
- Andarilla, W., Sari, R., & Apridamayanti, P. 2018. Optimasi aktivitas bakteriosin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus casei* dari sotong kering. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 187-196.
- Andries, J. R., Gunawan, P. N., Supit, A. 2014. Uji Efek Antibakteri Ekstrak Bunga Cengkeh terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* secara In Vitro. *Jurnal e-Gigi* Volume 2 Nomor 2. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Apriyandi Ryan, Richa Mardianingrum, Susanti, S. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karies Gigi Pada Family Zingiberaceae Dan Myrtaceae Secara Sistematis Review. *Pharmacoscript*, 3.
- Ardiansyah, A., Putra, H., & Ramadhan, F. (2020). Potensi air kelapa sebagai media alternatif pertumbuhan bakteri probiotik. *Jurnal Sains Terapan*, 10(1), 34-41.
- Ardilla, Y. A., Anggreini, K. W., Puri, T., & Rahmani, D. 2022. Peran Bakteri Asam Laktat Indigen Genus *Lactobacillus* Pada Fermentasi Buah Durian (*Durio zibethinus*) Sebagai Bahan Pembuatan Tempoyak The Role of Indigenous Lactic Acid Bacteria Genus *Lactobacillus* in the Fermentation Process of Durian (*Durio zibethinu*). *Berkala Ilmiah Biologi*, 13(2), 42-52.
- Ariyanti, M., Suherman, C., Anjarsari, I. R. D., & Sartika, D. (2017). Respon Pertumbuhan Bibit Nilam Aceh (*Pogostemon cablin* benth.) Klon Sidikalang Pada Media Tanam Subsoil Dengan Pemberian Pati Beras dan Pupuk Hayati. *Jurnal Kultivasi*, 16(3), 394-401.
- Asfiya, N. A., Novalina, D., & Astuti, T. D. (2024). Potensi Dan Uji Stabilitas Ekstrak *Lawsonia Inermis* Sebagai Cat Penutup Pada Gram Staining Dengan Variasi Suhu: Potency and Stability Test of *Lawsonia inermis* Extract as Counterstain

- on Gram Staining with Temperature Variation. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 6(2), 540-546.
- Ash-Shiddieqy, Teungku M. Hasbi. 2000. *Tafsir Al-Qur'anul Majid An-Nuur*. Pustaka Rizki Putra. Semarang
- Asril, Muhammad., Mahyaruddin., Ika Agus Rini., A. Nurfitriani., Junairah., Nur Hidayah., Lisa Ainayal Fatiha., Widya Lestari & Senja Ikerismawati. 2024. *Bioteknologi Senyawa Antimikroba*. Meda: Yayasan Kita Menulis
- Astuti, D., Amalia, R., & Mulyani, I. (2021). Potensi Air Cucian Beras sebagai Media Pertumbuhan Mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 20(1), 12–19.
- Atmanto, Y. K. A. A., Asri, L. A., & Kadir, N. A. (2022). Media Pertumbuhan Kuman. *Jurnal Medika Hutama*, 4. 3069-3075.
- Aviany, H. B., & Pujiyanto, S. (2020). Analisis Efektivitas Probiotik di Dalam Produk Kecantikan sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Berkala Bioteknologi*. 3(2).
- Bashir, M. U., Khan, M. I., & Khan, M. A. (2020). Potential of Rice Washing Water as a Source of Lactic Acid Bacteria. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3979-3988.
- Bastian, S. (2018). Uji Aktivitas Antimikroba Dari Jamur Laut Yang Berasosiasi Dengan Spons *Callyspongia* sp. *PHARMACON*, 7(3).
- Bubonja-Sonje M, Giacometti J, Abram M. (2011). Antioxidant and Antilisterial Activity of Olive Oil, Cocoa and Rosemary Extract Polyphenols. *Food Chem*. 127:1821–7.
- Bubonja-Šonje, M., Knežević, S., & Abram, M. (2020). Challenges to Antimicrobial Susceptibility Testing of Plantderived Polyphenolic Compounds. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*. 71(4). 300-311.
- Carr, F.J., Chill, D. & Maida, N. 2002. The lactic acid bacteria: A literature survey. *Critical Reviews in Microbiology*, 28(4): 281–370.
- Cheng, X., Imai, T., Teeka, J., Yamaguchi, J., Hirose, M., Higuchi, T., & Sekine, M. (2011). Inactivation of *Escherichia coli* and bacteriophage T4 by high levels of dissolved CO₂. *Applied microbiology and biotechnology*, 90, 1493-1500.
- Chotiah, S., & Damayanti, R. (2018). Karakterisasi bakteri asam laktat kandidat probiotik untuk mengatasi salmonellosis pada ayam pedaging. *Buletin Plasma Nutfah*, 24(1), 89-96.
- Corry, J. E. L., Curtis, G. D. W., & Baird, R. M. (2003). Hektoen enteric (HE) agar. *Progress in Industrial Microbiology*, 37, 481-483.
- Cotter, P. D., Hill, C., & Ross, R. P. (2005). Bacteriocins: developing innate immunity for food. *Nature Reviews Microbiology*, 3(10), 777–788.
- Cotter, P.D. & Hill, C. 2003. Surviving The Acid Test: Responses of Gram-positive Bacteria to Low pH. *Microbiology Molecular Biology*. 67: 429-453.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial Problematika dan Pengendaliannya*. Jakarta: Salemba Medika
- Dhika, 2007. *Perbandingan Efek Antibakterial Berbagai Konsentrasi Ekstrak Etanol Daun Sirih (Piper betle L.) terhadap Streptococcus mutans*. Skripsi, Universitas Diponegoro.

- Dwijendra, I. M. 2014. *Aktivitas Antibakteri dan Karakterisasi Senyawa Fraksi Spons Lamellogysidea herbacea yang Diperoleh dari Teluk Manado* [skripsi]. Program Studi Farmasi FMIPA Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Elifah, E. (2010). Uji Antibakteri Fraksi Aktif Ekstrak Methanol Dauk Sanggani (melastoma candidum, D.Don) Terhadap Escherichia coli Dan Bacillus subtilis Serta Profil Kromatografi Lapis Tipisnya. *Skripsi*. FMIPA UNS. Surakarta
- Etebu E, Ariekpar I. (2016). Antibiotics: Classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives. *Int J Appl Microbiol Biotechnol Res*. 4:90-101.
- Fachrial, E. (2022). *Pengantar Teknik Laboratorium Mikrobiologi dan Pengenalan Bakteri Asam Laktat*. Publish Buku Unpri Press ISBN, 1-78.
- Fahmi, Z. (2011). *Filsafat Ilmu dalam Perspektif Islam*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Fatmawati, Dwi warna. 2011. Hubungan biofilm Streptococcus mutans terhadap Resiko terjadinya Karies Gigi. *Stomatognatic (J.K.G. Unej)*, Vol.8, No.3, 2011.
- Gerung, W. H. P., Fatimawali, F., & Antasionasti, I. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Belimbing Botol (Averrhoa bilimbi L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Propionibacterium acne Penyebab Jerawat. *Pharmacon*, 10(4), 1087-1093.
- Gil, N. C., Daclag, J. G., & Gil, A. G. C. (2015). Growth pattern of lactic acid bacteria in probiotic rice washed water. *Journal of Science, Engineering and Technology (JSET)*, 3(1), 126-138
- Giyatno, D. C., & Retnaningrum, E. (2020). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Eksopolikarida Dari Buah Kersen (*Muntingia Calabura L.*). *Jurnal Sains Dasar*. 9 (2), 42-49
- Gunawan, S., Kusnadi, J., & Pambudi, R. (2019). Pengaruh perlakuan perebusan terhadap kandungan sianida pada air rebusan singkong. *Jurnal Teknologi Pangan*, 3(2), 65–72.
- Hairunissa, R. F. (2019). Identifikasi Bakteri Asam Laktat (BAL) Penghasil Bakteriosin dari Makanan Botok Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis C*) Khas Kalimantan Barat yang memiliki Aktivitas terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1), 1-8.
- Hamidah, M. N., Rianingsih, L., & Romadhon, R. (2019). Aktivitas antibakteri isolat bakteri asam laktat dari peda dengan jenis ikan berbeda terhadap E. coli dan S. aureus. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*, 1(2), 11-21.
- Harahap, S. S., Ridwanto, R., Daulay, A. S., & Rahayu, Y. P. (2024). Iolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Bakteri Asam Laktat Pada Minuman Classic Enzyme Berbagai Macam Buah Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(3), 5647-5657.
- Harti, A. S., (2015). *Mikrobiologi Kesehatan; Peranmikrobiologi Dalam Bidang Kesehatan*. Yogyakarta: Andi.
- Hasbi, N., Rosyunita, R., Rahim, A. R., Parwata, W. S. S., Ayunda, R. D., Farras, A., & Billah, M. A. (2024). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Asal Feses Bayi Secara Fenotipik. *Prosiding SAINTEK*, 6, 101-109.

- Heng, N. C. K., Wescombe, P. A., Burton, J. P., Jack, R. W., & Tagg, J. R. (2007). The diversity of bacteriocins in Gram-positive bacteria. *In Bacteriocins* (pp. 45–92). Springer.
- Herlina. 2023. *Bakteriologi Untuk Mahasiswa Kesehatan*. Sulawesi Selatan: PT. Masagena Mandiri Medica
- Hidayati, S. N. (2016). 7. Pertumbuhan *Escherichia Coli* Yang Diisolasi Dari Feses Anak Ayam Broiler Terhadap Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum* [Wight.] Walp.) *Jurnal Medika Veterinaria*, 10(2).
- Holt, J. G. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Ed.*. Philadelphia: A Wolters Kluwer Company.
- Hudzicki, J. (2009). Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol. *American Society for Microbiology*. 15. 55-63.
- Hwanhlem, N., Buradaleng, S., Wattanachant, S., Benjakul, S., Tani, A., & Maneerat, S. (2011). Isolation and screening of lactic acid bacteria from Thai traditional fermented fish (Plaa-som). *Process Biochemistry*, 46(1), 298–302.
- Ibnu Katsir, Ismail bin Umar. (2000). *Tafsir Al-Qur'an al-'Azhim* (Terj. M. Abdul Ghoffar E.M., Jilid 2). Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'
- Ikeda, D.M., Weinert E., Chang K.C., McGinn J.M., Miller S.A., Kelihoomal, C. and DuPonte, M.W., 2013. Natural farming: lactic acid bacteria. *Sustain Agric* 8, pp.3-4.
- Indrayati, S., & Nur, Y. M. (2025). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat Dari Feses Luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*). *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 10(1), 118-125.
- Ismail, D. (2012). *Uji Bakteri Escherichia coli pada Minuman Susu Kedelai Bermerek dan Tanpa merek di Kota Surakarta*. Naskah Publikasi, Fakultas Kedokteran. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ismail, Y. S., Yulvizar, C. and Mazhitov, B. (2018) 'Characterization of lactic acid bacteria from local cows milk kefir', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 130 (1)
- Istini, I. 2020. Pemanfaatan Plastik Polipropilen Standing Pouch Sebagai Salah Satu Kemasan Sterilisasi Peralatan Laboratorium. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(3), 41-46.
- Jufri, R. F. (2020). Microbial isolation. *Journal La Lifesci*, 1(1), 18-23.
- Kantari, W. W. (2024). Karaterisasi Biokimia Kandidat Bakteri Endofit Dari Alga Hijau (*Ulva lactuca*) Sebagai Bioprospeksi Agen Pengendalian Hayati. *BIOMARAS: Journal of Life Science and Technology*, 2(2), 63-74.
- Karim, H., Sahribulan., Muhammad Junda., & Norna. 2023. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Potensial Pendegradasi Isopropilamina Glifosat dari Lahan Budidaya Bawang Merah di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Sainsmat*, 7(2), 178-191
- Kasi, P. D., Ariandi, & Mutmainnah, H. (2017). Uji Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi dari Limbah Cair Sagu terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Biotropika*. 5(3): 97–101.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. (2010). *Al-Qur'an dan Terjemahannya serta Tafsir Singkat Kementerian Agama RI*. Jakarta: Kementerian Agama RI.

- Kementerian Agama RI. 2011. Al-Qur'an dan Tafsirnya Jilid I. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Kementerian Agama RI. 2011. Al-Qur'an dan Tafsirnya Jilid II. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Khikmah, N. (2015). Uji Antibakteri Susu Fermentasi Komersial Pada Bakteri Patogen. *Jurnal Penelitian Sainstek*. 20 (1) : 45-52.
- King T, Dykes G, Kristianti R. (2008). Comparative Evaluation of Methods Commonly Used to Determine Antimicrobial Susceptibility to Plant Extracts and Phenolic Compounds. *JAOAC Int*. 91:1423–9.
- Kolopita, P. S., Hariyadi, H., Sambou, C. N., & Tulandi, S. S. 2022. Uji Aktivitas Antibakteri Kulit Batang Alpukat (*Persea americana* Mill) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Majalah Info Sains*, 3(1), 19-26.
- Komara, D., Turnip, M., & Kurniatuhadi, R. (2022). Potensi Uji Daya Hambat Bakteri Asam Laktat Isolat *Lactobacillus* sp.(KG61) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Agroprimatech*, 6(2), 25-31.
- Kriswandini, I., Amiati, D., Puspitasari, Y., & Firdaus, M. (2024). Komunikasi Molekuler pada Pembentukan Biofilm *Streptococcus mutans*: Article Review. *Bhakta Dental Journal*, 2(02), 13-21.
- Kurnia, M., Amir, H., & Handayani, D. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Dari Makanan Tradisional Suku Rejang Di Provinsi Bengkulu:“Lemea”. *Alotrop*, 4(1).
- Kusuma, S. (2009). *Staphylococcus aureus*. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Kusumo, R. A. 2019. Pengaruh Volume dan Frekuensi Pemberian Air Cucian Beras Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell.) Klon GT 1. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. Vol. 6 No. 2 Bulan September Tahun 2018. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7(1), 9–15.
- Kuswiyanto. 2015. *Bakteriologi 1: Buku Ajar Analisis Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Laila, W., Indrayati, S., Zaunit, M. M., & Harleni, H. (2024). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat dari Biji Kakao Sisa Pencernaan Musang Sebagai Kandidat Probiotik. *Jurnal Kesehatan Perintis*, 11(2), 120-127.
- Lalla, Millawati. 2022. *Panen Kembang Kol dari Air Cucian Beras dan Kulit Bawang Merah*. Yogyakarta: CV Bintang Semesta Media
- Leboffe, M.J. & Pierce, B.E. 2016. *Microbiology: Laboratory Theory and Application*. Edisi ke-4. Morton Publishing Company.
- Lestari, P. B., & Hartati, T. W. (2017). *Mikrobiologi Berbasis Inkuiry*. Penerbit Gunung Samudera [Grup Penerbit PT Book Mart Indonesia].
- Liu, W., Pang, H., Zhang, H., & Cai, Y. 2014. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in traditional fermented vegetables. *Food Control*, 42, 1–6.
- Magani, A. K., Tallei, T. E., & Kolondam, B. J. 2020. Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7-12.
- Maharani, P. A. (2023). Pemanfaatan kandungan gizi pada air beras untuk pertumbuhan cabai. *Jurnal Ilmu Gizi: Journal of Nutrition Science*, 12(1), 35-38.

- Manalu, A. I., & Pardosi, L. Isolasi Bakteri Asam Laktat dari Fermentasi Air Cucian Beras Merah dan Uji Antibakteri Terhadap *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 2(2),17-24
- Martani, N. S. 2020. *merA Echerichia Coli (Efek Resisten Merkuri Terhadap Resistensi Antibiotik)*. Media Sains Indonesia.
- Masykuroh, A., & Puspasari, H. (2022). Aktivitas Anti Bakteri Nano Partikel Perak (Npp) Hasil Biosintesis Menggunakan Ekstrak Keladi Sarawak *Alocasia Macrorrhizost* terhadap *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli*. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 7(1), 76-85.
- Matuschek E, Brown DF, Kahlmeter G. (2014). Development of the EUCAST Disk Diffusion Antimicrobial Susceptibility Testing Method and its Implementation In Routine Microbiology Laboratories. *Clin Microbiol Infect*. 20:0255–66.
- Mayang A.S, N., Maududi, A., & Khanifah, F. (2018). Identifikasi Jumlah Bakteri *Escherichia Coli* Pada Minuman Es Teh Yang Dijual Di Dusun Candimulyo Jombang. *Jurnal Insan Cendekia*, 4(2), 64–70.
- Medaando, M., Rahmawati, R., & Turnip, M. (2024). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Berdasarkan Kemiripan Fenotipik dari Kulit Nanas Varietas Queen di Kalimantan Barat yang Difermentasi secara Alami. *Life Science*, 13(1), 22-34.
- Mende, P. S., Pelealu, J., & Kolondam, B. (2019). Identifikasi Molekuler Bakteri Dalam Feses Kucing (*Felis domestica*) Yang Ditumbuhkan Pada De Mann Rogosa Sharpe Agar (MRSA). *PHARMACON*, 8(1), 73-78.
- Misgiyarta dan Widowati, S. (2007) ‘Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) Indigenus’, *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman*, 24 (4)
- Murray, P. R., Baron, E. J., Jorgensen, J. H., Landry, M. L., & Pfaller, M. A. (2007). *Manual of Clinical Microbiology*. Ed. 9th.
- Muzaifa, M. (2014). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Indigenus dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* l.). *Jurnal Sagu*. 13(1): 8-13.
- Nadia, A. B., Jannah, S. N., & Purwantisari, S. (2020). Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from *Apis mellifera* Stomach and their Potential as Antibacterial using in Vitro Test Against Growth of *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhimurium*. *NICHE Journal of Tropical Biology*. 3(1). 35-44.
- Nero, L. A., de Freitas, C. F., Carvalho, L. M. V. F., & Constantino, C. (2020). 3M Petrifilm lactic acid bacteria count plate is a reliable tool for enumerating lactic acid bacteria in Bacon. *Journal of Food Protection*, 83(10), 1757-1763.
- Ngajow, M., Abidjulu, J., & Kamu, V. S. (2013). Pengaruh Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Matoa (*Pometia pinnata*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* secara In Vitro. *Jurnal MIPA*. 2(2): 128-132.
- Nikham dan Taty E.B. 2012. Uji Baku Antibakteri dari Buah Mahkota Dewa (*Phaleria Macrocarpa* (SCHEFF) Boerl.) Hasil Iradasi Gamma dan Antibiotik Terhadap Bakteri Patogen. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*. Serpong, pp. 168-174.

- Ningsih, N. P., Sari, R., & Apridamayanti, P. (2018). Optimasi aktivitas bakteriosin yang dihasilkan oleh *Lactobacillus brevis* dari es pisang ijo. *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*, 233-242.
- Novianto, E. D., Pradipta, M. S. I., Suwasdi, S., Mursilati, M., & Purnomo, S. B. (2020). Pemanfaatan limbah agroindustri kacang tanah sebagai media pertumbuhan mikrobia probiotik *Lactobacillus bulgaricus*. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(1), 35-41.
- Nugraha, A. (2008). *Pengaruh Lama Waktu Perendaman Gigi Tiruan Akrilik dalam Larutan Daun Sirih (Piper betle Linn) terhadap Jumlah Koloni Streptococcus mutans*. Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nurdiansyah, S. I., Sofiana, M. S., Trianasta, M., & Hidayat, M. (2021). Antibacterial Activity of *Caulerpa Racemosa* Endophytic Fungi from Lemukutan Island Waters. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*. 7(2). 38-43.
- Nurhayati, B. S. L. J., HD Kusumaningrum, & S. Widowati. (2011). Identifikasi Fenotipik dan Genotipik Bakteri Asam Laktat Asal Fermentasi Spontan Pisang var. Agung Semeru (*Musa paradisiaca formatypica*). *Jurnal Ilmu Dasar*. 12(2): 210-225.
- Nurhayati, E., Salim, M., Syari, J. P., & Irine, R. 2022. Cemaran Mikroba padaSuh Dingin dalam Kulkas Rumah Tangga. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 8(1), 59-63.
- Ouwehand, A. C., & Salminen, S. (2004). "Functional food: The role of probiotics." *International Dairy Journal*, 14(3), 239-246.
- Paliling, A., Posangi, J., & Anindita, P. S. (2016). Uji Daya Hambat Ekstrak Bunga Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) terhadap Bakteri *Porphyromonas gingivalis*. *e-GiGi*. 4(2): 229-234.
- Pamaya, D., Muchlissin, S. I., Maharani, E. T. W., Darmawati, S., & Ethica, S. N. (2018). Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease *Bacillus Amyloliquefaciens* Irod2 Pada Oncom Merah Pasca Fermentasi 48 Jam. *In Prosiding Seminar Nasional & Internasional*. 1(1).
- Papalangi, K. M. (2023). Pengaruh Perbedaan Variasi Waktu Rendaman Daun Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L.*) Sebagai Alternatif Pewarna Pengganti Safranin Pada Pemeriksaan Bakteri *Escherichia coli* (Doctoral dissertation, Politeknik'Aisyiyah Pontianak).
- Paulina, M., Lumbantoruan, S. M., & Septiani, A. 2020. Potensi Pemanfaatan Limbah Air Cucian Beras Pada Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*). *Jurnal Agroteknologi Dan Pertanian (JURAGAN)*, 1(1), 17-24.
- Prastujati, A. U., Hilmi, M., Khusna, A., Arief, I. I., Makmur, S., & Maulida, Q. (2022). Isolation and Identification of Lactic Acid Bacteria of Bekamal (Banyuwangi Traditional Fermented Meat). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1020 (1).
- Putri, A. L., & Kusdiyantini, E. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*, 1(2), 6-12.
- Putri, D. A., Rahmah, F., & Lestari, E. (2022). Limbah sayuran sebagai substrat alternatif pertumbuhan mikroorganisme probiotik. *Jurnal Ilmu Lingkungan dan Pertanian*, 8(2), 52-58.

- Rachmat, J. (2014). *Integrasi Ilmu dan Agama dalam Pendidikan Islam*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Radji, M., 2011, *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*, 107, 118, 201-207, 295, Jakarta, Buku Kedokteran EGC.
- Rahmadani, Ayu., Budiyono., Suhartono. 2017. Gambaran Keberadaan Bakteri *Staphylococcus aureus*, Kondisi Lingkungan Fisik, dan Angka Lempeng Total di Udara Ruang Rawat Inap RSUD Prof. DR. M.A Hanafiah SM Batusangkar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 493.wang
- Rahmadi, A. (2019). *Bakteri Asam Laktat dan Mandai Cempedak*. Samarinda: Mulawarman University Press
- Rahmiati, R., & Simanjuntak, H. A. (2019). Kemampuan Bakteri Asam Laktat Dalam Menghambat *Salmonella thypii*. *Jurnal Jeumpa*, 6(2), 257-264.
- Ramadhanti, N., melia, S., hellyward, J., & purwati, E. (2021). Characteristics of Lactic Acid Bacteria Isolated from Palm Sugar from West Sumatra, Indonesia and their Potential as a Probiotic. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(5).
- Ridwan, Asriyani. 2024. *Pengantar Mikrobiologi*. Gorontalo: Penerbit CV. Eureka MEDIA AKSARA
- Rumaisha, R., Aldrat, H., & Betha, O. S. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Kefir Susu Kambing Saanen (*Capra aegagrus Hircus*). *Pharmaceutical and Biomedical Sciences Journal (PBSJ)*, 2(2), 79-86.
- Sablon, E., Contreras, B. & Vandamme, E. (2000). Antimicrobial Peptides of Lactic Acid Bacteria : Mode of Action, Genetics, and Biosynthesis. In:
- Salminen, & A Von, W. 2004. *Lactic Acid Bacteria. Microbiology and Functional Aspects*. (2nd ed.). Marcell Dekker Inc.
- Sasmita, A. H., Sapriati, A. N., & Kursia, S. 2018. Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari liur basa (limbah sayur bayam dan sawi). *As-Syifaa*, 10(2), 141-151.
- Scheved, F., A. Lalazar, & Y. Hens. (1993). Purification, Partial, Characterization, and Plasmids Linkage of *Pediococcins* SJ1, a *Bacteriocins* Produced by *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Applied Environmental Microbiology*. 76(1).
- Shihab, M. Quraish. (2004). *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an* (Jilid 14). Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian AlQur'an*. Lentera Hati. Jakarta.
- Sitepu, R., Timur, S. Y. W., & Rollando, R. (2021). Identifikasi Genetik *Lactobacillus* Dalam Fermentasi Air Cucian Beras Dengan PCR (Polymerase Chain Reaction). *Sophia*, 18(2).
- Soedarto. 2015. *Mikrobiologi Kedokteran*. Surabaya : CV. Sagung Seto.
- Subagiyo, S., Margino, S., Triyanto, T., Nuraini, R. A. T., Setyati, W. A., & Pramesti, R. (2016). Metode Sederhana dan Cepat untuk Skrining Bakteri Asam Laktat Penghasil Bakteriosin (Antimicrobial Peptide) dari Intestinum Ikan dan Udang. *Buletin Oseanografi Marina*. 5(2). 97-100.

- Sugata, M., Meiryanti, L., Ferren, C., & Tan, T. T., 2024. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Susu Sapi di Indonesia. *Jurnal Biologi Udayana*. 28 (1). 19-28
- Suphandi, M., Sugata, M., & Tan, T. J. (2023). Aktivitas Antimikroba Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi dari Susu Sapi di Indonesia. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 1-9.
- Surbakti, F., & Hasanah, U. (2019). Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat pada Acar Ketimun (*Cucumis sativus* L.) sebagai Agensi Probiotik. *Jurnal Teknologi Pangan dan Kesehatan (The Journal of Food Technology and Health)*, 1(1), 31-37.
- Suriawiria, U. (1996). *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Air Buangan Secara Biologis*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Surjowardojo, Puguh., Susilorini, Tri Eko., Sirait, Gabriel Ruth Batsyeba. 2015. Daya Hambat Dekok Kulit Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill.) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas* sp. Penyebab Mastitis Pada Sapi Perah. *J. Ternak Tropika*. Vol. 16, No.2: 40-48
- Susanti, M., Khalimatusa'diah, S., & Rasyid, A. (2022). Pemanfaatan Variasi Sumber Karbohidrat Dari Palawija Sebagai Alternatif Media Sintetik Untuk Pertumbuhan Bakteri. *BIO EDUCATIO: (The Journal of Science and Biology Education)*, 7(2).
- Susilawati, S. (2016). *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Fermentasi Air Cucian Beras*. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta
- Syahfridawani, Juanda, Maimunah Siregar, & Tharmizi Hakim. 2024. *Budidaya Sawi Hijau Secara Organik*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- Syukur, S. 2012. *Bioteknologi Dasar Dan Bakteri Asam Laktat Antimikrobia*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknolgi dan Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Tamang, J. P., Watanabe, K., & Holzapfel, W. H. (2016). Review: Diversity of Microorganisms in Global Fermented Foods and Beverages. *Frontiers in Microbiology*, 7, 377.
- Tomi, Maimunah Siregar & Tri Yaninta Ginting. 2024. *Bertanam Kacang Panjang (Vina Sinensis L.) Dengan Limbah Organik*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Trisno, K., Tono, K. P., & Suarjana, I. G. K. (2019). Isolasi dan indentifikasi bakteri *Escherichia coli* dari udara pada rumah potong unggas swasta di Kota Denpasar. *Indonesia Medicus Veterinus*, 8(5), 685-694.
- Tzeng, Y. H., et al. (2020). The Role of Lactic Acid Bacteria in Food Safety. *Food Control*, 112, 107-115.
- Utama, C. S., Zuprizal, Z., Hanim, C., & Wihandoyo, W. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat selulolitik yang berasal dari jus kubis terfermentasi. *Jurnal aplikasi teknologi pangan*, 7(1).
- Valgas, C., Souza, S. M. D., Smania, E. F. A. and Artu, S. 2007. Screening Methods to Determine Antibacterial Activity of Natural Products. *Brazilian Journal of Microbiology*. 38, p. 369-380.
- Waluyo, Lud. (2004). *Mikrobiologi Umum*. Malang: UMM Press.

- Watanabe, M., Makino, M., Kaku, N., Koyama, M., Nakamura, K. and Sasano, K., 2013. Fermentative L-(+)-lactic acid production from non-sterilized rice washing drainage containing rice bran by a newly isolated lactic acid bacteria without any additions of nutrients. *Journal of bioscience and bioengineering*, 115(4), pp.449-452.
- Yang, E., *et al.* (2012). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in fermented vegetables. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32(3), 329–336.
- Yanis, I. F., Alamsjah, F., Agustien, A., & Maideliza, T. (2020). Potensi antibakteri dari ekstrak segar daun kersen (*Muntingia calabura* L.) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Shigella dysenteriae*. *J Biol Universitas Andalas*, 8, 14-19.
- Yuliana, A., & Azhar, M. (2022). Isolasi dan identifikasi molekuler bakteri asam laktat pada dadih dengan menggunakan gen 16S rRNA. *Ilmu Pengetahuan Alam*, 8 (1), 72-78.
- Nurhidayat N.& Yulinery T. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri *Lactobacillus plantarum* Terseleksi dari Buah Markisa (*Passiflora edulis*) dan Kaitannya dengan Gen *plantarisin A (plnA)*. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiv Indonesia*. 1 (2) : 273.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan Karakteristik Makroskopis Isolat BAL dari Air Cucian Beras

Isolat	Morfologi Koloni				
	Bentuk	Warna	Tepi	Elevasi	Diameter (mm)
AL 1	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1,20
AL 2	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1,45
AL 3	Bulat	Putih susu (krem)	Rata	Cembung	1,30

Lampiran 2. Data Hasil Pengamatan Karakteristik Mikroskopis Isolat BAL dari Air Cucian Beras

Isolat	Hasil Pengamatan				
	Bentuk sel	Pewarnaan Gram	Uji Endospora	Uji Katalase	Uji Tipe Fermentasi
AL 1	Bulat	Positif (+)	Negatif (-)	Negatif (-)	Homofermentatif
AL 2	Bulat	Positif (+)	Negatif (-)	Negatif (-)	Homofermentatif
AL 3	Bulat	Positif (+)	Negatif (-)	Negatif (-)	Homofermentatif

Lampiran 3. Gambar Hasil Isolasi dan Pemurnian BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras



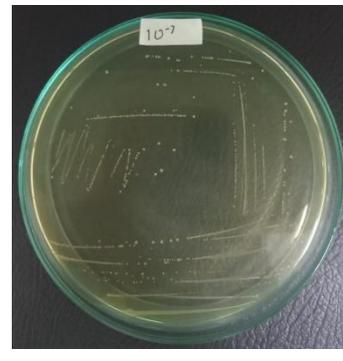
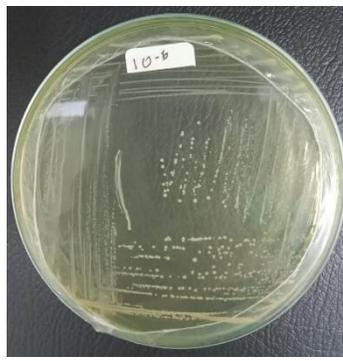
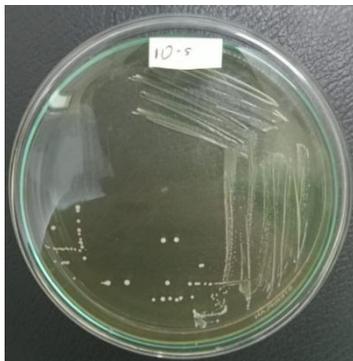
Isolat pengenceran 10^{-5}



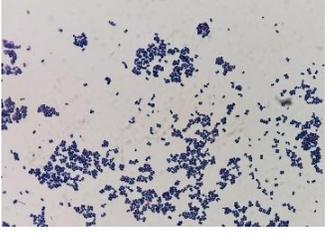
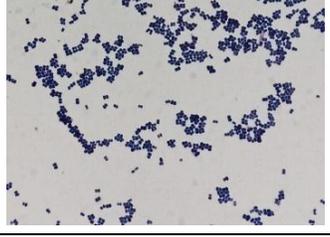
Isolat pengenceran 10^{-6}



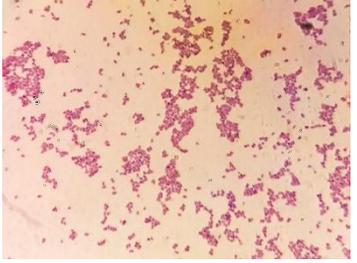
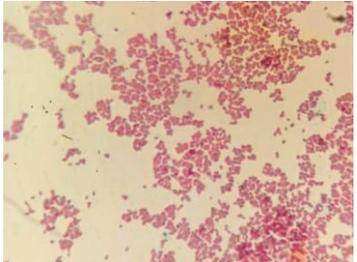
Isolat pengenceran 10^{-7}



Lampiran 4. Gambar Hasil Pewarnaan Gram Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras

Kode Isolat	Gambar	Gram	Bentuk Sel
AL 1		Positif (+)	Bulat
AL 2		Positif (+)	Bulat
AL 3		Positif (+)	Bulat

Lampiran 5. Gambar Hasil Pewarnaan Endospora Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras

Kode Isolat	Gambar	Endospora
AL 1		Negatif (-)
AL 2		Negatif (-)
AL 3		Negatif (-)

Lampiran 6. Gambar Hasil Uji Katalase Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras

Kode Isolat	Gambar	Uji Katalase
AL 1	 A photograph of a petri dish containing a bacterial culture. A small, clear, circular droplet of liquid is visible on the surface of the agar. To the left of the droplet, there is a small white label with the handwritten text 'AL 1'.	Negatif (-)
AL 2	 A photograph of a petri dish containing a bacterial culture. A small, clear, circular droplet of liquid is visible on the surface of the agar. To the left of the droplet, there is a small white label with the handwritten text 'AL 2'.	Negatif (-)
AL 3	 A photograph of a petri dish containing a bacterial culture. A small, clear, circular droplet of liquid is visible on the surface of the agar. To the left of the droplet, there is a small white label with the handwritten text 'AL 3'.	Negatif (-)

Lampiran 7. Gambar Hasil Uji Tipe Fermentasi Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras

Kode Isolat	Gambar	Tipe Fermentasi
AL 1		Homofermentatif (-)
AL 2		Homofermentatif (-)
AL 3		Homofermentatif (-)

Lampiran 8. Data Hasil Pengukuran Zona Hambat Isolat BAL dari Fermentasi Air Cucian Beras sebagai Antibakteri *Escherichia coli* & *Streptococcus mutans*

a. Hasil Pengukuran Zona Hambat *Escherichia coli*

Kode Isolat	Ulangan	Hasil Zona Bening		Rata-rata (mm)	Hasil (mm)	Kategori Zona Hambat
		H	V			
AL 1	1	10,42	10,46	10,44	4,44	Lemah
	2	10,22	10,20	10,21	4,21	Lemah
AL 2	1	11,40	11,46	11,43	5,43	Sedang
	2	11,52	11,50	11,51	5,51	Sedang
AL 3	1	10,90	10,92	10,91	4,91	Lemah
	2	10,94	10,98	10,96	4,96	Lemah
K (-)	1	0	0	0	0	Tidak ada
	2	0	0	0	0	Tidak ada
K (+)	1	20,36	20,40	20,38	14,38	Kuat
	2	20,80	20,82	20,81	14,81	Kuat

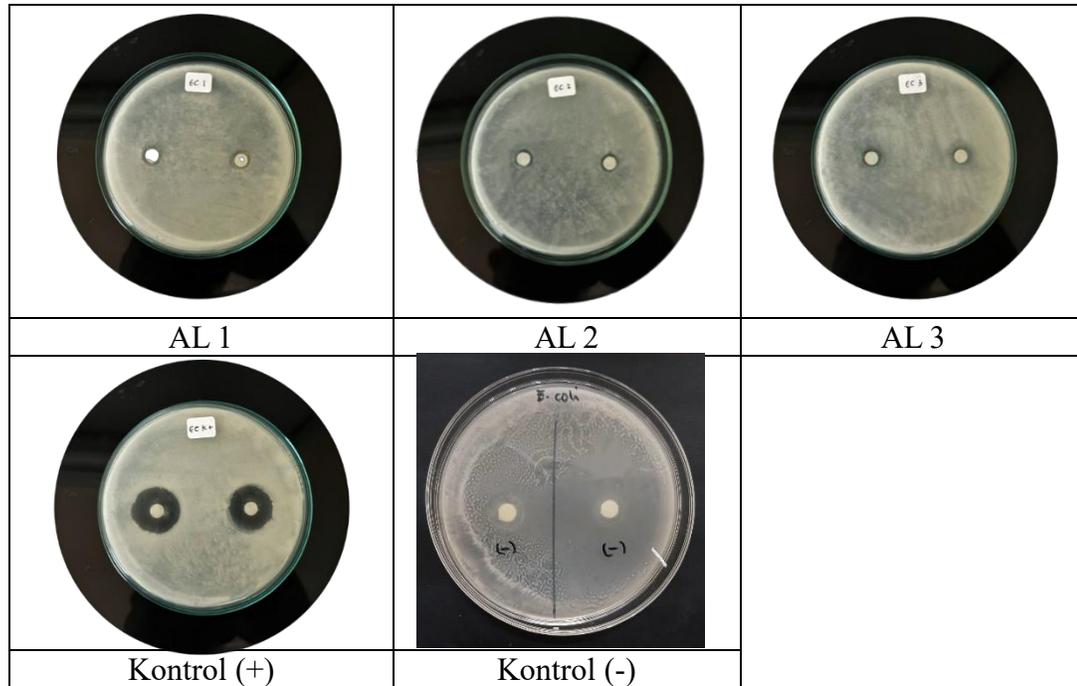
a. Hasil Pengukuran Zona Hambat *Streptococcus mutans*

Kode Isolat	Ulangan	Hasil Zona Bening		Rata-rata (mm)	Hasil (mm)	Kategori Zona Hambat
		H	V			
AL 1	1	9,92	9,88	9,90	3,90	Lemah
	2	9,84	9,82	9,83	3,83	Lemah
AL 2	1	9,72	9,68	9,70	3,70	Lemah
	2	9,70	9,70	9,70	3,70	Lemah
AL 3	1	9,62	9,66	9,64	3,64	Lemah
	2	9,70	9,70	9,70	3,70	Lemah
K (-)	1	0	0	0	0	Tidak ada
	2	0	0	0	0	Tidak ada
K (+)	1	23,86	23,76	23,81	17,81	Kuat
	2	24,60	23,14	23,87	17,87	Kuat

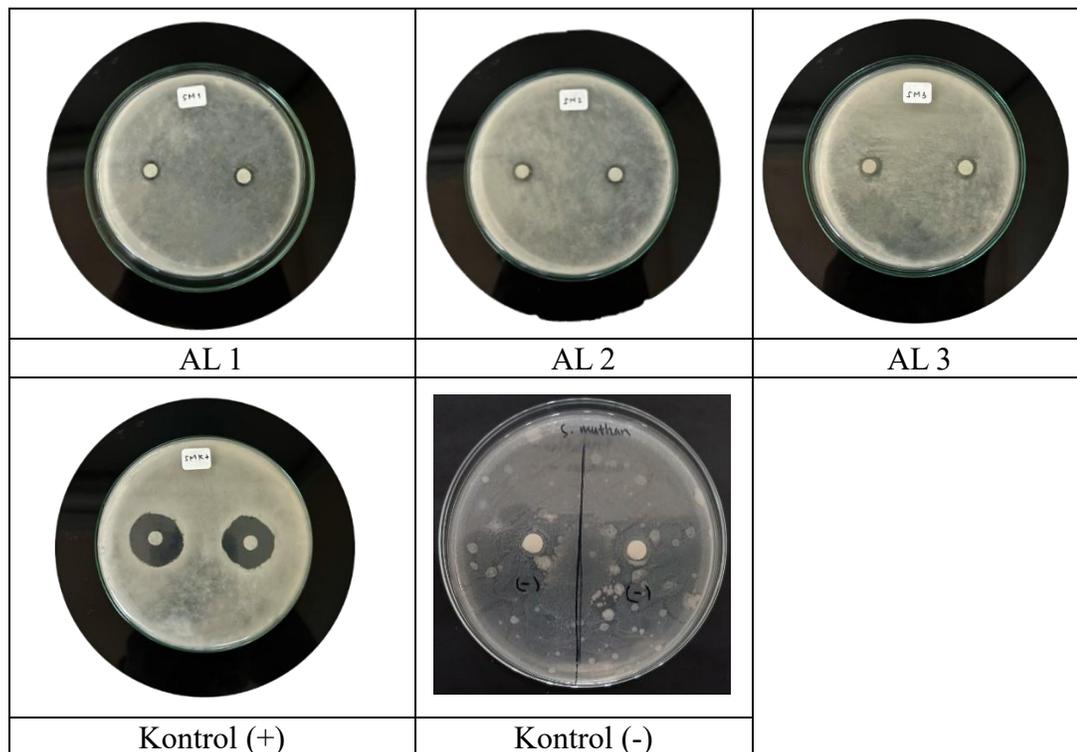
Keterangan: K-: Aquades steril, K+: Streptomycin, H: Horizontal, V: Vertikal

Lampiran 9. Gambar Hasil Uji Aktivitas Antibakteri BAL dari Fermentasi Air Cuci Beras terhadap bakteri *E. coli* dan *S. mutans*

a. *Escherichia coli*

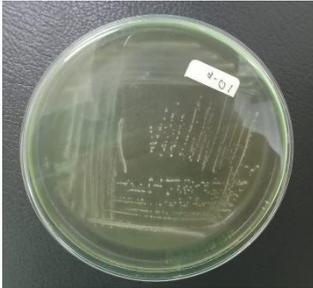
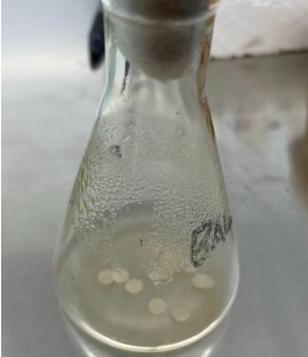


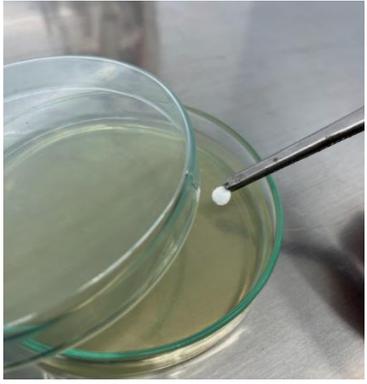
b. *Streptococcus mutans*



Lampiran 10. Dokumentasi Penelitian

	
<p>Sterilisasi Alat</p>	<p>Mencuci Beras</p>
	
<p>Memasukkan Air Cucian Beras ke dalam Botol</p>	<p>Fermentasi Air Cucian Beras 3 hari</p>
	
<p>Menimbang Media</p>	<p>Memanaskan Media</p>

	
<p>Hasil Isolasi BAL (Makroskopis)</p>	<p>Hasil Pemurnian BAL</p>
	
<p>Pewarnaan Gram (Mikroskopis)</p>	<p>Pewarnaan Endospora (Mikroskopis)</p>
	
<p>Hasil Uji Katalase</p>	<p>Hasil Uji Tipe Fermentasi</p>
	
<p>Membuat Suspensi bakteri uji & BAL</p>	<p>Merendam kertas cakram ke dalam suspensi BAL</p>

	
<p>Menginokulasi bakteri uji di atas media NA</p>	<p>Meletakkan kertas cakram di atas media NA yang sudah diinokulasikan bakteri uji</p>
	
<p>Diinkubasi selama 24 jam</p>	<p>Destruksi</p>



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Uswatun Hasanah
NIM : 210602110038
Judul : Potensi Bakteri Asam Laktat dari fermentasi Air Cucian Beras sebagai Agen Antibakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans*

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	28%	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		



Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi


Prof. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018 200312 2 002



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210602110038
Nama : USWATUN HASANAH
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : BIOLOGI
Dosen Pembimbing 1 : PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc
Dosen Pembimbing 2 : MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : POTENSI BAKTERI ASAM LAKTAT DARI AIR CUCIAN BERAS SEBAGAI ANTIBAKTERI *Escherichia coli*

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	22 Agustus 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Konsultasi judul	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	02 Oktober 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Bimbingan Bab 3	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	14 November 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Bimbingan Bab 1,2 & 3	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	29 November 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Konsultasi integrasi Al-Qur'an	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	03 Desember 2024	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Bimbingan revisi Bab 1,2 dan 3 dan ACC untuk mengajukan proposal skripsi	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	05 Desember 2024	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisian integrasi Al-Qur'an Bab 1 dan 2	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	28 Mei 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Bimbingan integrasi Al-Qur'an Bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
8	28 Mei 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Bimbingan Bab 1-4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
9	02 Juni 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi Integrasi Al-Qur'an Bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
10	02 Juni 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Revisi naskah skripsi Bab 1-4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
11	03 Juni 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	Bimbingan hasil revisian naskah skripsi Bab 1-4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
12	04 Juni 2025	PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc	ACC naskah skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
13	04 Juni 2025	MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si	Revisi dan ACC Integrasi agama Bab 4	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

MUHAMMAD ASMUNI HASYIM, M.Si



Malang,

Dosen Pembimbing 1

PRILYA DEWI FITRIASARI,M.Sc