



**ANALISIS AKTIVITAS AUTOAGREGASI, HIDROFOBISITAS
DAN ADHESI PADA ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT
ASAL RUMEN SEBAGAI KANDIDAT PROBIOTIK**

SKRIPSI

Oleh

**Missy Robiatus Silviana
221510102036**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI PETERNAKAN
JEMBER
2026**



**ANALISIS AKTIVITAS AUTOAGREGASI, HIDROFOBISITAS
DAN ADHESI PADA ISOLAT BAKTERI ASAM LAKTAT
ASAL RUMEN SEBAGAI KANDIDAT PROBIOTIK**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
program studi Peternakan*

SKRIPSI

Oleh

**Missy Robiatus Silviana
221510102036**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI PETERNAKAN
JEMBER
2026**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, kelapangan dada, dan ridho-Nya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat ditulis dengan baik dan lancar. Karya sederhana ini penulis persembahkan dengan penuh kerendahan hati sebagai wujud rasa terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, ayah Mulyadi yang telah hadir dan mendidik putri pertamanya menjadi pribadi yang tangguh. Terimakasih atas segala dukungan dan peran seorang ayah yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu merasakan pengalaman menempuh pendidikan setinggi ini. Untuk ibunda tercinta ibu Siti Marfuah yang senantiasa memanjatkan doa terbaik untuk putri pertamanya tanpa mengenal kata jenuh dan lelah. Terimakasih sudah mendukung segala keputusan penulis dan memberikan rasa cukup kepada penulis. Ayah dan Ibu, perjalanan kita sebagai satu keluarga yang utuh memang tidak mudah namun penulis berterimakasih karena sudah bertahan sampai detik ini. Maafkan putri sulungmu ini yang belum bisa membanggakan kalian. Semoga kita bisa tetap bersama.
2. Saudara dan saudari penulis, Alvin Zaky Aditya dan Vissy Qurota Ayun. Terimakasih sudah hadir memberikan tawa, kasih, dan sayang kepada penulis. Kehadiran kalian adalah anugrah yang tidak pernah penulis sangka selama 23 tahun menjalani hidup ini.
3. Ibu Ir. Himmatul Khasanah, S. Pt., M. Si. dan Ibu Dr. Desy Cahya Widianingrum, S.Pt selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Proyek Penelitian, penulis mengucapkan terimakasih atas bimbingan, motivasi, kepercayaan dan dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Ibu drh.Purnaning Dhian Isnaeni, M.Pt. selaku Dosen Penguji Utama, penulis mengucapkan terimakasih atas evaluasi, dukungan, serta motivasi yang diberikan demi terselesaikannya penulisan skripsi.

5. Ibu Pradiptya Ayu Harsita, S. Pt., M. Sc. selaku Dosen Penguji Anggota, penulis mengucapkan terimakasih atas masukan, saran dan dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diterbitkan dalam versi terbaiknya.
6. Bapak/Ibu dosen Program Studi Peternakan Universitas Jember, terimakasih atas segala ilmu, doa, dan dedikasinya dalam mendidik penulis menjadi pribadi yang lebih baik.
7. Kepada teman-teman yang sudah hadir menemani dan mendukung penulis selama masa perkuliahan, Dinda, Galih, Keisha, Amel, Marsya, Safira, Hani, Twista, Edo, Dina, Mariya dan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Terimakasih sudah memberikan rasa percaya diri kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih atas telinga yang sudah mendengar seluruh senang sedih perasaan penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teruntuk teman-teman Peternakan'22 yang telah memberikan pengalaman dan pembelajaran selama di bangku kuliah. Terimakasih atas motivasi dan dukungan yang telah diberikan secara tidak langsung hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Untuk seseorang yang belum diketahui namanya, namun telah tertulis dalam ketetapan-Nya. Terimakasih telah menjadi bagian dari doa dan motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sebagai proses memperbaiki dan memantaskan diri. Semoga Allah mempertemukan kita pada waktu yang tepat dalam versi terbaik dari diri kita masing-masing.
10. Terakhir, untuk diri saya sendiri. Terimakasih telah bertahan di tengah lelah, tetap melangkah meski penuh keraguan, tetap berdiri meski berkali-kali merasakan jatuh. Terimakasih, ku tahu kau bekerja sangat keras. Seperti apapun kehidupanmu kelak, berbahagialah, rayakan hal kecil yang belum pernah engkau rayakan kehadirannya, terimalah dirimu, hargai dan sayangilah dirimu sebab ia layak mendapatkannya. Semoga karya ini menjadi pengingat bahwa segala usaha sekecil apapun tidak akan pernah sia-sia.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”
(QS. Al-Insyirah :5-8)

“Long Story Short, I Survived”
(Taylor Swift)

“Pada akhirnya semua yang dituai adalah hasil dari yang telah ditabur.”



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Missy Robiatu Silviana

NIM : 221510102036

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Analisis Aktivitas Autoagregasi, Hidrofobisitas, dan Adhesi pada Isolat Bakteri Asam Laktat Asal Rumen sebagai Kandidat Probiotik*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 Mei 2026

Yang menyatakan,



Missy Robiatu Silviana

NIM. 221510102036

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “*Analisis Aktivitas Autoagregasi, Hidrofobisitas, dan Adhesi pada Isolat Bakteri Asam Laktat Asal Rumen sebagai Kandidat Probiotik*” telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari : Rabu
Tanggal : 6 Mei 2026
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Desy Cahya Widianingrum, S.Pt.
NIP : 19901231202232007

Tanda Tangan

(.....)

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : drh. Purnaning Dhian Isnaeni, M.Pt.
NIP : 198801182024212028

(.....)

2. Penguji Anggota

Nama : Pradiptya Ayu Harsita, S. Pt., M. Sc.
NIP : 199103282025212043

(.....)

ABSTRAK

Probiotik adalah mikroorganisme yang menguntungkan inangnya apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup. Probiotik dapat ditemukan pada saluran pencernaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis aktivitas autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi pada isolat Bakteri Asam Laktat (BAL) asal rumen sebagai kandidat probiotik. Bakteri rumen mengambil populasi terbanyak yakni 10^{10} - 10^{11} sel/ ml sekitar 50 spesies dengan total Bakteri Asam Laktat (BAL) yakni sekitar 8.05 ± 0.10 log CFU/ ml. Sampel yang digunakan merupakan 14 sampel isolat bakteri asal rumen sapi Limousin, domba Ekor Gemuk dan domba Sapodi. Penelitian ini dilakukan secara *In vitro* di Laboratorium Agroindustri Peternakan dan Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Sebanyak 14 isolat BAL asal rumen dianalisis aktivitas autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi. Hasil penelitian menunjukkan variasi pada tiap parameter. Sebagian besar isolat BAL memiliki aktivitas autoagregasi sedang lebih dari 40% dengan nilai tertinggi diperoleh sampel D1 IBP ($99,61 \pm 0,00\%$). Dua isolat menunjukkan aktivitas hidrofobisitas lebih dari 35% yakni sampel K1 ISP dan D4 ISC dengan nilai tertinggi pada sampel K1 ISP ($75,57 \pm 0,09\%$). Tujuh isolat BAL menunjukkan aktivitas adhesi lemah hingga sedang dengan nilai adhesi tertinggi diperoleh sampel K2 BSP (2,58). Hasil yang bervariasi menunjukkan bahwasanya ketiga parameter tidak bersifat linier dan mencerminkan mekanisme interaksi permukaan sel yang berbeda. Meskipun tidak ditemukannya korelasi antara ketiga parameter, isolat BAL dengan nilai sedang hingga tinggi pada salah satu parameter sudah dapat dikatakan layak sebagai kandidat probiotik.

Kata kunci : Penempelan, Mukosa, Bakteri Asam Laktat (BAL), Probiotik, Kesehatan

ABSTRACT

Probiotics are microorganisms that benefit their host when consumed in sufficient amounts. Probiotics can be found in the digestive tract. The purpose of this study is to analyze the autoaggregation, hydrophobicity, and adhesion activities in lactic acid bacteria (LAB) isolates from the rumen as probiotic candidates. Rumen bacteria constitute the largest population, amounting to 10^{10} - 10^{11} cells/ml comprising around 50 species, with a total lactic acid bacteria (LAB) count of approximately 8.05 ± 0.10 log CFU/ml. The samples used consisted of 14 bacterial isolates from the rumen of Limousin cattle, Fat-Tailed sheep, and Sapodi sheep. This study was conducted in vitro at the Livestock Agroindustry Laboratory and the Agronomy Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Jember. A total of 14 LAB isolates from the rumen were analyzed for autoaggregation, hydrophobicity, and adhesion activity. The results showed variations in each parameter. Most LAB isolates exhibited moderate autoaggregation activity of more than 40%, with the highest value obtained from sample D1 IBP ($99.61 \pm 0.00\%$). Two isolates showed hydrophobicity activity of more than 35%, namely samples K1 ISP and D4 ISC with the highest value obtained from sample K1 ISP ($75.57 \pm 0.09\%$). Seven BAL isolates showed weak to moderate adhesion activity, with the highest adhesion value obtained from the K2 BS (2,58) sample. The varying results indicate that the three parameters are not linear and reflect different mechanisms of cell surface interactions. Although no correlation was found among the three parameters, BAL isolates with medium to high values in any one parameter can already be considered viable as probiotic candidates.

Keywords: Adhesion, Mucosa, Lactic Acid Bacteria (LAB), Probiotics, Health

RINGKASAN

Analisis Aktivitas Autoagregasi, Hidrofobisitas, dan Adhesi pada Isolat Bakteri Asam Laktat Asal Rumen sebagai Kandidat Probiotik; Missy Robiatus Silviana; 221510102036; 36 Halaman; Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Probiotik adalah mikroorganisme yang menguntungkan inangnya apabila dikonsumsi dalam jumlah yang cukup. Probiotik dapat ditemukan pada saluran pencernaan. Rumen menjadi sumber probiotik potensial karena kondisi lingkungannya yang sangat ekstrim sehingga mampu menghasilkan kandidat probiotik yang adaptif dan kompetitif. Salah satu bakteri yang tergolong dalam probiotik adalah Bakteri Asam Laktat (BAL). Namun tidak semua BAL dapat dikategorikan sebagai probiotik, perlu adanya uji lanjut secara valid agar bakteri dapat dikatakan probiotik. Autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi merupakan kemampuan yang perlu dimiliki bakteri sebagai kandidat probiotik agar bakteri mampu menempel pada usus dan memberikan manfaat menguntungkan bagi inangnya. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis aktivitas autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi pada isolat BAL asal rumen sebagai kandidat probiotik.

Penelitian dilakukan secara *In vitro* di Laboratorium Agroindustri Peternakan dan Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Sampel yang digunakan merupakan 14 sampel isolat bakteri asal rumen ternak sapi Limousin, domba Ekor Gemuk, dan domba Sapodi yang sudah dilakukan skrining meliputi pengamatan morfologi (bentuk, ukuran, dan warna koloni), pewarnaan gram, uji katalase, uji produksi CO₂ dan uji resistensi asam. Uji aktivitas autoagregasi dilakukan dengan menginkubasi isolat BAL yang sudah distandarkan kekeruhannya dengan *Mc Farland* 0,5 % kemudian diinkubasi selama tiga jam dan enam jam. Uji aktivitas hidrofobisitas dilakukan dengan menambahkan larutan N-Heksana sebanyak 1 ml pada isolat BAL yang sudah distandarkan kekeruhannya. Uji adhesi dilakukan dengan menginkubasi isolat BAL yang sudah distandarkan kekeruhannya lalu dilakukan pewarnaan menggunakan *Cristal Violet* (CV) 0,1%. Hasil uji autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi dibaca menggunakan

spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif.

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi pada setiap parameter. Sebagian besar isolat BAL memiliki nilai autoagregasi lebih dari 40% dengan nilai tertinggi diperoleh sampel D1 IBP ($99,61 \pm 0,00$). Dua isolat menunjukkan aktivitas hidrofobisitas lebih dari 35% yakni sampel K1 ISP dan D4 ISC dengan nilai tertinggi pada sampel K1 ISP ($75,57 \pm 0,09\%$). Tujuh isolat BAL menunjukkan aktivitas adhesi lemah hingga sedang dengan nilai adhesi tertinggi diperoleh sampel K2 BSP (2,58). Hasil yang bervariasi menunjukkan bahwasanya ketiga parameter tidak bersifat linier dan mencerminkan mekanisme interaksi permukaan sel yang berbeda. Meskipun tidak ditemukannya korelasi antara ketiga parameter, isolat BAL dengan nilai sedang hingga tinggi pada salah satu parameter sudah dapat dikatakan layak sebagai kandidat probiotik. Namun masih perlu dilakukan uji lanjut untuk menganalisis kemampuan probiotik lainnya seperti resistensi terhadap garam empedu, aktivitas antimikroba, serta kemampuan koagregasi bakteri terhadap patogen.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Aktivitas Autoagregasi, Hidrofobisitas, dan Adhesi pada Isolat Bakteri Asam Laktat Asal Rumen sebagai Kandidat Probiotik”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. M. Rondhi, S.P., M.P., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Ir. Nur Widodo, S.Pt., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Peternakan.
3. Ibu Ir. Himmatul Khasanah, S.Pt., M.Si., selaku Dosen Pembimbing skripsi awal sekaligus dosen proyek riset yang telah membimbing selama pelaksanaan penelitian.
4. Ibu Dr. Desy Cahya Widianingrum, S.Pt. selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Mulyadi, Ibu Siti Marfuah, Alvin Zaky Aditya, Vissy Qurota Ayun beserta keluarga yang telah memberikan dukungan demi terselesaikannya skripsi ini.
6. Teman-teman penelitian, magang, perkuliahan, dan seluruh mahasiswa program studi peternakan angkatan 22 beserta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berjasa selama penulis menjadi mahasiswa.
7. Terakhir untuk penulis sendiri yang berhasil menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa ada kata menyerah.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari keterbatasan. Oleh sebab itu, segala kritik dan saran akan sangat bermakna untuk kesempurnaan skripsi ini. Proses ini menjadi pengalaman yang berharga bagi penulis,

maka besar harapan yang terucap agar karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Jember, 6 Mei 2026

Penulis



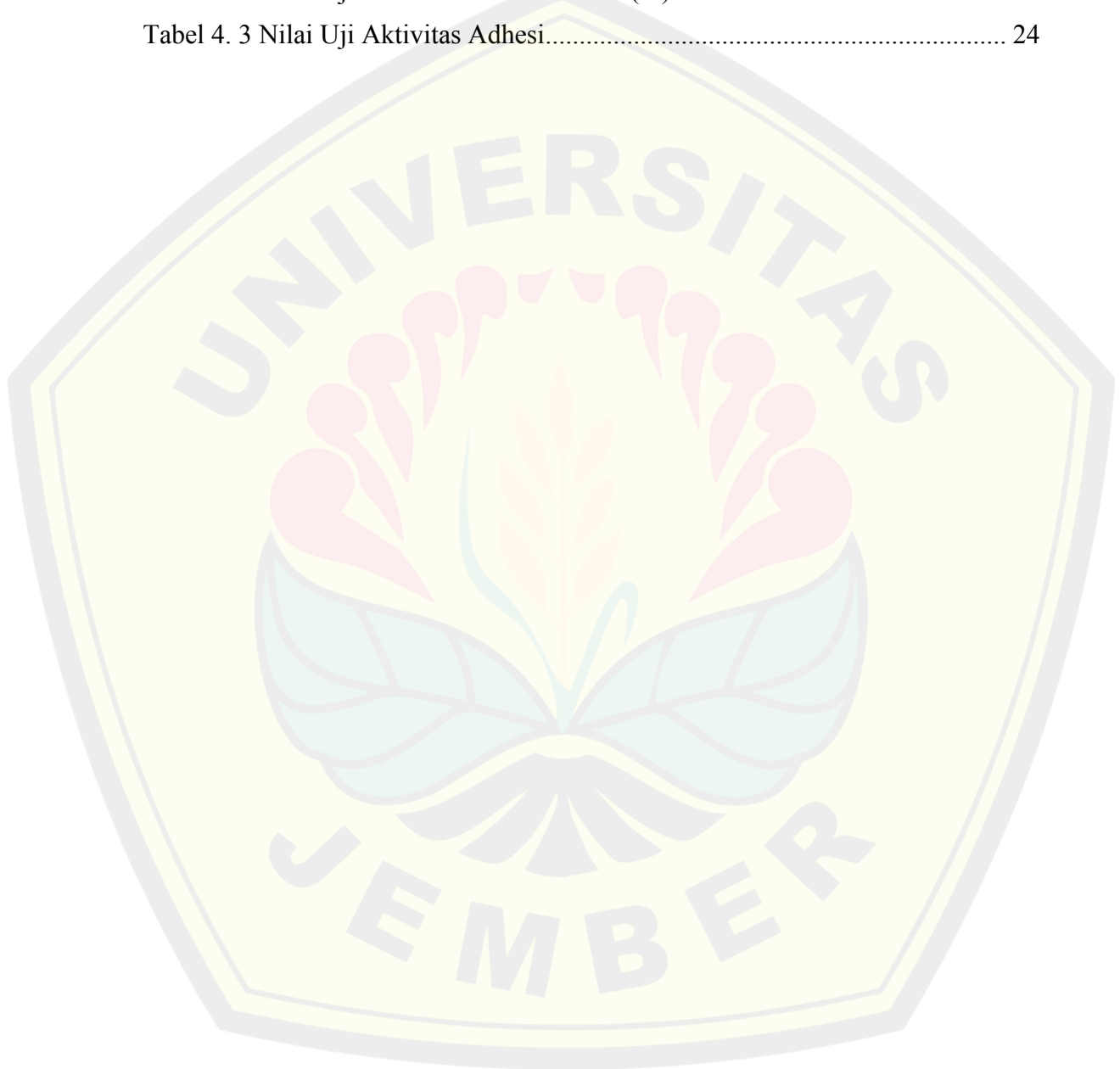
DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
ABSTRAK	vii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN TEORI.....	5
2.1 Kajian Literatur	5
2.1.1 Bakteri Asal Rumen	5
2.1.2 Bakteri Asam Laktat (BAL) Asal Rumen	6
2.1.3 Autoagregasi	7
2.1.4 Hidrofobisitas	8
2.1.5 Adhesi.....	9
2.2 Pengembangan Hipotesis	10
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	11
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	11
3.2 Sampel Penelitian.....	11
3.3 Desain Penelitian	12
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	12

3.4.1 Bahan Penelitian	12
3.4.2 Alat Penelitian	12
3.5 Prosedur Penelitian	13
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	14
3.5.2 Pembuatan Media De Man Rogosa Sharpe Broth (MRSB)	14
3.5.3 Peremajaan Isolat Bakteri Asal Rumen	14
3.5.4 Pembuatan Larutan Standar Mc.Farland 0,5%	14
3.5.5 Uji Autoagregasi Isolat Bakteri Asal Rumen	15
3.5.6 Uji Hidrofobisitas Isolat Bakteri Asal Rumen	15
3.5.7 Uji Adhesi	16
3.6 Metode Analisis	17
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Autoagregasi	18
4.2 Hidrofobisitas	21
4.3 Adhesi	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Bakteri Asal Rumen.....	6
Tabel 3. 1 Kode Sampel Isolat Bakteri Asam Laktat.....	11
Tabel 4. 1 Nilai Uji Aktivitas Autoagregasi (%).....	18
Tabel 4. 2 Nilai Uji Aktivitas Hidrofobisitas (%).....	21
Tabel 4. 3 Nilai Uji Aktivitas Adhesi.....	24



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pembentukan Biofilm	8
Gambar 2. 2 Struktur Permukaan Sel Hidrofobik dan Hidrofilik	8
Gambar 3. 1 Alur Peosedur Penelitian	13



DAFTAR LAMIRAN

Lampiran 1. 1 Hasil Analisis Data	36
Lampiran 1. 2 Dokumentasi Penelitian	36



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Probiotik termasuk ke dalam mikroorganisme hidup yang mampu membantu inangnya dalam penyerapan nutrisi dan memberikan pertahanan melawan bakteri patogen di saluran pencernaan (Yonata *et al.*, 2016). Probiotik dapat diaplikasikan pada pangan dan juga pakan sebab efeknya yang baik untuk inang. Probiotik berperan dalam menjaga kesehatan tubuh dengan berbagai mekanisme seperti menjaga keseimbangan mikrobiota usus, meningkatkan sistem imun dan membantu proses metabolisme (Ramadhani *et al.*, 2024). Probiotik biasanya ditemukan pada produk pangan fermentasi, namun tak sedikit pula strain probiotik yang diisolasi dari saluran pencernaan manusia dan hewan

Rumen menjadi organ saluran pencernaan dengan kondisi lingkungan ekstrem, ditandai dengan suhu 38 – 41°C, rentang pH berkisar 5,5 dan 6,9 (Puniya *et al.*, 2015), serta populasi mikroba yang padat sehingga menciptakan kompetisi biologis yang kuat. Kamra (2005) melaporkan bahwa mikroorganisme rumen ternak ruminansia pada wilayah tropis yang umumnya mengkonsumsi pakan berserat tinggi terdiri dari bakteri dengan kelompok terbesar yakni 10^{10} - 10^{11} sel/ml, protozoa bersilia 10^4 - 10^6 /ml, dan fungi anaerob 10^3 - 10^5 zoospora/ml. Astuti *et al.* (2022) turut mendukung dengan menyebutkan bahwa jumlah populasi Bakteri Asam Laktat (BAL) (pada kelompok kontrol) berkisar $8,05 \pm 0,10$ log CFU/ml. Hal ini menegaskan bahwa di dalam rumen dengan lingkungan yang ekstrim BAL menjadi komponen paling dominan.

BAL adalah kelompok bakteri gram positif yang mampu mengkonversi glukosa menjadi asam laktat (Panjaitan *et al.*, 2018) serta memiliki kemampuan sebagai anti mikroba (Nizori *et al.*, 2019). BAL termasuk kelompok mikroorganisme yang memiliki potensi sebagai probiotik (Priadi *et al.*, 2020). Berbagai macam strain BAL telah berhasil diisolasi dari rumen ternak ruminansia seperti *Lactococcus lactis* spp *lactis* 1, *Lactobacillus brevis* 1 (Gifari *et al.*, 2022), *Enterococcus durans* (Suardana *et al.*, 2016), *Leuconostoc* spp, *Weissella* spp,

Lactobacillus brevis, *Limosilactobacillus fermentum*, *Weissella cibaria*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc lactis*, dan *Pediococcus pentosaceus* (Yang *et al.*, 2020; Amelia *et al.*, 2021; Cirat *et al.*, 2025; Kim *et al.*, 2019), serta berbagai strain lainnya. Meskipun banyak BAL ditemukan dalam rumen ternak ruminansia, namun tidak semua strain BAL mampu dikategorikan sebagai probiotik, melainkan hanya BAL yang memiliki karakteristik tertentu serta teruji valid secara ilmiah yang dapat dinyatakan sebagai probiotik.

BAL sebagai kandidat probiotik perlu memiliki kemampuan bertahan dalam kondisi asam lambung, toleransi garam empedu pada pencernaan, kemampuan berkolonisasi, serta kemampuan menempel dan hidup pada usus agar mampu tumbuh dan berkembang secara optimal dalam saluran pencernaan (Palachum *et al.*, 2018). Kemampuan menempel dan berkolonisasi tersebut dapat dianalisis melalui serangkaian uji, yakni uji autoagregasi, uji hidrofobisitas, dan uji adhesi. Ketiga uji ini perlu dilakukan terhadap BAL sebagai kandidat probiotik untuk menganalisis kemampuan bakteri dalam berinteraksi dengan permukaan sel usus dan mempertahankan keberadaannya di dalam saluran pencernaan.

Autoagregasi diartikan sebagai kemampuan sebuah bakteri untuk berikatan dengan sesama jenisnya (Priadi *et al.*, 2020) sehingga meningkatkan peluang bakteri dalam berkolonisasi dan bertahan dalam lingkungan saluran pencernaan (adhesi). Sedangkan sifat hidrofobisitas sendiri menunjukkan adanya kecenderungan sebuah bakteri dalam berinteraksi dengan permukaan non-polar (usus) (De Souza *et al.*, 2019). Dimana dengan adanya kemampuan autoagregasi dan hidrofobisitas yang tinggi pada sebuah bakteri akan meningkatkan peluang bakteri tersebut untuk bertahan dan melakukan penempelan pada usus. Maka dari itu perlu adanya skrining atau pengujian lebih lanjut terkait kemampuan autoagregasi, hidrofobisitas dan adhesi terhadap isolat bakteri asal rumen sebelum dikatakan sebagai probiotik.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Widianingrum *et al.* (2025) didapatkan hasil bahwa 14 isolat bakteri asal rumen ternak terindikasi sebagai kandidat probiotik. Maka dari itu adanya penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lebih lanjut terhadap 14 isolat bakteri asal rumen sebagai kandidat

probiotik terkait kemampuan beragregasi (autoagregasi), sifat hidrofobik (hidrofobisitas), dan kemampuan penempelan (adhesi). Hasil yang diperoleh diharapkan mampu mengembangkan inovasi probiotik yang berasal dari rumen ternak ruminansia untuk dimanfaatkan secara luas.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas autoagregasi isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik?
2. Bagaimana aktivitas hidrofobisitas isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik?
3. Bagaimana aktivitas adhesi isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik?

1.3 Tujuan Penelitian

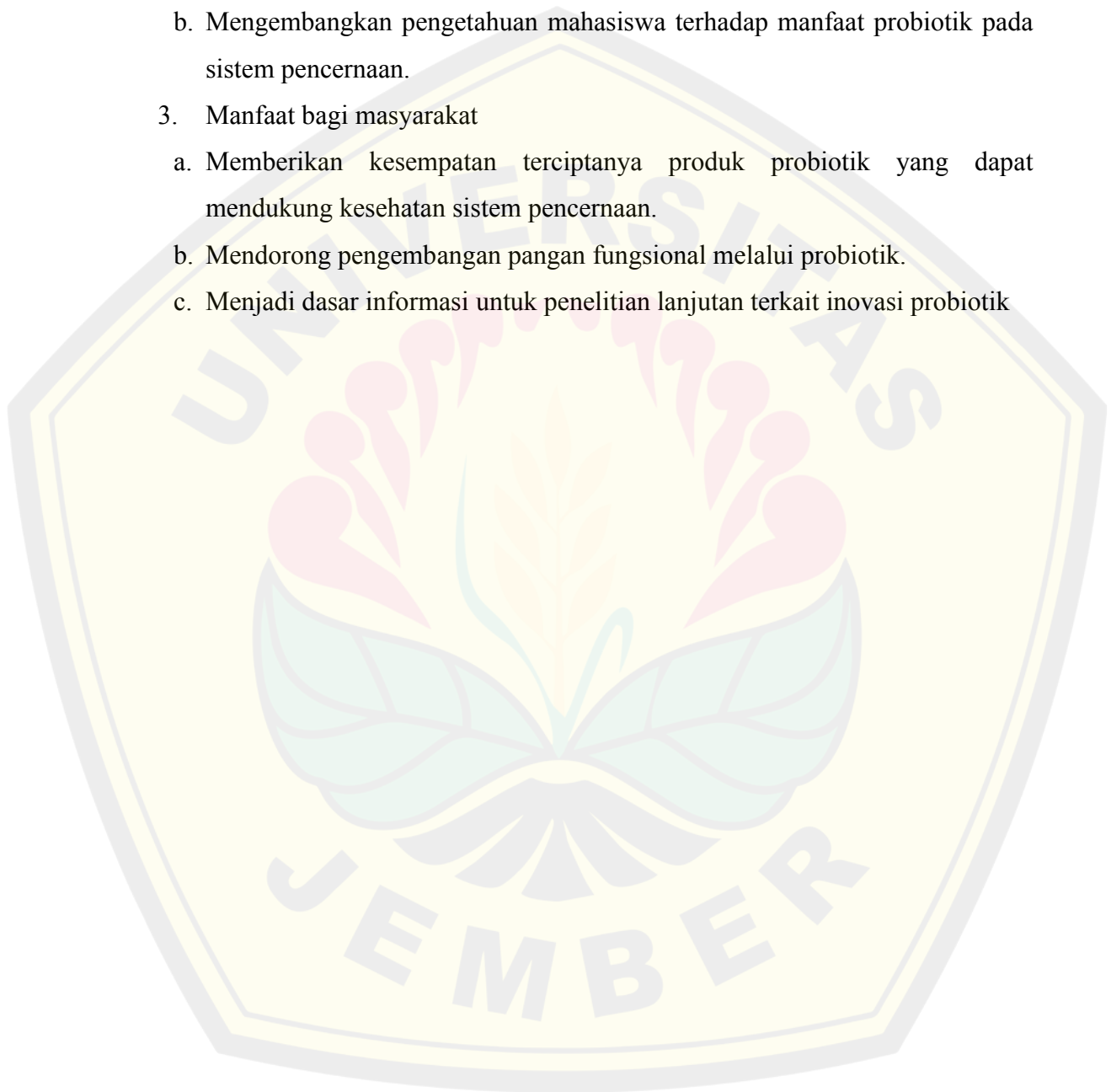
1. Menganalisis aktivitas autoagregasi isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik
2. Menganalisis aktivitas hidrofobisitas isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik
3. Menganalisis aktivitas adhesi isolat BAL asal rumen ternak sebagai kandidat probiotik

1.4 Manfaat Penelitian

Terlaksanakannya penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat bagi institusi, masyarakat, dan peneliti.

1. Manfaat bagi Institusi
 - a. Menambah publikasi yang dapat meningkatkan reputasi institusi di bidang bioteknologi, mikrobiologi, dan peternakan baik secara nasional maupun internasional.
 - b. Peningkatan kapasitas riset dengan memperkuat fasilitas laboratorium.

- c. Memperluas peluang kolaborasi dengan lembaga riset lain baik secara nasional maupun internasional.
- 2. Manfaat bagi mahasiswa
 - a. Memperluas pengetahuan mahasiswa dalam bidang mikrobiologi dan bioteknologi peternakan.
 - b. Mengembangkan pengetahuan mahasiswa terhadap manfaat probiotik pada sistem pencernaan.
- 3. Manfaat bagi masyarakat
 - a. Memberikan kesempatan terciptanya produk probiotik yang dapat mendukung kesehatan sistem pencernaan.
 - b. Mendorong pengembangan pangan fungsional melalui probiotik.
 - c. Menjadi dasar informasi untuk penelitian lanjutan terkait inovasi probiotik



BAB 2. TINJAUAN TEORI

2.1 Kajian Literatur

2.1.1 Bakteri Asal Rumen

Rumen merupakan kompartemen terbesar dalam sistem pencernaan hewan ruminansia yang dihuni oleh berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri, protozoa, dan jamur (Sari, 2017). Secara fisiologis, rumen memiliki kandungan bahan kering sekitar 10 – 13 %, suhu berkisar antara 38 – 41°C, serta rentang pH 5,5 – 6,9 (Puniya *et al.*, 2015). Kondisi lingkungan tersebut memungkinkan untuk berbagai macam mikroba hidup dan berkembang dalam rumen. Hal ini sejalan dengan Effendi *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa mikroba rumen mampu hidup pada pH 5,5 -7.

Keragaman mikroba rumen berperan penting dalam proses pencernaan pakan berserat tinggi. Kamra (2005) menjelaskan bahwa pada hewan ruminansia di wilayah tropis yang umumnya mengkonsumsi pakan tinggi serat, memiliki populasi mikroba rumen terdiri atas bakteri dengan kelompok terbesar yakni 10^{10} - 10^{11} sel/ml sekitar 50 spesies yang berbeda, protozoa bersilia 10^4 - 10^6 / ml dari sekitar 25 spesies, dan fungi anaerob 10^3 - 10^5 zoospora/ ml yang mencakup 5 spesies. Banyaknya mikroba rumen, bakteri memegang populasi terbanyak yakni sekitar 10^9 - 10^{11} sel/ ml (Wei *et al.*, 2022). Beberapa penelitian lain juga menunjukkan kisaran yang sebanding, seperti bakteri rumen domba yakni 10^{11} sel/ml, bakteri rumen sapi Jawa $2,7 \times 10^7$ CFU/ g (Marantika *et al.*, 2020) dan sapi Peranakan Ongole (PO) $2,3 \times 10^8$ CFU/ g (Purbowati *et al.*, 2014). Tingginya populasi ini menunjukkan peranan bakteri yang dominan dalam proses pencernaan ternak ruminansia. Berdasarkan fungsinya, bakteri dikelompokkan menjadi beberapa jenis yakni kelompok pencerna selulosa, kelompok pencerna hemiselulosa, kelompok pencerna pati, kelompok penghasil asam laktat, kelompok penghasil metan, dan kelompok bakteri proteolitik (Purbowati *et al.*, 2014). Berbagai studi ilmiah telah berhasil mengisolasi berbagai jenis bakteri asal rumen berdasarkan fungsinya, yakni sebagai berikut (Tabel 2.1):

Tabel 2. 1 Jenis Bakteri Asal Rumen

Jenis Bakteri	Spesies	Sumber
Bakteri selulolitik	<i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Thermomonospora</i> , <i>Cellulomonas</i> , <i>Ruminococcus</i> , <i>Bacteroides</i> , <i>Acetivibrio</i> , <i>Misrobispora</i> , dan <i>Streptomyces</i>	Zubaidah <i>et al.</i> , 2019
Bakteri amilolitik	<i>Clostridium butyricum</i> dan <i>Basilus subtilis</i>	Murtius, 2016
Bakteri Asam Laktat (BAL)	<i>Lactococcus lactis</i> spp <i>lactis</i> 1, <i>Lactobacillus brevis</i> 1, <i>Leuconostoc</i> spp, <i>Weissella</i> spp, <i>Lactobacillus brevis</i> , <i>Limosilactobacillus</i> <i>fermentum</i> , <i>Weissella cibaria</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Leuconostoc lactis</i> , dan <i>Pediococcus pentosaceus</i>	Gifari <i>et al.</i> , 2022; Yang <i>et al.</i> , 2020; Amelia <i>et</i> <i>al.</i> , 2021; Cirat <i>et al.</i> , 2025; Kim <i>et al.</i> , 2019

2.1.2 Bakteri Asam Laktat (BAL) Asal Rumen

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri gram positif, umumnya katalase negatif, dan mampu menghasilkan asam laktat melalui fermentasi (Putri & Kusdiyantini, 2018). BAL tergolong dalam mikroorganisme yang tidak berbahaya ditambahkan pada pangan sebab tidak menghasilkan toksin atau sering disebut mikroorganisme *Generally Recognized As Safe* (GRAS) (Gaffar & Suryani, 2023). Secara morfologi, BAL umumnya berbentuk kokus atau batang serta memiliki toleransi terhadap pH rendah (Wang *et al.*, 2021). Mokoena (2017) menyebutkan terdapat lebih dari 60 genus BAL, namun genus yang sering digunakan dalam fermentasi makanan umumnya *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Weissella*, dan lain sebagainya

BAL asal rumen merupakan kelompok bakteri penghasil asam laktat sebagai produk akhir yang berperan dalam merenggangkan ikatan lignohemiselulosa maupun lignoselulosa, sehingga pakan dapat dengan mudah didegradasi oleh bakteri (Sahid *et al.*, 2022). Penelitian yang dilakukan oleh Astuti *et al.* (2022) menyebutkan jumlah populasi BAL (pada kelompok kontrol) berkisar $8,05 \pm 0,10$

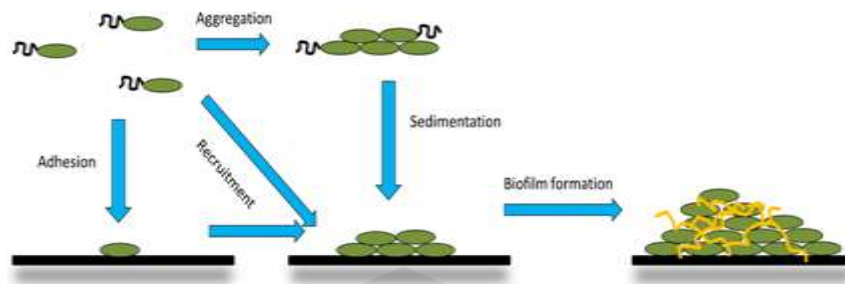
log CFU/ ml. Total BAL pada rumen sangat bervariasi tergantung dengan lingkungan rumen seperti pH, dan jenis dari ternak turut memengaruhi jumlah BAL pada rumen.

2.1.3 Autoagregasi

Autoagregasi merupakan kemampuan bakteri untuk melakukan agregasi atau menempel sesama jenisnya (Priadi *et al.*, 2020). Kemampuan autoagregasi menjadi aspek penting karena dapat meningkatkan peluang bakteri dalam bertahan hidup di dalam saluran pencernaan (terutama usus), mempermudah pembentukan biofilm, serta meningkatkan kemampuan berkolonisasi pada mukosa inang. Krausova *et al.* (2019) menegaskan bahwa kemampuan autoagregasi sebuah bakteri memiliki kontribusi signifikan terhadap ketahanan bakteri di usus. Wang *et al.* (2010) menyatakan bahwa strain bakteri dengan kemampuan autoagregasi lebih dari 40% tergolong dalam bakteri yang memiliki kemampuan autoagregasi baik (sebagai kandidat probiotik), sedangkan strain bakteri dengan persentase autoagregasi kurang dari 10% dikategorikan memiliki kemampuan autoagregasi lemah. Leksono *et al.* (2024) melaporkan dalam penelitiannya bahwa rata-rata aktivitas autoagregasi BAL yang diinkubasi selama 24 jam sangat tinggi yakni berkisar 92,46 – 99,01%.

Mekanisme autoagregasi suatu bakteri dapat terjadi melalui beberapa cara, namun umumnya dipicu oleh interaksi homotipik antara protein yang terdapat pada dinding sel (Trunk *et al.*, 2018). Protein-protein tersebut meliputi fili dan fimbria, flagela, serta protein adhesin. Interaksi homotipik terjadi karena adanya kecocokan struktur permukaan bakteri. Bakteri saling bertabrakan dan terjadi ikatan yang kemudian semakin diperkuat dengan kecocokan komposisi permukaan sel.

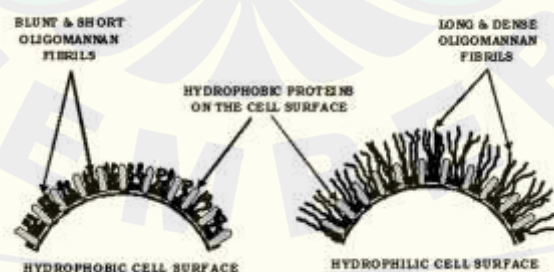
Autogregasi dapat memicu terjadinya pembentukan mikrokoloni yang menjadi tahap awal pembentukan biofilm (Gambar 2.1) (Trunk *et al.*, 2018). Pembentukan biofilm dapat terjadi melalui dua mekanisme. Pertama, sel tunggal yang menempel langsung pada substrat (Trunk *et al.*, 2018) kemudian bermigrasi menggunakan fili membentuk mikrokoloni. Kedua, bakteri yang sudah berautoagregasi akan langsung mengendap pada substrat dan membentuk biofilm (Kragh *et al.*, 2016).



Gambar 2. 1 Proses Pembentukan Biofilm
(Sumber : Trunk *et al.*, 2018)

2.1.4 Hidrofobisitas

Hidrofobisitas merupakan kemampuan sebuah mikroorganisme untuk memisahkan diri dari media cair yang dapat mengganggu perlekatannya terhadap suatu permukaan (Haniastuti, 2016). Sifat hidrofobisitas permukaan sebuah bakteri berkaitan erat dengan kemampuan adhesi pada epitel usus. Hal ini disebabkan bakteri hidrofobik cenderung menempel pada permukaan yang bersifat non-polar seperti usus (De Souza *et al.*, 2019). Parlindungan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa kemampuan hidrofobisitas suatu bakteri dapat dikatakan lemah dengan persentase 0–34%, sedang 35–69%, dan tinggi 70–100%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdulla *et al.* (2014) menjelaskan bahwa BAL menunjukkan nilai hidrofobisitas 77,4% pada pelarut xilena. Tingkat kemampuan hidrofobisitas permukaan pada bakteri dapat bervariasi antar spesiesnya, tahap pertumbuhan, serta jenis substrat bakteri tumbuh (Wick *et al.*, 2003).



Gambar 2. 2 Struktur Permukaan Sel Hidrofobik dan Hidrofilik
(Sumber : Goswami *et al.*, 2017)

Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat hidrofobisitas sebuah bakteri yakni pada komposisi penyusun permukaan sel bakteri. Pada Gambar 2.2 menjelaskan tentang mekanisme bagaimana struktur permukaan sel bakteri mempengaruhi sifat hidrofobisitas permukaan sel. Protein mengambil peran penting dalam mengatur tingkat kebasahan permukaan sel bakteri, meningkatkan kandungan protein berhubungan langsung dengan meningkatnya sifat hidrofobisitas (Karagulyan *et al.*, 2022). Terlihat pada Gambar 2.2, gambar sisi kiri merupakan permukaan sel hidrofobik (tidak larut air) dan pada sisi kanan merupakan permukaan sel hidrofilik (larut air). Sel yang bersifat hidrofobik cenderung memiliki fibril oligomannan yang pendek dan jarang, sehingga mengakibatkan protein hidrofobik permukaan sel terekspos secara langsung. Perubahan susunan protein seperti terbukanya sebagian struktur, dapat mengekspos area hidrofobik ke permukaan membran luar sehingga berpotensi meningkatkan hidrofobisitas permukaan sel (Karagulyan *et al.*, 2022).

2.1.5 Adhesi

Adhesi BAL adalah kemampuan bakteri untuk melekat pada permukaan usus sehingga bakteri mampu bertahan lebih lama, berkolonisasi, dan menghambat pertumbuhan patogen. Adhesi BAL pada sel epitel usus merupakan langkah penting dalam memberikan efek probiotik. Kemampuan adhesi bakteri ke mukosa usus melibatkan interaksi spesifik antara komponen permukaan bakteri dan struktur permukaan sel inang (Du *et al.*, 2022). Adhesi melibatkan beberapa jenis interaksi fisikokimia dan proses biologis (Straub *et al.*, 2019; Berne *et al.*, 2018). Bakteri membentuk aktivitas adhesi melalui kemampuan sel dalam mendeteksi sinyal lingkungan, produksi polisakarida ekstraseluler (EPS), aktivitas metabolik dan tingkat viabilitas sel (Alam & Balani., 2017). Selain itu faktor lain seperti, kekakuan dinding sel, interaksi reseptor ligan yang dimediasi oleh adhesin (sebuah protein yang mengenali dan berikatan dengan reseptor protein pada permukaan sel inang), serta adanya struktur tambahan seperti pili turut berperan penting dalam proses adhesi BAL pada mukosa usus (Elbourne *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2019).

Proses adhesi dimulai dari penempelan bakteri secara sementara (reversibel) pada permukaan reseptor. Penempelan reversibel ini melibatkan berbagai struktur tambahan sel seperti pili, flagela, dan fimbria. Pada tahap ini bakteri memiliki dua kemungkinan, yaitu tetap menempel pada reseptor dan mulai membentuk biofilm atau melepaskan diri dan kembali dalam bentuk planktonik (hidup bebas). Selanjutnya, penempelan reversibel ini diikuti oleh penempelan permanen (irreversible). Pada tahap ini, protein permukaan sel dan eksopolisakarida (EPS) berperan penting dalam memperkuat ikatan antara sel bakteri dan permukaan (Toyofuku *et al.*, 2016).

2.2 Pengembangan Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah diduga terdapat isolat BAL asal rumen yang memiliki aktivitas autoagregasi dengan nilai lebih dari 40%, aktivitas hidrofobisitas dengan nilai lebih dari 35% dan terdapat aktivitas adhesi lemah ($A > 1$).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2025 hingga April 2026 di Laboratorium Agroindustri Peternakan Program Studi Peternakan dan Laboratorium Ekofisiologis Tanaman dan Kultur Jaringan Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan isolat BAL asal rumen ruminansia, yakni domba Sapodi berumur dibawah dua tahun sebanyak delapan sampel isolat BAL, ternak domba Ekor Gemuk berumur dua tahun sebanyak lima sampel isolat BAL, dan sapi Limousin berumur dua tahun sebanyak satu sampel isolat BAL dengan kode sampel pada Tabel 3. 1:

Tabel 3. 1 Kode Sampel Isolat Bakteri Asam Laktat

Jenis Ternak	Sampel	Uji Katalase	Uji CO ₂	Survival Rate pH 2	Pewarnaan Gram
Domba Sapodi	K1 BKP	Positif	Positif	92.09	Positif
	K1 ISP	Negatif	Positif	49.89	Positif
	K1 BBP	Positif	Positif	53.64	Positif
	K2 BSP	Positif	Positif	65.34	Positif
	K3 ISP	Positif	Positif	54.06	Positif
	K3 IBP	Positif	Positif	57.83	Positif
	K4 ISP	Negatif	Positif	72.09	Positif
	K5 ISP	Positif	Positif	50.84	Positif
Domba Ekor Gemuk	D1 CBP	Negatif	Positif	70.47	Positif
	D1 IBP	Negatif	Positif	41.49	Positif
	D2 SSC	Negatif	Positif	41.40	Positif
	D4 ISC	Negatif	Positif	58.85	Positif
	D6 CBP	Negatif	Positif	30.36	Positif
Sapi Limousin	P1 BBP	Positif	Positif	68.55	Positif

Sumber : Widianingrum *et al.* (2025)

Sampel diambil dari cairan rumen sebanyak 500 ml kemudian dilakukan pengenceran. Pada pengenceran terakhir bakteri diambil 1 ml kemudian ditumbuhkan pada media agar dan skrining meliputi pengamatan morfologi (bentuk, ukuran, dan warna koloni), pewarnaan gram, uji katalase, uji produksi CO₂ dan uji resistensi asam (Widianingrum *et al.*, 2025).

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksploratif skrining lanjutan isolat BAL asal rumen potensial yang dapat dijadikan sebagai kandidat probiotik dengan menggunakan analisis data kuantitatif dan deskriptif. Penelitian eksploratif merupakan penelitian yang bertujuan mengkaji fenomena yang belum pernah atau jarang diteliti oleh peneliti sebelumnya (Mudjiyanto, 2018).

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Bahan Penelitian

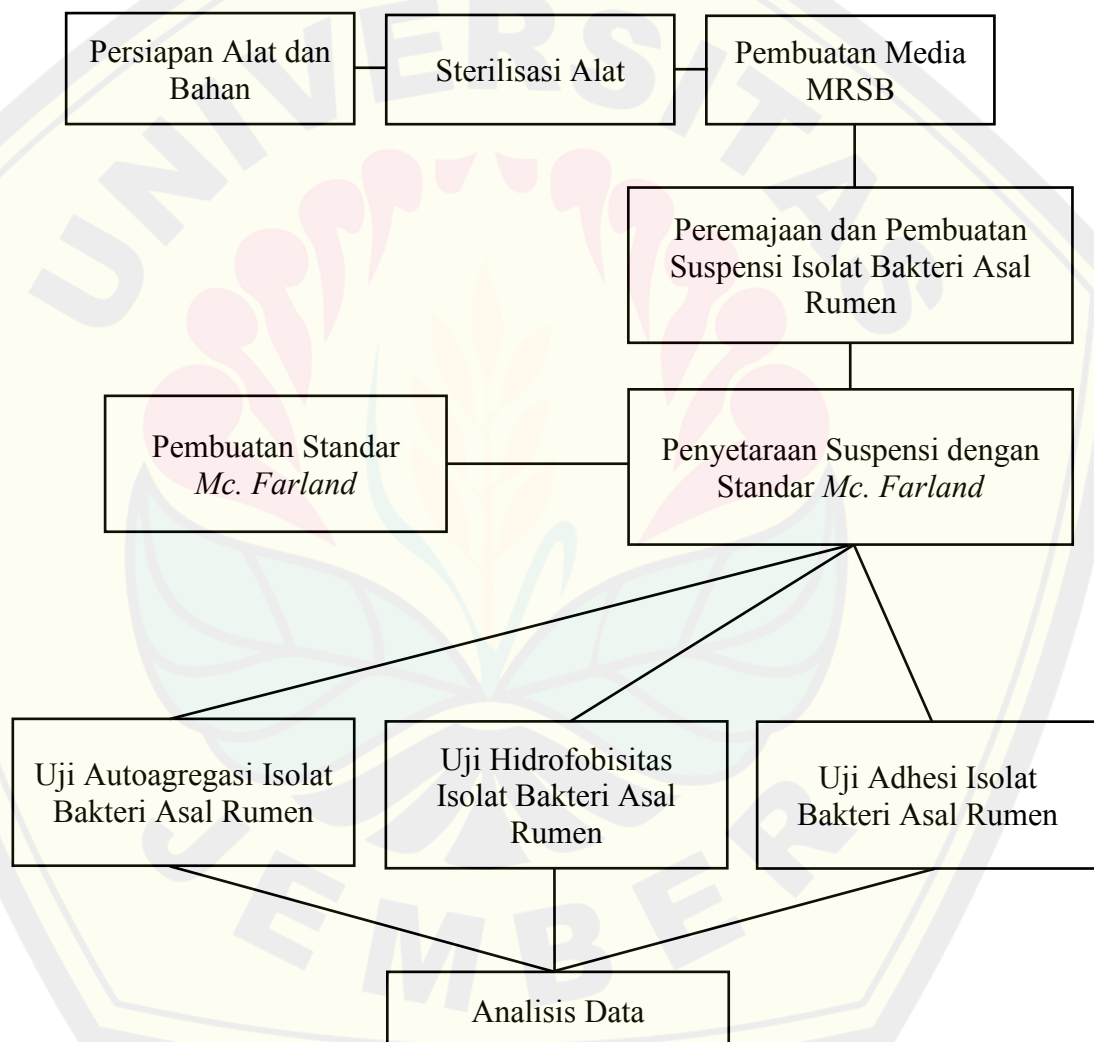
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya: isolat BAL asal rumen, *De Man Rogosa Sharpe Broth* (MRSB), alkohol 70%, kertas, aquades, *Phospat Buffer Saline* (PBS), *Crystal Violet* (CV) 0,1% , H₂SO₄, BaCl₂ metanol 80%, asam asetat 30%, n-heksana, gliserol, kertas, plastik, tisu.

3.4.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yakni sebagai berikut: APD (sarung tangan, masker dan jas lab), bunsen, gelas beker (Iwaki CTE33, Thailand), mikropipet otomatis (DiaLine Eco, Indonesia), sendok, *Laminar Air Flow* (LAF) (BIOBASE BBS-V1800, Jerman), timbangan analitik (Ohaus PA214, USA), inkubator (*Thermacell Quality Lab Systems*), autoklaf (Sturdy Apex Group SA-300VF), tabung falcon, tabung eppendorf, vortex (qls MX-2500), magnetic stirrer, batang magnetic stirrer, spektrofotometer, sentrifus (dlab), tabung reaksi, tabung ulir (IWAKI, Indonesia), tabung eppendorf, tabung falcon, tabung duran (Duran, Jerman)

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan kemudian dilanjutkan dengan sterilisasi alat dan pembuatan media tumbuh bakteri. Isolat BAL kemudian ditumbuhkan pada media *De Man Rogosa Sharpe Broth* (MRSB) dan distandarkan kekeruhannya dengan standar kekeruhan *Mc. Farland* 0,5%. Selanjutnya bakteri diuji aktivitas autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesinya. Hasil yang didapatkan kemudian dianalisis.



Gambar 3. 1 Alur Prosedur Penelitian

3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat yang digunakan selama penelitian disterilisasi menggunakan autoklaf. Sterilisasi dimulai dengan pencucian alat yang akan digunakan kemudian dikeringkan. Alat dan bahan yang akan disterilisasi disemprot alkohol 70% lalu dikeringkan kembali menggunakan tissue kemudian dibungkus menggunakan kertas dan dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Alat yang sudah dibungkus dimasukkan ke dalam autoklaf dengan suhu 121°C selama 15-25 menit (Andriani, 2016).

3.5.2 Pembuatan Media *De Man Rogosa Sharpe Broth* (MRSB)

De Man Rogosa Sharpe Broth (MRSB) dibuat dengan cara melarutkan media MRSB kedalam aquades sesuai kebutuhan dengan perbandingan 5,252 g MRSB dan 100 ml aquades, kemudian dihomogenkan menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* dengan suhu *hot plate* 60°C, MRSB disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit (Amir *et al.*, 2024).

3.5.3 Peremajaan Isolat BAL Asal Rumen

Peremajaan isolat bakteri asal rumen dilakukan dengan mengambil sebanyak 100 µL isolat BAL asal rumen yang diawetkan pada media MRSB dengan penambahan gliserol. Isolat BAL dimasukkan ke dalam tabung falcon berisi 3 ml MRSB. Selanjutnya dihomogenkan menggunakan vorteks selama 10 detik lalu diinkubasi pada inkubator selama 24 jam pada suhu 37°C (Sukarno *et al.*, 2023). Peremajaan bakteri dilakukan di dalam *Laminar Air Flow* (LAF) agar tetap Steril (Rosmania & Yanti, 2020)

3.5.4 Pembuatan Larutan Standar *Mc.Farland* 0,5%

Pembuatan standar *Mc.Farland* 0,5% dilakukan dengan menyiapkan 9 ml larutan H₂SO₄ 1% yang dicampurkan dengan 1 ml larutan BaCl₂ 1% dalam tabung reaksi. Larutan dihomogenkan hingga terlihat kekeruhannya. Kekeruhan inilah

yang dijadikan sebagai standar suspensi bakteri yang akan diuji (Munira *et al.*, 2018)

3.5.5 Uji Autoagregasi Isolat BAL Asal Rumen

Isolat bakteri asal rumen diambil 100 µL kemudian ditumbuhkan dalam tabung falcon berisi 3 ml MRSB dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Isolat bakteri asal rumen dipanen kemudian disentrifugasi pada 2.500 g selama 12 menit. Endapan yang diperoleh dicuci dengan PBS sebanyak 2 kali. Pencucian dilakukan dengan menambahkan 3 ml PBS kemudian disentrifugasi pada 2.500 g selama 12 menit. Hasil endapan kemudian disuspensikan ke dalam PBS dan disetarakan kekeruhannya dengan standar *Mc.Farland* 0,5%. Hasil yang didapatkan dipisahkan pada 3 tabung falcon yang sudah diberi label P0 (inkubasi 0 jam), P1 (inkubasi 3 jam) dan P2 (inkubasi 6 jam). Sampel kemudian diinkubasi pada suhu 37°C sesuai dengan perlakuan. Setelah diinkubasi absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada gelombang 600 nm (Panjaitan *et al.*, 2018). Persentase autoagregasi diukur dengan menggunakan rumus :

$$\text{Autoagregasi (\%)} = 1 - \left(\frac{A_t}{A_0} \right) \times 100$$

Keterangan : A_t adalah nilai *Optical Density* (OD) jam akhir pada tiap perlakuan (P1 dan P2) dan A_0 adalah nilai *Optical Density* (OD) jam ke-0 inkubasi (P0).

3.5.6 Uji Hidrofobisitas Isolat BAL Asal Rumen

Uji hidrofobisitas isolat BAL asal rumen dilakukan menggunakan metode *Microbial Adhesion To Hydrocarbons* (MATH) dengan menambahkan n-heksana pada suspensi isolat BAL kemudian diamati densitas isolat bakteri yang bercampur dengan n-heksana. MATH merupakan metode yang sering digunakan untuk uji hidrofobitas permukaan sel BAL (Hernandez-Hernandez *et al.*, 2012). Adapun uji hidrofobisitas dimulai dengan mengambil 100 µL isolat bakteri kemudian ditumbuhkan dalam tabung falcon berisi 3 ml MRSB dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Isolat bakteri asal rumen dipanen kemudian disentrifugasi pada

2.500 g selama 12 menit. Endapan yang diperoleh dicuci dengan PBS sebanyak 2 kali. Proses pencucian dilakukan dengan menambahkan 3 ml PBS kemudian disentrifugasi pada 2.500 g selama 12 menit. Hasil endapan kemudian disuspensikan ke dalam PBS dan disetarakan kekeruhannya dengan *Mc.Farland* 0,5%. Hasil yang didapatkan dipisahkan pada 2 tabung falcon masing-masing 3 ml (P0 dan P1). Sampel P1 ditambahkan 1 ml n-heksana kemudian divorteks selama 1 menit. Hasil yang diperoleh didiamkan selama 10 – 15 menit hingga terjadi pemisahan. Hasil pemisahan pada bagian bawah dibuang menggunakan mikropipet kemudian hasil pemisahan bagian atas diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada gelombang 600 nm. Bakteri yang berpindah ke n-heksana dihitung dengan rumus:

$$\text{Hidrofobisitas} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 \%$$

Keterangan : A_0 = nilai (OD) 600 nm suspensi awal ; A = nilai OD setelah dicampur n-heksana.

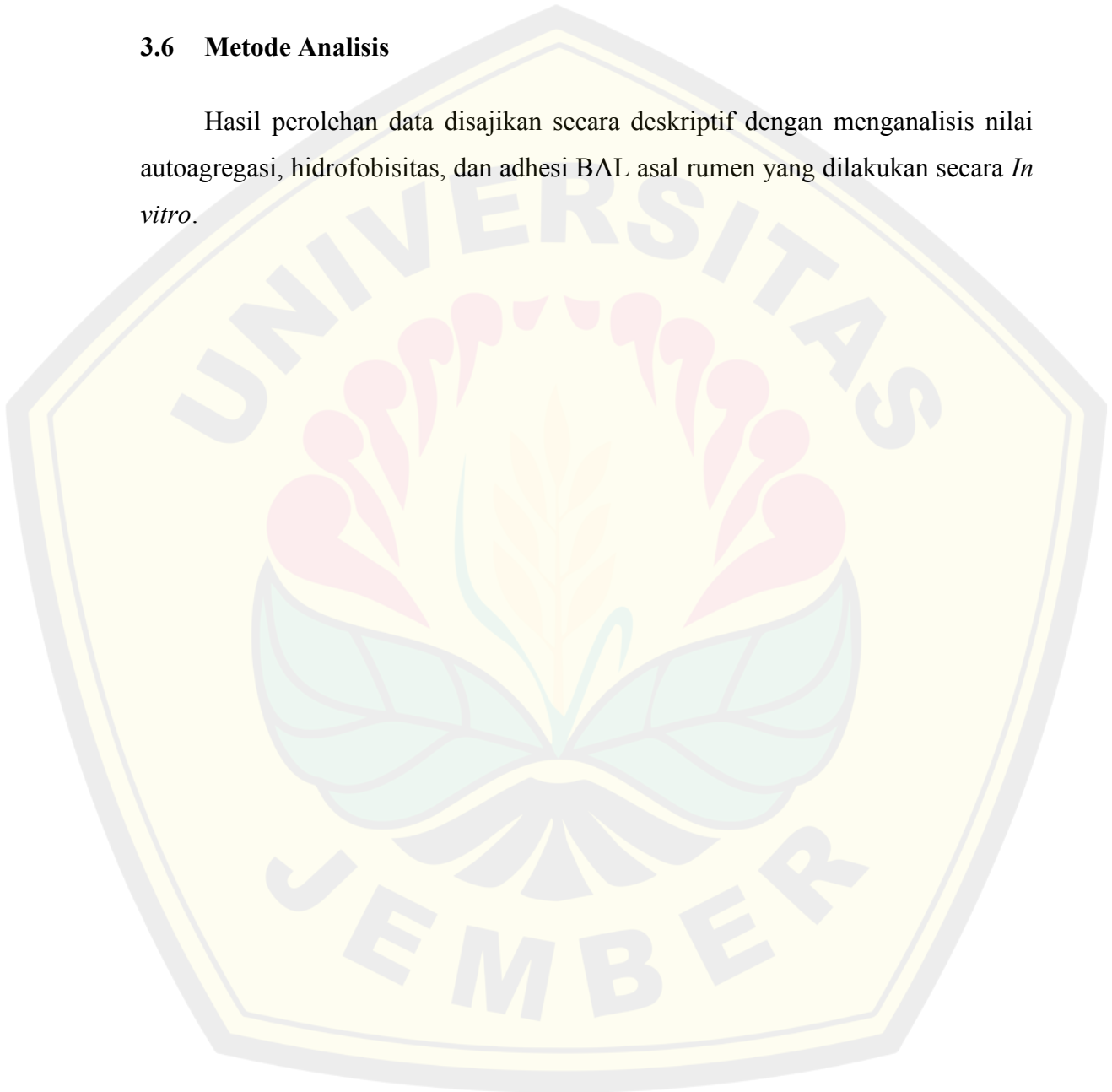
3.5.7 Uji Adhesi Isolat BAL Asal Rumen

Uji adhesi dilakukan menggunakan metode Leska *et al.* (2022) dengan beberapa modifikasi. Uji adhesi dimulai dengan menumbuhkan 100 μ L isolat bakteri ke dalam tabung falcon berisi 3 ml MRSB dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Isolat bakteri asal rumen dipanen kemudian disentrifugasi pada 2.500 g selama 12 menit. Endapan yang diperoleh dicuci dengan PBS sebanyak 2 kali. Pencucian dilakukan dengan menambahkan 3 ml PBS kemudian disentrifugasi pada 2.500 g selama 12 menit. Hasil endapan kemudian disuspensikan ke dalam PBS dan disetarakan kekeruhannya dengan *Mc.Farland* 0,5%. Hasil yang didapatkan diambil 1 ml kemudian di pindahkan kedalam tabung eppendorf dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 2 jam. Setelah diinkubasi sampel dicuci dengan PBS kemudian difiksasi dengan metanol 80% sebanyak 100 μ L dan diinkubasi selama 15 menit lalu diwarnai dengan CV 0,1% sebanyak 100 μ L dan diinkubasi kembali selama 15 menit. Selanjutnya sampel dibilas dengan PBS dan ditambahkan asam asetat 30% sebanyak 1 ml lalu diinkubasi selama 15 menit pada 120 rpm.

Hasil adhesi kemudian dibaca menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Hasil adhesi didapat kemudian diklasifikasikan sebagai berikut: $A \leq 1$ tidak memiliki kemampuan adhesi; $2 \geq A > 1$ kapasitas adhesi lemah; $3 \geq A > 2$ kapasitas adhesi sedang; $A > 3$ kemampuan adhesi kuat. A adalah hasil adhesi (Leska *et al.*, 2022).

3.6 Metode Analisis

Hasil perolehan data disajikan secara deskriptif dengan menganalisis nilai autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi BAL asal rumen yang dilakukan secara *In vitro*.



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Autoagregasi

Uji aktivitas autoagregasi isolat BAL asal rumen dilakukan dengan dua perlakuan waktu inkubasi, yaitu P1 (3 jam) dan P2 (6 jam) untuk melihat kestabilan bakteri dalam melakukan agregasi. Hasil pengujian aktivitas autoagregasi disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Nilai Uji Aktivitas Autoagregasi (%)

Jenis Ternak	Sampel	Autoagregasi (%)	
		3 jam	6 jam
Domba Sapodi	K1 BKP	97,82 ± 0,20	93,11 ± 0,24
	K1 ISP	40,59 ± 34,11	46,80 ± 29,51
	K1 BBP	39,11 ± 11,75	99,57 ± 0,08
	K2 BSP	9,97 ± 0,41	6,94 ± 0,42
	K3 ISP	87,56 ± 0,19	99,38 ± 0,26
	K3 IBP	-143,75 ± 0,000	-1123,44 ± 0,00
	K4 ISP	-557,65 ± 2,35	-71,39 ± 1,69
	K5 ISP	96,52 ± 0,07	92,96 ± 0,20
Domba Ekor Gemuk	D1 CBP	66,94 ± 0,12	82,77 ± 0,08
	D1 IBP	99,61 ± 0,00	98,84 ± 0,00
	D2 SSC	-1723,84 ± 17,46	-477,31 ± 9,92
	D4 ISC	-10,98 ± 0,13	-139,06 ± 2,92
	D6 CBP	14,80 ± 0,20	48,07 ± 0,44
Sapi Limousin	P1 BBP	66,05 ± 0,13	90,05 ± 4,76

Keterangan: >40% nilai autoagregasi sedang (baik untuk kandidat probiotik), 10%< nilai autoagregasi rendah (Wang *et al.*, 2010).

Pada inkubasi tiga jam didapatkan tujuh isolat dengan nilai autoagregasi sedang lebih dari 40%, yaitu pada sampel K1 BKP (97,82%), K1 ISP (40,59%), K3 ISP (87,56%), K5 ISP (96,52%), D1 CBP (66,94%), D1 IBP (99,61%), dan P1 BBP (66,05 %) dengan nilai autoagregasi tertinggi pada sampel D1 IBP (99,61%). Isolat BAL dengan nilai autoagregasi yang tinggi pada inkubasi tiga jam mengindikasikan bahwa BAL memiliki kemampuan kolonisasi awal yang cepat. Sedangkan pada inkubasi enam jam didapatkan sebanyak sembilan isolat dengan nilai autoagregasi sedang lebih dari 40%, yaitu pada sampel K1 BKP (93,11%), K1 ISP (46,80%), K1

BBP (99,57%), K3 ISP (99,38%), K5 ISP (92,96%), D1 CBP (82,77%), D1 IBP (98,84%), D6 CBP (48,07%), dan P1 BBP (90,05%) dengan nilai autoagregasi tertinggi K1 BBP (99,57%). Tingginya nilai autoagregasi pada inkubasi enam jam menunjukkan adanya keberlanjutan kolonisasi yang lebih stabil. Del Re *et al.* (2000) menyebutkan bakteri dengan aktivitas autoagregasi lebih dari 40% dapat dikategorikan sebagai kandidat probiotik potensial. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat Wang *et al.* (2010) yakni bakteri yang memiliki aktivitas autoagregasi setidaknya 40% dikelompokkan sebagai bakteri dengan sifat autoagregasi yang baik.

Tujuh dari empat belas isolat bakteri yakni K1 ISP, K1 BBP, K2 BSP, K3 ISP, D1 CBP, D6 CBP, dan P1 BBP mengalami peningkatan nilai autoagregasi dimana nilai autoagregasi pada inkubasi 6 jam lebih tinggi dibandingkan inkubasi 3 jam. Hal ini sejalan dengan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Krausova *et al.* (2019) bahwa persentase autoagregasi inkubasi 3 jam lebih rendah dibandingkan dengan inkubasi 6 dan 24 jam. Serupa dengan temuan tersebut, Izhar *et al.* (2024) juga menyampaikan pada penelitiannya terjadi peningkatan persentase autoagregasi per jamnya dimana nilai autoagregasi pada inkubasi 2 jam lebih tinggi dibandingkan dengan inkubasi 1 jam.

Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai autoagregasi cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Pada uji autoagregasi, nilai yang diukur adalah penurunan densitas suspensi bakteri akibat aktivitas bakteri yang saling beragregasi. Semakin lama waktu inkubasi maka semakin tinggi aktivitas bakteri dalam beragregasi sehingga meningkatkan persentase autoagregasi. Hal ini terjadi karena bakteri memerlukan waktu untuk memproduksi protein yang digunakan untuk melakukan agregasi. Protein pada permukaan bakteri memiliki peran dalam terjadinya autoagregasi. Trunk *et al.* (2018) menyebutkan bahwa autoagregasi umumnya dipicu oleh interaksi homotipik antara protein yang terdapat pada dinding sel. Tuo *et al.* (2013) melaporkan bahwa terjadi penurunan aktivitas autoagregasi pada bakteri dengan perlakuan yang merusak protein permukaan sel. Protein tersebut memediasi interaksi antar sel bakteri sehingga memungkinkan terbentuknya agrerat. Produksi protein agregasi bakteri meningkat pada saat fase

log (eksponensial) (Reier *et al.*, 2023), yang berlangsung pada jam ke-8 hingga jam ke-20 setelah fase adaptasi (Angkuna *et al.*, 2019). Selain itu, pada fase log ini metabolisme bakteri dan produksi asam ikut meningkat sehingga terjadi penurunan pH lingkungan. Maka dapat dikatakan nilai autoagregasi yang tinggi memungkinkan menurunkan pH lingkungan secara tidak langsung.

Nilai autoagregasi yang tinggi memicu terbentuknya kolonisasi bakteri yang dapat dimanfaatkan untuk menekan pertumbuhan patogen pada usus (Rojek *et al.*, 2022). Kolonisasi bakteri yang tinggi memungkinkan terbentuknya aglomerat stabil pada permukaan usus. Dengan demikian adhesi patogen pada usus dapat terhambat.

Penurunan nilai autoagregasi terjadi pada tiga isolat yakni K1 BKP, K5 ISP, D1 IBP. Empat isolat lainnya memiliki nilai autoagregasi negatif yaitu, K3 IBP (-633,59%), K4 ISP (-314,52%), D2 SSC (-1100,58%), dan D4 ISC (-75,02%). Hal ini terjadi diakibatkan adanya pergeseran fase log bakteri ke fase stationer sehingga mempengaruhi produksi ekso polisakarida (EPS). Bakteri memiliki beberapa fase pertumbuhan yakni fase lag (adaptasi), fase log (eksponensial), fase stationer, dan fase kematian (Angkuna *et al.*, 2019). Setiap fase pertumbuhan bakteri terjadi proses produksi EPS yang berbeda-beda. Brito *et al.* (2023) menjelaskan produksi EPS tertinggi terjadi pada fase stationer bakteri. Fase stationer pada *Lactobacillus* biasanya berlangsung pada jam ke-20 hingga jam ke-32 setelah fase adaptasi dimulai (Jaffar *et al.*, 2022). Peningkatan EPS pada fase stationer disebabkan adanya tekanan bakteri untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang minim (kekurangan nutrisi) sehingga bakteri memproduksi EPS lebih banyak dibandingkan fase sebelumnya sebagai bentuk proteksi diri (Nguyen *et al.*, 2020).

Lonjakan produksi EPS akibat bergantinya fase pertumbuhan mampu menutupi molekul adhesi pada permukaan sel dan menghambat kontak langsung antar sel (Dertli *et al.*, 2015). Akibatnya nilai autoagregasi sebuah bakteri menjadi sangat rendah atau bahkan negatif. Pergeseran fase pertumbuhan bakteri dapat disebabkan oleh respon fisiologis genetik bakteri yang berbeda. Hal ini didukung oleh Kim *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa fase stationer BAL dapat terjadi lebih cepat dan bervariasi meskipun berada dalam lingkungan tumbuh yang sama. Nilai autoagregasi yang rendah dapat memicu berkurangnya kemampuan bakteri

dalam berkolonisasi pada permukaan usus dikarenakan interaksi antar sel yang lemah, sehingga bakteri cenderung berada dalam bentuk sel tunggal dan akan sulit berkompetisi dengan patogen.

4.2 Hidrofobisitas

Uji aktivitas hidrofobisitas menggambarkan sejauh mana permukaan sel bakteri lebih menyukai interaksi dengan permukaan yang bersifat non polar dari pada permukaan yang bersifat air. Hidrofobisitas menjadi uji yang penting sebab karakter ini mampu mempengaruhi cara bakteri melekat pada permukaan lain yang mengindikasikan awal terjadinya proses pembentukan biofilm (Kochkodan et al., 2008 ; Giaouris et al., 2009). Hasil uji aktivitas hidrofobisitas isolat BAL asal rumen ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai Uji Aktivitas Hidrofobisitas (%)

Jenis Ternak	Sampel	Hidrofobisitas (%)
		N-Heksana
Domba Sapodi	K1 BKP	33,71 ± 0,49
	K1 ISP	75,57 ± 0,09
	K1 BBP	8,65 ± 0,88
	K2 BSP	27,99 ± 1,15
	K3 ISP	23,55 ± 0,34
	K3 IBP	2,66 ± 0,00
	K4 ISP	8,57 ± 0,20
	K5 ISP	16,14 ± 0,03
Domba Ekor Gemuk	D1 CBP	32,34 ± 0,07
	D1 IBP	11,58 ± 0,00
	D2 SSC	11,50 ± 0,19
	D4 ISC	57,57 ± 0,43
	D6 CBP	32,06 ± 0,26
Sapi Limousin	P1 BBP	22,17 ± 0,70

Keterangan: 0 – 34% hidrofobisitas lemah, 35 – 69% hidrofobisitas sedang, dan 70 – 100% hidrofobisitas tinggi (Parlindungan *et al.*, 2021).

Hasil diketahui bahwa sampel K1 ISP memiliki nilai hidrofobisitas tertinggi yaitu 75,57%, hal ini menunjukkan bahwa isolat BAL K1 ISP memiliki permukaan sel yang lebih bersifat nonpolar sehingga lebih mudah berikatan dengan permukaan

yang hidrofobik. Terdapat dua belas isolat BAL dengan nilai hidrofobisitas lemah (2,66% sampai dengan 33,71%) yaitu isolat K1 BKP (33,71%), K1 BBP (8,65%), K2 BSP (27,99%), K3 ISP (23,55%), K3 IBP (2,66%), K4 ISP (8,57%), K5 ISP (16,14%), D1 CBP (32,34%), D1 IBP (11,58%), D2 SSC (11,50%), D6 CBP (32,06%), dan P1 BBP (22,17). Selanjutnya, terdapat satu isolat BAL dengan nilai hidrofobisitas sedang lebih dari 35% yakni D4 ISC (57,57%) dan satu isolat dengan nilai hidrofobisitas tinggi lebih dari 75% yaitu K1 ISP (75,57%).

Hasil diatas menunjukkan bahwa sebagian besar isolat BAL memiliki tingkat aktivitas hidrofobisitas yang lemah, hanya sebagian kecil isolat yang menunjukkan aktivitas hidrofobisitas sedang hingga tinggi. Perbedaan nilai hidrofobisitas mencerminkan adanya variasi komposisi dinding sel dan molekul permukaan bakteri (Razak *et al.*, 2006). Perbedaan nilai ini menegaskan bahwasanya aktivitas hidrofobisitas isolat BAL bersifat strain-spesifik dan tidak dapat digeneralisasi hanya berdasarkan sumbernya. Hal ini didukung oleh pernyataan Krausova *et al.* (2019) yakni nilai hidrofobisitas sebuah bakteri yang diuji menggunakan metode *Microbial Adhesion To Hydrocarbons* (MATH) dapat bervariasi tergantung pada galur dan spesiesnya. Sejalan dengan Darmastuti *et al.* (2021), melaporkan BAL dengan asal yang sama memiliki nilai hidrofobisitas yang berbeda yakni *L. plantarum* Dad-13 berbeda (lebih rendah) dibandingkan *L. plantarum* Mut-7.

Perbedaan nilai hidrofobisitas dapat pula dipengaruhi oleh fase pertumbuhan bakteri saat pengujian (Panjaitan *et al.*, 2018). Protein yang dihasilkan pada fase log (eksponensial) cenderung bersifat hidrofobik sehingga mampu meningkatkan nilai hidrofobisitas bakteri. Laju pertumbuhan bakteri dapat berbeda pada waktu penanaman yang sama. Wang *et al.* (2010) menyoroti dalam penelitiannya dua bakteri individual dapat memiliki fase pertumbuhan yang berbeda pada waktu yang sama. Perbedaan ini disebabkan adanya respon fisiologis bakteri yang berbeda dalam menghadapi tekanan dari lingkungan tempatnya tumbuh (Nguyen *et al.*, 2021).

Isolat K3 IBP menunjukkan nilai hidrofobisitas paling rendah yakni 2,66%. Hal ini mencerminkan sifat permukaan hidrofilik sel lebih tinggi dibandingkan sifat hidrofobiknya. Sifat hidrofilik sebuah bakteri dipengaruhi oleh susunan kimia

seperti gugus asam amino, gugus hidroksil, gugus karboksil, gugus sulfonat, gugus aldehida, dan gugus fosfat (Yang *et al.*, 2023). Selain itu, Yang *et al.* (2023) menjelaskan lebih spesifik pada penelitiannya bahwa gugus C-(O,N) (gugus hidrofilik) mampu menurunkan nilai hidrofobisitas sedangkan C-(C,H) (gugus hidrofobik) mampu meningkatkan nilai hidrofobisitas pada *M.aeruginosa*.

Nilai hidrofobisitas yang rendah pada sebagian besar isolat mengindikasikan bahwa nilai hidrofobisitas tidak hanya bergantung pada interaksi hidrofobik melainkan terdapat beberapa interaksi spesifik lainnya seperti senyawa permukaan tertentu atau ikatan protein dengan reseptor. Sementara itu, pada isolat dengan nilai hidrofobisitas sedang lebih dari 35% seperti sampel K1 ISP dan D4 ISC menunjukkan adanya potensi probiotik. Ponpichai *et al.* (2025) menyebutkan bahwa nilai hidrofobisitas lebih dari 35% dapat dipertimbangkan sebagai kandidat probiotik. Bakteri dengan nilai hidrofobisitas yang baik (sedang hingga tinggi) menjadikan permukaan sel bakteri lebih mudah berinteraksi dengan sel epitel usus yang juga bersifat hidrofobik (non polar) sehingga bakteri mampu meningkatkan kemampuan bakteri menempel pada mukosa usus.

4.3 Adhesi

Uji aktivitas adhesi adalah pengujian secara *In vitro* untuk mengevaluasi kemampuan awal isolat BAL sebagai kandidat probiotik. Pada penelitian ini media yang digunakan untuk mengamati aktivitas adhesi isolat BAL adalah polypropylene. Polypropylene merupakan polimer termoplastik yang terbentuk melalui polimerase monomer propilena. Hasil uji aktivitas adhesi pada isolat BAL asal rumen sebagai kandidat probiotik ditampilkan pada Tabel 4.3.

Hasil menunjukkan terdapat tiga isolat dengan adhesi sedang ($3 \geq A > 2$) yakni isolat K1 BKP (2,29), K2 BSP (2,58), dan D1 CBP (2,40). Sebanyak empat isolat menunjukkan aktivitas adhesi lemah ($2 \geq A > 1$) yakni pada isolat K3 IBP, D1 IBP, D4 ISC, dan P1 BBP (1,01 hingga 1,98). Tujuh isolat lainnya menunjukkan tidak adanya aktivitas adhesi dengan nilai adhesi kurang dari satu (K1 ISP, K1 BBP, K3 ISP, K4 ISP, K5 ISP, D2 SSC, D6 CBP).

Tabel 4. 3 Nilai Uji Aktivitas Adhesi

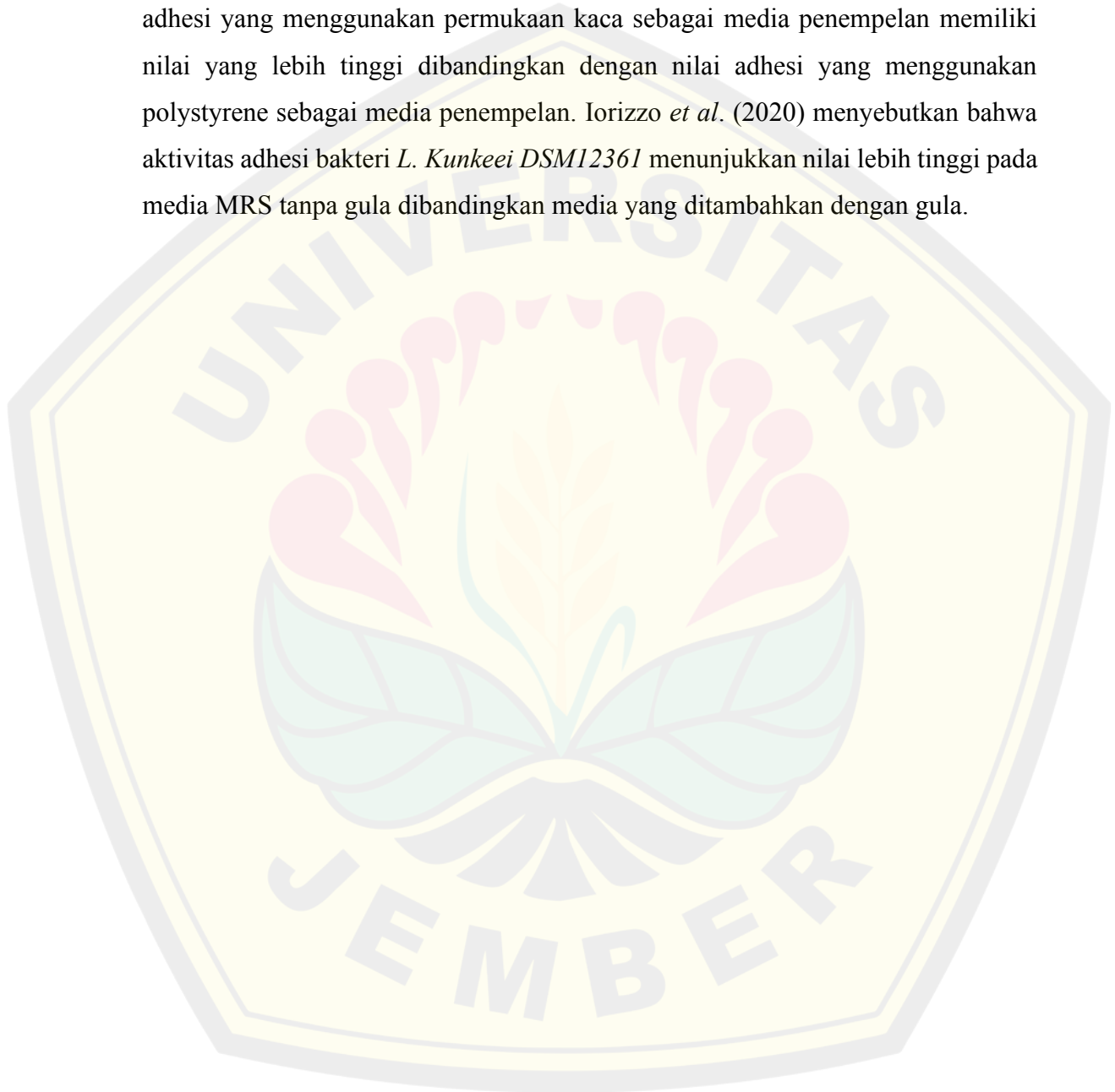
Jenis Ternak	Sampel	Nilai Adhesi (A)
Domba Sapodi	K1 BKP	2,29
	K1 ISP	0,45
	K1 BBP	0,55
	K2 BSP	2,58
	K3 ISP	0,80
	K3 IBP	1,01
	K4 ISP	0,86
	K5 ISP	0,93
Domba Ekor Gemuk	D1 CBP	2,40
	D1 IBP	1,98
	D2 SSC	0,98
	D4 ISC	1,77
	D6 CBP	0,94
Sapi Limousin	P1 BBP	1,90

Keterangan: $A \leq 1$ tidak memiliki kemampuan adhesi; $2 \geq A > 1$ kapasitas adhesi lemah; $3 \geq A > 2$ kapasitas adhesi sedang; $A > 3$ kemampuan adhesi kuat dengan A adalah nilai adhesi (Leska *et al.*, 2022).

Leska *et al.* (2022) menjelaskan bahwa aktivitas adhesi sebuah bakteri diklasifikasikan sebagai berikut, $A \leq 1$ tidak memiliki kemampuan adhesi; $2 \geq A > 1$ kapasitas adhesi lemah; $3 \geq A > 2$ kapasitas adhesi sedang; $A > 3$ kemampuan adhesi kuat dengan A adalah nilai adhesi. Bakteri dengan nilai adhesi lemah hingga sedang dapat dikategorikan sebagai kandidat probiotik, selama bakteri masih memenuhi kriteria probiotik lainnya seperti tahan terhadap garam empedu, memiliki aktivitas antimikroba, serta mampu berinteraksi dengan sel epitel usus. Pada penelitian yang dilakukan Wang *et al.* (2022) menjelaskan bakteri dengan kemampuan adhesi sekitar 8 hingga 26% (lemah hingga sedang) pada sel Caco-2 tetap memiliki potensi probiotik dan kemampuan menghambat penempelan patogen.

Kemampuan BAL dalam menempel pada lingkungan yang asam menjadi hal penting untuk menjalankan fungsi probiotik pada saluran pencernaan inang (Leska *et al.*, 2022). Bakteri yang memiliki kemampuan adhesi yang baik dapat menempel pada sel epitel usus, sehingga tidak terbuang bersama aliran makanan dan aktivitas probiotik dapat berlangsung lebih efektif (Sim *et al.*, 2025). Perbedaan nilai adhesi

pada isolat BAL dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti durasi interaksi bakteri dengan permukaan, karakteristik bakteri seperti komponen dinding sel, nutrisi dan kepadatan populasi bakteri (Zheng *et al.*, 2021). Selain itu media permukaan yang digunakan selama penelitian mampu menghasilkan nilai adhesi yang berbeda. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan Leska *et al.* (2022), dimana nilai adhesi yang menggunakan permukaan kaca sebagai media penempelan memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai adhesi yang menggunakan polystyrene sebagai media penempelan. Iorizzo *et al.* (2020) menyebutkan bahwa aktivitas adhesi bakteri *L. Kunkeei DSM12361* menunjukkan nilai lebih tinggi pada media MRS tanpa gula dibandingkan media yang ditambahkan dengan gula.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, aktivitas autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi suatu bakteri dipengaruhi oleh beberapa hal seperti karakteristik permukaan bakteri, media tumbuh bakteri, fase pertumbuhan bakteri dan komposisi permukaan sebuah bakteri. Sehingga dapat disimpulkan:

1. Sembilan isolat BAL memiliki nilai autoagregasi sedang hingga tinggi diatas 40% yaitu, lima berasal dari rumen Domba Sapodi (K1 BKP, K1 ISP, K1 BBP, K3 ISP, K5 ISP), tiga isolat dari rumen Domba Ekor Gemuk (D1 CBP, D1 IBP, D6 CBP), dan satu isolat dari rumen Sapi Limousin (P1 BBP).
2. Dua isolat BAL memiliki nilai hidrofobisitas sedang diatas 35% yakni K1 ISP berasal dari rumen Domba Sapodi dan D4 ISC yang dari rumen Domba Ekor Gemuk.
3. Empat isolat BAL yang memiliki nilai adhesi lemah yakni, satu isolat dari rumen Domba Sapodi (K3 IBP), dua isolat dari rumen Domba Ekor Gemuk (D1 IBP, D4 ISC), dan satu dari rumen Sapi Limousin (P1 BBP). Selanjutnya terdapat tiga isolat BAL yang memiliki nilai adhesi sedang yaitu dua berasal dari rumen Domba Sapodi (K1 BKP, K2 BSP) dan satu berasal dari rumen Domba Ekor Gemuk (D1 CBP).

Isolat BAL yang memiliki nilai sedang hingga tinggi pada salah satu parameter (autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi) dapat dipertimbangkan sebagai kandidat probiotik. Isolat K1 ISP yang berasal dari rumen Domba Sapodi dengan nilai autoagregasi dan hidrofobisitas yang tinggi diprioritaskan sebagai bakteri paling berpotensi menjadi kandidat probiotik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang didapatkan, disarankan dilakukannya pengujian lanjutan secara *In vivo* terutama pada pengujian adhesi menggunakan sel epitel usus untuk memvalidasi karakteristik isolat BAL sebagai kandidat probiotik. Selain itu

isolat BAL yang menunjukkan nilai sedang hingga tinggi pada salah satu uji autoagregasi, hidrofobisitas, dan adhesi berpotensi memiliki kemampuan kolonisasi yang tinggi, sehingga disarankan untuk diprioritaskan sebagai kandidat probiotik pada tahap pengujian berikutnya seperti resistensi terhadap garam empedu, aktivitas antimikroba, dan kemampuan koagregasi bakteri terhadap patogen.



DAFTAR PUSTAKA

- Alam, F., & Balani, K. (2017). Adhesion force of staphylococcus aureus on various biomaterial surfaces. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 65, 872-880.
- Abdulla, A. A., Abed, T. A., & Saeed, A. M. (2014). Adhesion , autoaggregation and hydrophobicity of six lactobacillus strains. *British Microbiology Research Journal*, 4(4), 381–391.
- Amelia, R., Philip, K., Pratama, Y. E., & Purwati, E. (2021). Characterization and probiotic potential of lactic acid bacteria isolated from dadiah sampled in West Sumatra. *Food Science and Technology (Brazil)*, 41(December), 746–752. <https://doi.org/10.1590/fst.30020>
- Amir, M., Sopiattunnisa, N., & Abna, I. M. (2024). Produksi asam laktat oleh lactobacillus acidophilus dalam media fermentasi kombinasi limbah cair tahu dan mangga (*Mangifera indica* l.). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*, 15(1), 25–36. www.journal.uniga.ac.id
- Andriani, R. (2016). Pengenalan alat-alat laboratorium mikrobiologi untuk mengatasi keselamatan kerja dan keberhasilan praktikum. *Jurnal Mikrobiologi*, 1(1), 1–7.
- Angkuna, S. A., Apridamayanti, P., & Sari, R. (2019). Penentuan waktu optimum produksi bakteriosin dari lactobacillus casei terhadap bakteri patogen Staphylococcus aureus dan Escherichia coli. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1).
- Astuti, W. D., Ridwan, R., Fidriyanto, R., Rohmatussolihat, R., Sari, N. F., Sarwono, K. A., Fitri, A., & Widyastuti, Y. (2022). Changes in rumen fermentation and bacterial profiles after administering lactiplantibacillus plantarum as a probiotic. *Veterinary World*, 15(8), 1969–1974. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1969-1974>
- Berne, C., Ellison, C. K., Ducret, A., & Brun, Y. V. (2018). Bacterial adhesion at the single-cell level. *Nature Reviews Microbiology*, 16(10), 616-627.
- Brito, M. M. De, Bundelewa, I., Marin, F., Vennin, E., & Wilmotte, A. (2023). Properties of exopolymeric substances (EPSs) produced during cyanobacterial growth : potential role in whiting events. *Biogeosciences*, 20, 3165–3183.
- Cirat, R., Benmechernene, Z., Cunedioğlu, H., Rutigliano, M., Scauro, A., Abderrahmani, K., Mebrouk, K., Capozzi, V., Spano, G., Gatta, B. la, Rocchetti, M. T., Fiocco, D., & Fragasso, M. (2025). Cross-over application

- of Algerian dairy lactic acid bacteria for the fermentation and biocontrol of quinoa. *Microorganisms*, 13(9), 1–21. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13092201>
- Darmastuti, A., Hasan, P. N., Wikandari, R., Utami, T., Rahayu, E. S., & Suroto, D. A. (2021). Adhesion properties of *Lactobacillus plantarum* Dad-13 and *Lactobacillus plantarum* Mut-7 on sprague dawley rat intestine. *Microorganisms*, 9, 2336. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms9112336>
- Del Re, B., Sgorbati, B., Miglioli, M., & Palenzona, D. (2000). Adhesion, autoaggregation and hydrophobicity of 13 strains of *Bifidobacterium longum*. *Letters in applied microbiology*, 31(6), 438-442.
- Dertli, E., Mayer, M. J., & Narbad, A. (2015). Impact of the exopolysaccharide layer on biofilms, adhesion and resistance to stress in *Lactobacillus johnsonii* FI9785. *BMC Microbiology*, 15(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0347-2>
- De Souza, B. M. S., Borgonovi, T. F., Casarotti, S. N., Todorov, S. D., & Penna, A. L. B. (2019). *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus fermentum* strains isolated from mozzarella cheese: probiotic potential, safety, acidifying kinetic parameters and viability under gastrointestinal tract conditions. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 11(2), 382-396.
- Du, Y., Li, H., Shao, J., Wu, T., Xu, W. L., Hu, X., & Chen, J. (2022). Adhesion and colonization of probiotic *Lactobacillus plantarum* HC-2 in the intestine *litopenaeus vannamei* are associated with bacterial surface proteins. *Frontiers in Microbiology*, 13, 878874. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.878874>
- Effendi, D., Widjayanto, B. A., Kosasih, Pratama, B. M., & Sugoro, I. (2017). Produksi gas metana batubara dengan pemanfaatan mikroba cairan rumen pada berbagai perlakuan kondisi dan media. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 51(2), 16. <http://www.journal.lemigas.esdm.go.id>
- Elbourne, A., Chapman, J., Gelmi, A., Cozzolino, D., Crawford, R. J., & Truong, V. K. (2019). Bacterial-nanostructure interactions: The role of cell elasticity and adhesion forces. *Journal of Colloid and Interface Science*, 546, 192-210.
- Gaffar, A., & Suryani, E. M. (2023). Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat (BAL) penghasil bakteriosin pada produk susu. *Jurnal Tampiasih*, 1(2), 22–32. file:///C:/Users/tpp/Downloads/Artikel+4_Darma-3.pdf
- Giaouris, E., Chapot-Chartier, M. P., & Briandet, R. (2009). Surface physicochemical analysis of natural *Lactococcus lactis* strains reveals the existence of hydrophobic and low charged strains with altered adhesive properties. *International Journal of Food Microbiology*, 131(1), 2–9.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.09.006>

- Gifari, Z. Al, Anwar, K., Rosyidi, A., Ali, M., & Amin, M. (2022). Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat penghasil enzim fitase sebagai kandidat probiotik untuk ternak unggas. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7, (6). <https://lib.unnes.ac.id/20002/>
- Goswami, R. R., Pohare, S. D., Raut, J. S., & Karuppayil, S. M. (2017). Cell surface hydrophobicity as a virulence factor in candida albicans. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 14(4), 1503–1511. <https://dx.doi.org/10.13005/bbra/2598%0A>(Received:
- Haniastuti, T. (2016). Penurunan hidrofobisitas permukaan sel bakteri plak gigi setelah dipapar rebusan daun sirih merah konsentrasi 10%. *Dentika Dental Journal*, 19(1), 38–41.
- Hernandez-Hernandez, O., Muthaiyan, A., Moreno, F. J., Montilla, A., Sanz, M. L., & Ricke, S. C. (2012). Effect of prebiotic carbohydrates on the growth and tolerance of Lactobacillus. *Food Microbiology*, 30(2), 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2011.12.022>
- Iorizzo, M., Lombardi, S. J., Ganassi, S., Testa, B., Ianiro, M., Letizia, F., Succi, M., Tremonte, P., Vergalito, F., Cozzolino, A., Sorrentino, E., & Petrarca, S. (2020). Antagonistic activity against ascosphaera apis and functional properties of lactobacillus kunkeei strains. *Antibiotics*, 9, 262.
- Izhar, M. Z., Nawaz, M., Yaqub, T., Avais, M., & Anjum, A. A. (2024). In vitro characterization of probiotic potential of Lactobacillus plantarum CM49 against selected cattle mastitogens. *BMC Microbiology*, 24(310).
- Jaffar, N. B., Syahiran, M. S., & Bhupalan, K. (2022). The influence of stationary and exponential growth phase of probiotic lactobacilli towards aggregatibacter actinomycetemcomitans biofilm. *Adv. Life Sci*, 9(4), 490–497. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182011000700011>
- Kamra, D. N. (2005). Rumen microbial ecosystem. *Current science*, 124-135.
- Karagulyan, M., Goebel, M. O., Diehl, D., Quba, A. A. A., Kästner, M., Bachmann, J., Wick, L. Y., Schaumann, G. E., & Miltner, A. (2022). Water stress-driven changes in bacterial cell surface properties. *Applied and environmental microbiology*. *Applied and Environmental Microbiology*, 88(21). <https://doi.org/10.1128/aem.00732-22>
- Kim, M., & Lee, S. (2019). Leuconostoc mesenteroides MKSR isolated from kimchi possesses α -glucosidase inhibitory activity, antioxidant activity, and cholesterol-lowering effects. *Journal of Food Science*, 84(12), 3371–3378. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14891>

- Kim, S. J., Lee, J. S., Arachchige, V. H. J. H., Kim, E. H., Ryu, B. H., Lee, J. S., & Hong, Y. S. (2025). Metabolomic signatures of lactic acid bacteria: their growth rates and roles in enhancing kimchi quality. *Applied Biological Chemistry*, 68(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-025-01025-6>
- Kragh, K. N., Hutchison, J. B., Melaugh, G., Rodesney, C., Roberts, A. E. L., Irie, Y., Jensen, P., Diggle, S. P., Allen, R. J., Gordon, V., & Bjarnsholt, T. (2016). Role of multicellular aggregates in biofilm formation. *MBio*, 7(2). <https://doi.org/10.1128/mBio.00237-16>
- Krausova, G., Hyrslova, I., & Hynstova, I. (2019). In vitro evaluation of adhesion capacity, hydrophobicity, and auto-aggregation of newly isolated potential probiotic strains. *Fermentation*, 5(4), 100.
- Kochkodan, V., Tsarenko, S., Potapchenko, N., Kosinova, V., & Goncharuk, V. (2008). Adhesion of microorganisms to polymer membranes: a photobactericidal effect of surface treatment with TiO₂. *Desalination*, 220(1-3), 380-385.
- Leksono, B. Y., Purwijantiningsih, E., & Wibisono, G. I. B. (2024). Cell surface and adherence properties of Indonesian indigenous lactic acid bacteria as probiotic candidate. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.24002/biota.v9i1.8124>
- Leska, A., Nowak, A., & Czarnecka-Chrebelska, K. H. (2022). Adhesion and anti-adhesion abilities of potentially probiotic lactic acid bacteria and biofilm eradication of honeybee (*Apis mellifera* L.) Pathogens. *Molecules*, 27(24). <https://doi.org/10.3390/molecules27248945>
- Marantika, P., Tarmidi, A. R., & Hernaman, I. (2020). Pengaruh imbalanced rumput lapangan dengan limbah kol (*brassica oleracea* var *capitata* L.) Terhadap total bakteri dan protozoa pada cairan rumen domba (in vitro). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 2(2), 108–113.
- Mokoena, M. P. (2017). Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens: a mini-review. *Molecules*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/molecules22081255>
- Mudjiyanto, B. (2018). Tipe penelitian eksploratif komunikasi. *Jurnal Studi Komunikasi Dan Media*, 22(1), 65–74.
- Munira, Rasidah, Mellani, E., Zakiah, N., & Nasir, M. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia Catappa* L.) Warna Hijau Dan Warna Merah Serta Kombinasinya. *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product*, 1(2), 8–13. <https://doi.org/10.35473/ijpnp.v1i2.92>

- Murtius, W. S. (2016). Aktivitas amilolitik pada parutan ubi kayu (*Manihot utilissima*) yang diperam dengan waktu yang berbeda. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 20(1), 27-34.
- Nguyen, J., Fernandez, V., Pontrelli, S., Sauer, U., Ackermann, M., & Stocker, R. (2021). A distinct growth physiology enhances bacterial growth under rapid nutrient fluctuations. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23439-8>
- Nguyen, P. T., Nguyen, T. T., Bui, D. C., Hong, P. T., Hoang, Q. K., & Nguyen, H. T. (2020). Exopolysaccharide production by lactic acid bacteria: The manipulation of environmental stresses for industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(4), 451–469. <https://doi.org/10.3934/MICROBIOL.2020027>
- Nizori, A., Sukendra, A., & Mursyid, S. (2019). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from fermented durian flesh (tempoyak) against pathogenic and spoilage bacteria during storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 347(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/347/1/012053>
- Palachum, W., Chisti, Y., & Choorit, W. (2018). In-vitro assessment of probiotic potential of *Lactobacillus plantarum* WU-P19 isolated from a traditional fermented herb. *Annals of Microbiology*, 68(2), 79-91.
- Panjaitan, R., Nuraida, L., & Dewanti-Hariyadi, R. (2018). Seleksi isolat bakteri asam laktat asal tempe dan tape sebagai kandidat probiotik. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 29(2), 175–184. <https://doi.org/10.6066/jtip.2018.29.2.175>
- Parlindungan, E., Lugli, G. A., Ventura, M., Sinderen, D. Van, & Mahony, J. (2021). Lactic acid bacteria diversity and characterization of probiotic candidates in fermented meats. *Foods*, 10(1519).
- Ponpichai, P., Maitip, J., Lertworapreecha, M., & Chanasit, W. (2025). Probiotic lactic acid bacteria from stingless bee products: isolation, characterization, and enhanced viability using prebiotic-fortified microencapsulation. *Annals of Microbiology*, 75(1). <https://doi.org/10.1186/s13213-025-01817-7>
- Priadi, G., Setiyoningrum, F., Afiati, F., Irzaldi, R., & Lisdiyanti, P. (2020). Studi in vitro bakteri asam laktat kandidat probiotik dari makanan fermentasi Indonesia. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 21–28. <https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.1.21>
- Puniya, A. K., Singh, R., & Kamra, D. N. (2015). Rumen microbiology: from evolution to revolution. In *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2401-3>

- Purbowati, E., Rianto, E., Dilaga, W. S., Sri Lestari, C. M., & Adiwinarti, R. (2014). Karakteristik cairan rumen, jenis, dan jumlah mikrobial dalam rumen sapi Jawa dan peranakan ongole. *Buletin Peternakan*, 38(1), 21. <https://doi.org/10.21059/buletinpeternak.v38i1.4609>
- 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. <https://doi.org/10.14710/jbt.1.2.6-12>
- Ramadhani, O. S., Chotimah, L., Luthfiana, S., Susanti, W., Huda, R. N., Salim, R. N., Dyah, L., Arini, D., No, J. P., Grogol, K., & Sukoharjo, K. (2024). Literatur review manfaat makanan mengandung probiotik bagi kesehatan. *Quantum Wellness : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 4.
- Razak, F. A., Othman, R. Y., & Rahim, Z. H. A. (2006). The effect of Piper betle and Psidium guajava extracts on the cell-surface hydrophobicity of selected early settlers of dental plaque. *Journal of Oral Science*, 48(2), 71–75. <https://doi.org/10.2334/josnusd.48.71>
- Reier, K., Liiv, A., & Remme, J. (2023). Ribosome Protein Composition Mediates Translation during the Escherichia coli Stationary Phase. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/ijms24043128>
- Rosmania, & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di laboratorium mikrobiologi menggunakan pengembangan metode spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76–86. <http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/index>
- Sari, N. F. (2017). Mengenal keragaman mikroba rumen pada perut sapi secara molekuler. *Biotrends*, 8(1), 5-9.
- Sahid, S. A., Ayuningsih, B., & Hernaman, I. (2022). Pengaruh lama fermentasi pada penggunaan dedak fermentasi terhadap kandungan lignin dan selulosa silase tebon jagung. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 4(1), 1–9.
- Sim, E. A., Kim, S. Y., Kim, S. N., & Mun, E. G. (2025). Probiotic potential and enhanced adhesion of fermented foods-isolated lactic acid bacteria to intestinal epithelial caco-2 and HT-29 cells. *Microorganisms*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms13010032>
- Suardana, I. W., Cahyani, A. P., Januartha, K., & Pinatih, P. (2016). Probiotic potency and molecular identification of lactic acid bacteria isolated from Bali cattle's colon, Indonesia. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, 5(5), 143–149.
- Sukarno, A. S., Widodo, Rakhmatulloh, S., Nurliyani, N., & Wahyuni, E. (2023).

Penggunaan ekstrak tomat untuk peremajaan *L. acidophilus* FNCC sebagai media alternatif pada penyiapan starter fermentasi. *Bulletin of Applied Animal Research*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.36423/baar.v5i1.1222>

Toyofuku, M., Inaba, T., Kiyokawa, T., Obana, N., Yawata, Y., & Nomura, N. (2016). Environmental factors that shape biofilm formation. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 80(1), 7–12. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1058701>

Trunk, T., S. Khalil, H., & C. Leo, J. (2018). Bacterial autoaggregation. *AIMS Microbiology*, 4(1), 140–164. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.1.140>

Tuo, Y., Yu, H., Ai, L., Wu, Z., Guo, B., & Chen, W. (2013). Aggregation and adhesion properties of 22 *Lactobacillus* strains. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4252–4257. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6547>

Wang, C., Hou, J., van der Mei, H. C., Busscher, H. J., & Ren, Y. (2019). Emergent properties in streptococcus mutans biofilms are controlled through adhesion force sensing by initial colonizers. *MBio*, 10(5). <https://doi.org/10.1128/mBio.01908-19>

Wang, P., Chen, S., Liao, C., Jia, Y., Li, J., Shang, K., Chen, J., Cao, P., Li, W., Li, Y., Yu, Z., & Ding, K. (2022). Probiotic properties of chicken-derived highly adherent lactic acid bacteria and inhibition of enteropathogenic bacteria in caco-2 cells. *Microorganisms*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122515>

Wang, P., Robert, L., Pelletier, J., Dang, W. L., Taddei, F., Wright, A., & Jun, S. (2010). Robust growth of escherichia coli. *Current Biology*, 20(12), 1099–1103. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.04.045>

Wang, Y., Wu, J., Lv, M., Shao, Z., Hungwe, M., Wang, J., Bai, X., Xie, J., Wang, Y., & Geng, W. (2021). Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9(May), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.612285>

Wei, W., Zhen, Y., Wang, Y., Shahzad, K., & Wang, M. (2022). Advances of rumen functional bacteria and the application of micro-encapsulation fermentation technology in ruminants: a review. *Fermentation*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/fermentation8100564>

Wick, L. Y., Pasche, N., Bernasconi, S. M., Pelz, O., & Harms, H. (2003). Characterization of multiple-substrate utilization by anthracene-degrading mycobacterium frederiksbergense LB501T. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(10), 6133–6142. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.10.6133-6142.2003>

- Widianingrum, D. C., Tanzil, A. I., Masnilah, R., & Nurcahyanti, S. D. (2025). Skrining dan identifikasi bakteri asam laktat dari rumen ternak sebagai kandidat probiotik. *Jurnal Sain Veteriner*, 43(2), 369–377. <https://doi.org/10.22146/jsv.104307>
- Yang, H., Wu, D., Li, H., & Hu, C. (2023). The extracellular polysaccharide determine the physico-chemical surface properties of *Microcystis*. *Frontiers in Microbiology*, 14(December), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1285229>
- Yang, S. J., Kim, K. T., Kim, T. Y., & Paik, H. D. (2020). Probiotic properties and antioxidant activities of *pediococcus pentosaceus* SC28 and *levilactobacillus brevis* KU15151 in fermented black gamju. *Foods*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091154>
- Yonata, A., Fathul, A., Farid, M., & Latin, A. (2016). Penggunaan probiotik sebagai terapi diare. *Jurnal Penggunaan Probiotik Sebagai Terapi Diare*, 5(April), 1–5.
- Zawistowska-Rojek, A., Kośmider, A., Stępień, K., & Tyski, S. (2022). Adhesion and aggregation properties of *Lactobacillaceae* strains as protection ways against enteropathogenic bacteria. *Archives of Microbiology*, 204(5), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-02889-8>
- Zheng, S., Bawazir, M., Dhall, A., Kim, H., He, L., Heo, J., & Hwang, G. (2021). Implication of surface properties , bacterial motility , and hydrodynamic conditions on bacterial surface sensing and their initial adhesion. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9(February), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.643722>
- Zubaidah, A., Prasetyo, D., Handajani, H., Rohmah, S. P., & Puspita, D. A. (2019). Screening bakteri selulolitik dan amilolitik pada rumen sapi sebagai kandidat probiotik pada budidaya ikan secara in vitro. *Jurnal Riset Akuakultur*, 14(4), 261–271. <https://doi.org/10.15578/jra.14.4.2019.261-271>

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Hasil Analisis Data



<https://unej.id/AnalisisDataUjiAutoagregasiHidrofobisitasdanAdhesiBAL>

Lampiran 1. 2 Dokumentasi Penelitian



<https://unej.id/DokumentasiUjiAutoagregasiHidrofobisitasdanAdhesiBAL>