

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Populasi Bakteri

Jumlah populasi dan karakteristik makroskopis bakteri dari bokashi kotoran sapi dan daun kering diperoleh 5 isolat dari hasil isolasi dengan populasi berkisar antara $9,25 \times 10^6$ - $1,65 \times 10^8$ CFU/g. Data hasil penelitian disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Populasi Bakteri

No	Isolat	Populasi Bakteri (CFU/g)
1	BKS 1	$1,05 \times 10^7$
2	BKS 2	$9,25 \times 10^6$
3	BKS 3	$4,75 \times 10^7$
4	BKS 4	$4,05 \times 10^7$
5	BKS 5	$1,65 \times 10^8$

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini (Tabel 4.1) lebih sedikit dibandingkan dengan hasil penelitian Rizkina (2022) tentang Skrining Isolat Bakteri dari Pupuk Kandang Sapi yang Berpotensi dalam Menghambat Pertumbuhan *Alternaria porri* (Ellis) Cif. secara *in vitro* di mana pada isolasi yang dilakukan tersebut mendapatkan 4 isolat dari hasil isolasi dengan populasi berkisar antara $1,20 \times 10^8$ – $1,83 \times 10^9$ CFU/g. Hasil analisis yang dilakukan oleh Bai *et al.* (2012) ditemukan total bakteri pada kotoran sapi mencapai $3,05 \times 10^{11}$ CFU/g. Menurut hasil penelitian Yuli dkk, (2015) yang menyatakan bahwa populasi mikroba 10^6 CFU/g sudah dikatakan cukup dalam memenuhi syarat sebagai aktivator pada fermentasi pupuk.

Higa dan Wididana (1994) menyatakan bahwasannya EM₄ mengandung 90% bakteri *Lactobacillus* sp., bakteri fotosintetik, *Streptomyces* sp., Actinomycetes dan ragi. Menurut Nur (2016) jumlah mikroorganisme yang ada pada EM₄ sangat banyak sekitar 80 genus dan jumlah mikroba dari kompos daun kering diperkirakan mengandung sampai 30.000 spesies organisme berbeda, seperti bakteri dan jamur yang menguntungkan bagi tanah. Lisma dkk (2020) turut menyatakan bahwasannya jumlah mikroba yang didapatkan pada akhir proses fermentasi pupuk lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah mikroba yang terkandung dalam EM₄. Hal ini kemungkinan dikarenakan terjadinya proses

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan satu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

autosterilisasi saat proses pengomposan berlangsung. Adonan yang dibiarkan tertutup membuat suhu adonan meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas metabolisme mikroba sehingga pada suhu tertentu mikroba tidak dapat bertahan hidup. Hal ini sesuai dengan Jalaluddin, dkk., (2016) yang menyatakan bahwa suhu optimum bagi pengomposan adalah 40-60⁰C. Bila suhu terlalu tinggi mikroorganismenya akan mati. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Krisnawan dkk., (2018) Tingginya populasi bakteri yang diisolasi mencakup faktor lingkungan (suhu, kelembaban, dan intensitas oksigen) dalam proses degradasi bahan organik untuk menjadi pukan. Pernyataan ini juga di dukung oleh (Eulis, 2009) yang menyatakan bahwa populasi mikroorganismenya meningkat atau berkurang sesuai kondisi lingkungan untuk masing-masing spesies selama proses degradasi

4.2. Karakteristik Makroskopis Koloni Bakteri

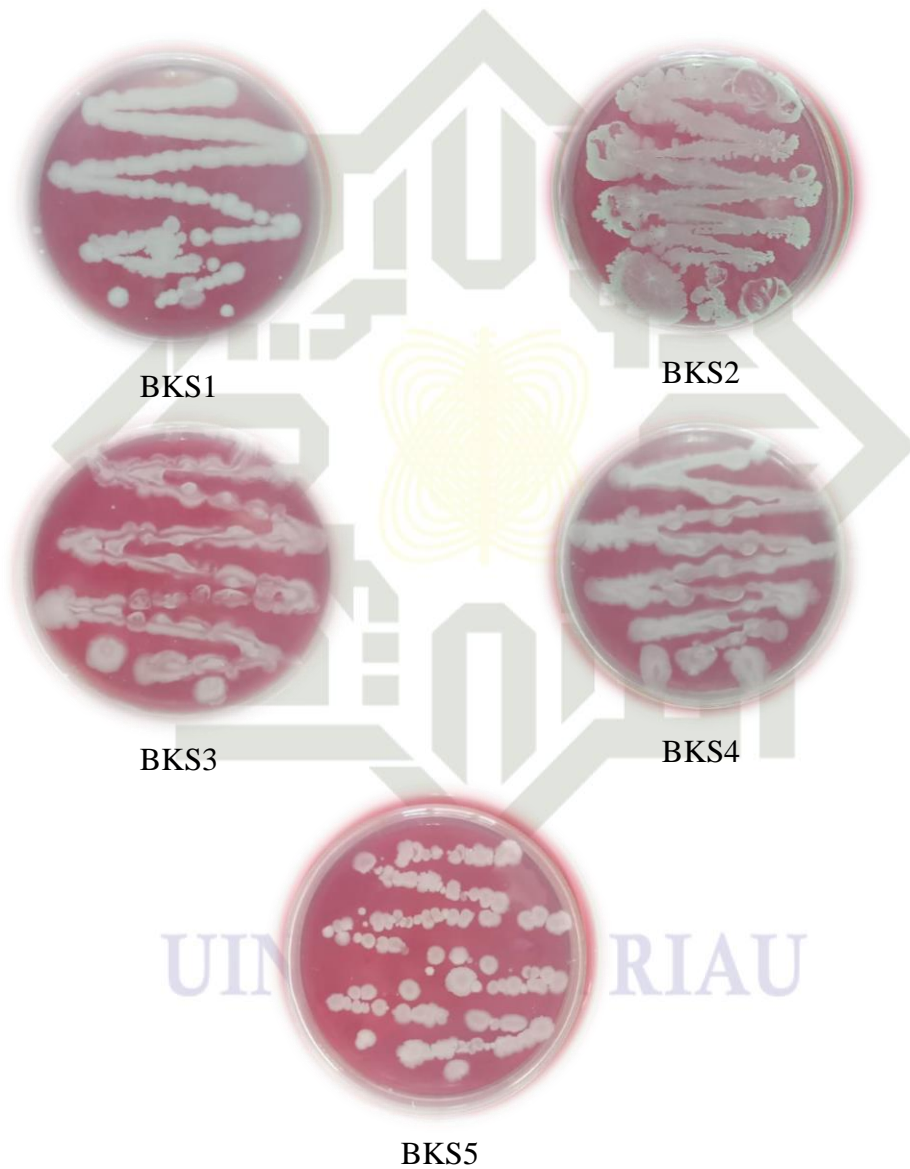
Secara makroskopis didapat 5 isolat bakteri dari hasil isolasi dan seleksi. Seluruh koloni yang diperoleh memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Data hasil penelitian disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Karakteristik Makroskopis Koloni Bakteri

No	Isolat	Karakteristik Koloni				
		Bentuk	Tepian	Elevasi	Permukaan koloni	Warna koloni
1	BKS1	Bulat	Rata	Rata	Datar	Putih susu
2	BKS2	Filamen	Berbelah	Timbul datar	Datar	Putih susu
3	BKS3	Bulat bertepi	Berombak	Rata	Datar	Putih susu
4	BKS4	Bulat	Berombak	Timbul datar	Datar	Putih susu
5	BKS5	Bulat	Rata	Rata	Datar	Putih susu

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa karakteristik makroskopis bakteri memiliki bentuk rata dengan tepian rata dan berombak selain itu memiliki bentuk elevasi yang rata dan timbul, memiliki permukaan koloni datar serta memiliki warna putih susu. Isolat yang diperoleh memiliki bentuk yang hampir mirip dengan penelitian Rizkina (2022). Bentuk bakteri selalu berbeda-beda ini dipengaruhi oleh lingkungan. Karena untuk mempertahankan hidupnya, mikroorganismenya melakukan

adaptasi dengan lingkungannya. Adaptasi ini dapat terjadi dengan cepat serta bersifat sementara waktu dan dapat berubah secara permanen sehingga mempengaruhi bentuk morfologi dari bakteri, untuk mengidentifikasi mikroorganisme dapat dilakukan dengan mengetahui morfologinya (Fifendy, 2017). Morfologi bakteri dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Bentuk Morfologi Koloni Bakteri pada Bokashi
(Dokumentasi Penelitian 2022)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.3. Karakteristik Mikroskopis dan Aktivitas Katalase

Hasil penelitian menunjukkan seluruh isolat berasal dari kelompok Gram positif 4 memiliki spora (BKS1, BKS2, BKS3 dan BKS4) dan 1 tidak memiliki spora (BKS5). Sedangkan untuk dua uji katalase mendapatkan hasil positif (BKS1 dan BKS2), dan tiga isolat tidak memiliki aktivitas katalase (BKS3, BKS4 dan BKS5). Data hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Karakteristik Mikroskopis dan Aktivitas Katalase

No	Isolat	Bentuk	Gram	Endospora	Aktivitas Katalase	Genus
1	BKS1	<i>Bacilli</i>	Positif	Ada	+	<i>Bacillus</i>
2	BKS2	<i>Bacilli</i>	Positif	Ada	+	<i>Bacillus</i>
3	BKS3	<i>Bacilli</i>	Positif	Ada	-	<i>Clostridium</i>
4	BKS4	<i>Bacilli</i>	Positif	Ada	-	<i>Clostridium</i>
5	BKS5	<i>Cocci</i>	Positif	Tidak ada	-	<i>Streptococcus</i>

Keterangan :

(-) : Tidak memiliki aktivitas katalase

(+) : Memiliki aktivitas katalase

Hasil analisis yang dilakukan oleh Bai *et al.* (2012) komposisi bakteri yang selalu ada pada kotoran sapi adalah *Bacillus*, *Corynebacterium*, dan *Lactobacillus*. Hal ini didukung oleh penelitian Rizkina (2022) tentang isolasi bakteri pada pupuk kandang menunjukkan seluruh isolat berbentuk *Bacilli* dari kelompok Gram positif memiliki spora serta tiga isolat memiliki aktivitas katalase tergolong dalam genus *Bacillus* dan satu isolat tidak memiliki katalase dengan genus *Clostridium*, sedangkan hasil penelitian (Benito, 2012) menunjukkan hasil bahwasannya bakteri yang dominan berperan pada proses pengomposan yang berhasil diidentifikasi adalah *Enterobacter*, *Bacillus*, dan *Escherichia coli*.

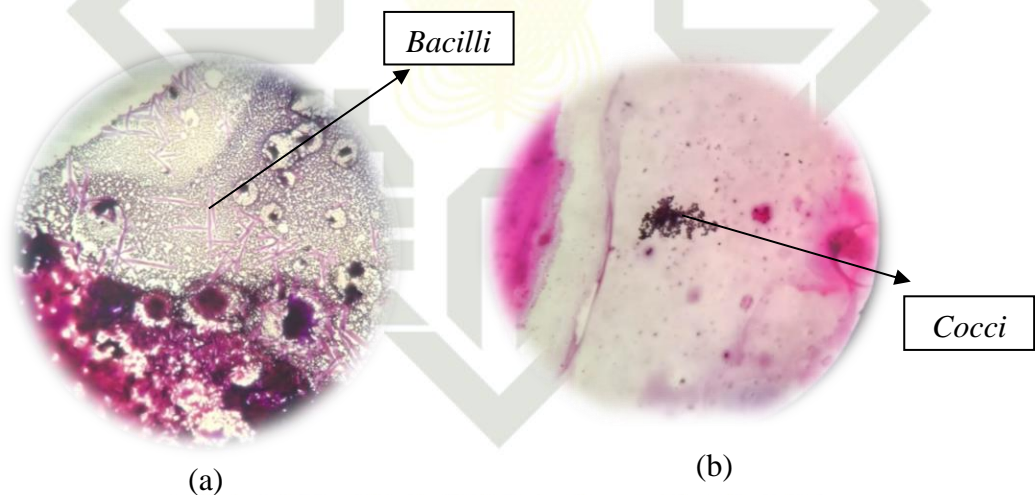
Berdasarkan kriteria yang ditetapkan maka BKS1 dan BKS2 teridentifikasi sebagai *Bacillus*, sedangkan BKS3 dan BKS4 teridentifikasi sebagai *Clostridium* dan BKS5 teridentifikasi *Streptococcus* sp. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Rizkina (2022) bakteri dari pukan sapi teridentifikasi sebagai *Clostridium* karena 1 uji katalase bernilai negatif, sedangkan 3 isolat teridentifikasi sebagai *Bacillus* memiliki katalase positif dan *Streptococcus* sp. adalah bakteri kokus Gram positif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

di dalam family *Streptococcaceae*, dapat memfermentasi karbohidrat, non-motil, tidak membentuk spora, dan bersifat katalase negatif (Patterson, 1996)

Hal ini sejalan dengan Tomar *et al.* (2020) dan Swain, *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa bakteri dengan bentuk sel *Bacilli* dari kelompok Gram positif banyak terisolasi dari pupuk kandang sapi. Sedangkan, bakteri yang memiliki bentuk cocus biasanya merupakan bakteri yang sering dijumpai di pupuk cair, berdasarkan penelitian Harlis dkk, (2019) menyatakan bahwa hasil pewarnaan Gram bakteri pada pupuk cair, mendapatkan rata-rata bakteri yang lebih mendominasi yakni bakteri Gram negatif berbentuk *Cocci* ditandai dengan warna merah. Hal ini membuktikan bahwasanya Gram positif banyak di jumpai pada isolasi pupuk organik dan kotoran sapi karena lapisan peptidoglikan yang terdapat pada dinding sel bakteri Gram positif lebih tebal dibandingkan dengan bakteri Gram negatif. Bentuk Gram dapat dilihat pada Gambar 4.2.



(a) Gambar 4.2. Bentuk dan Kelompok Gram
a. *Bacilli* Gram positif; b. *Cocci* Gram positif;
(Dokumentasi Penelitian 2022)

Pengamatan mikroskopis juga menunjukkan isolat bakteri memiliki spora setelah dilakukan pewarnaan Gram. Menurut Damayanti (2018) Spora bakteri tersebut terletak di subterminal, bentuk spora bulat atau lonjong. Hasil pengamatan Puspita dkk (2017), menunjukkan bahwa sel berbentuk batang dan Gram positif serta memiliki endospora dikatakan berasal dari genus *Bacillus* sp. sedangkan *Clostridium* merupakan bakteri anaerob yang berbentuk basil, Gram positif, memiliki spora. Spora bakteri tersebut terletak di subterminal dan bakteri yang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

memiliki bentuk *Cocci* dan Gram positif serta tidak membentuk endospora biasanya merupakan genus *Streptococcus* sp. dengan koloni berwarna putih ke abu-abuan.

4.4. Aktivitas Biologi Bakteri

Hasil penelitian pada aktivitas biologi bakteri didapatkan hasil yakni pada lima isolat yang telah dilakukan uji BPF (Bakteri pelarut fosfat) bakteri yang ada pada bokashi tidak mampu melarutkan fosfat karena dapat dilihat pada gambar 4.3 tidak ada terbentuknya zona bening di sekitar bakteri. Kumar dan Rai (2017) menyatakan bahwasannya *Bacillus* sp. merupakan salah satu spesies bakteri pelarut fosfat dan menurut Hajoeningtjas (2012) *Clostridium* merupakan bakteri penghasil senyawa yang dapat melarutkan fosfat *Clostridium*. Hal ini dapat disimpulkan bahwasannya jenis asam organik yang diproduksi tiap isolat berbeda-beda, sehingga mempengaruhi kemampuan pelarutan fosfat kompleks pada medium. Kemampuan isolat bakteri dalam melarutkan fosfat dapat dilihat dari terbentuknya zona bening pada medium selektif Pikovskaya terbentuknya zona bening disekitar koloni menunjukkan bahwa isolat tersebut mampu menghasilkan asam organik ekstraseluler yang berkaitan dengan ion Ca- yang terkait dalam bentuk $Ca_3(PO_4)_2$ pada media Pikovskaya agar dan membebaskan ion H_2PO_4 sehingga membentuk area yang berwarna lebih bening dari area yang memiliki unsur P terikat (Saragih, 2013).

Tabel 4.4. Aktivitas Biologi Bakteri

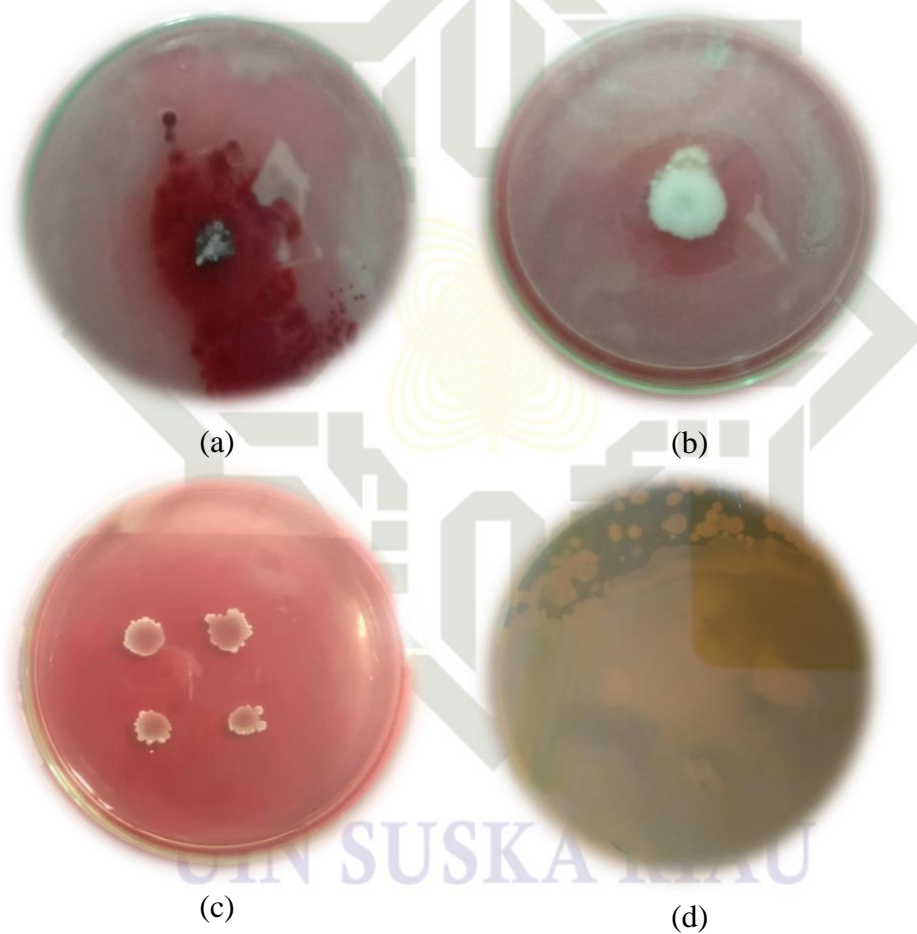
No	Isolat	Kemampuan Melarutkan Fosfat	Kemampuan Penambat Nitrogen	Daya Hambat (%)	
				<i>Fusarium</i>	<i>Athelia rolfsii</i>
1	BKS 1	-	-	45,2	70
2	BKS 2	-	-	44,6	70
3	BKS 3	-	-	42,1	77
4	BKS 4	-	-	45,8	70
5	BKS 5	-	-	40,3	71

Keterangan :

(-) : Tidak memiliki bakteri penambat nitrogen dan melarutkan fosfa

Uji kemampuan penambat nitrogen dari isolasi bokashi menunjukkan bahwasannya pada seluruh isolat tidak terdapat bakteri penambat nitrogen ini

terbukti bahwasanya tidak adanya zona bening bakteri yang ada pada bokashi karena bakteri pada bokashi tidak dapat mengikat nitrogen pada alam. Hasil ini berbeda dengan Marwan dkk (2018) yang mendapatkan *Bacillus* dan *Clostridium* sebagai bakteri penambat nitrogen dan dapat mencegah penyakit. Pada umumnya *Bacillus* mampu menghasilkan enzim kitinase, menambat nitrogen, dan melarutkan fosfat.



Gambar 4.3. a. Uji Antagonis pada *Fusarium* sp; b. Uji Antagonis pada *Athelia rolfsii*; c. Kemampuan BPF (Bakteri Pelarut Fosfat); d. Kemampuan Penambat Nitrogen.

Uji daya hambat bakteri antagonis hasil isolasi dari bokashi kotoran sapi dan daun kering secara in-vitro dilakukan dengan mengamati kemampuan baktereri dalam menghambat jamur pathogen. Jamur pathogen yang digunakan pada uji antagonis dalam penelitian ini ialah *Fusarium* sp. dan *A.rolfsii*. Hasil pengukuran daya hambat dapat dilihat pada Tabel 4.3

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.3. menunjukkan hasil pengukuran bahwa daya hambat isolat bakteri hasil isolasi bokashi kotoran sapi dan daun kering memiliki kemampuan daya hambat bakteri melawan *Fusarium* yang sangat tinggi berkisar antara 40,3 sampai 45,8%. Hal ini sejalan dengan penelitian Arimbawa, dkk (2019) menyatakan hasil *Bacillus* mampu menekan pertumbuhan patogen *F. oxysporum* secara *in vitro*. Menurut Prastya, dkk (2014) kategori presentasi daya hambat bakteri terhadap jamur *Fusarium* dan *A.porri* tergolong kategori kuat yaitu >40%.

Hasil daya hambat isolat bakteri bokashi melawan *A.rolfsii*. yang sangat tinggi berkisar 70% sampai 77%. Hasil ini sesuai dengan penelitian Cahya, dkk (2022) dengan potensi *Bacillus* memiliki aktivitas antagonis terhadap *Athelia rolfsii* daya hambat sebesar 79,47%. Menurut Prastya, dkk (2014) kategori presentasi daya hambat bakteri terhadap *A.rolfsii* tergolong kuat yaitu >40%. Hasil penelitian Rizkina (2022) melaporkan bahwa isolat bakteri *Clostridium* sp.dari pupuk kandang sapi dapat menekan layu pertumbuhan *A.porri* sebesar 82%. Mutmainnah (2015) membuktikan *Clostridium* sp. pada markisa kuning dapat menekan intensitas serangan penyakit layu yang disebabkan oleh fungi patogen tersebut.

Hasil yang diperoleh menunjukkan persentase daya hambat masing-masing isolat bakteri berbeda-beda, hal ini disebabkan karena isolat bakteri antagonis yang diuji juga berbeda, sehingga kekuatan aktivitas penghambatan dari bakteri antagonis yang berbeda akan menghasilkan penghambatan dan aktivitas komponen metabolit yang berbeda. Perbedaan ini diakibatkan oleh adanya produksi antibiotik dan enzim seperti yang dikatakan oleh Rahayuniati dan Mugiastuti (2012) bahwa bakteri antagonis dapat menghasilkan antibiotik yang berbeda, seperti surfaktin, basilisin, subtilin, subtilosin, fengisin. Menurut Strobel dan Daisy (2003) terbentuknya zona hambat menandakan bahwa bakteri antagonis tersebut menghasilkan senyawa anti mikroba. Selain mekanisme tersebut, aktivitas anti mikroba juga meliputi perusakan dan penghambatan pembentukan dinding sel. perubahan permeabilitas sel target dan penghambatan kerja enzim yang berperan dalam pertumbuhan patogen (Tasnim *et al.*, 2011)