

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Populasi Actinomycetes

Hasil perhitungan populasi bakteri pada pupuk hayati Actinomycetes dilakukan dengan metode cawan hitung (*plate count*) yang didapat pada media NA, penanaman bakteri dilakukan dengan menggunakan pengenceran bertingkat dari  $10^{-1}$  sampai  $10^{-8}$ . Penanaman dengan metode cawan sebar (*spread plate*). Untuk melihat hasil penelitian perhitungan jumlah koloni bakteri pada pupuk cair Actinomycetes dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Jumlah Koloni Actinomycetes pada Pupuk Hayati

Lama Penyimpanan (MSI)	Populasi Actinomycetes (CFU/ml)
6	$7,6 \times 10^{10}$
8	$8,8 \times 10^{10}$
10	$6,2 \times 10^{10}$
12	$4,3 \times 10^{10}$

Keterangan : CFU (*Coloni Farming Unit*)

Tabel 4.1. menunjukkan bahwa pada minggu 6 penyimpanan pupuk hayati populasi bakterinya adalah  $7,6 \times 10^{10}$  CFU/ml. Terjadi peningkatan pada minggu 8, populasi bakteri pupuk hayati menjadi  $8,8 \times 10^{10}$  CFU/ml. Peningkatan populasi bakteri karena masih tersedia nutrisi didalam pupuk hayati. Sejalan dengan penelitian Muzani (2023) Populasi tertinggi yaitu pada lama penyimpanan minggu 4 dengan jumlah sebesar  $4,09 \times 10^8$  Hal ini diduga karena masa awal penyimpanan bakteri masih tercukupi sumber nutrisi di dalam pupuk hayati.

Peningkatan populasi bakteri terjadi karena peran bahan-bahan organik sebagai sumber energi dapat meningkatkan populasi bakteri (Saraswati dkk., 2007). Minggu 10 populasi bakterinya adalah  $6,2 \times 10^{10}$  dan minggu 12 terjadi penurunan jumlah bakteri yaitu  $4,3 \times 10^{10}$  CFU/ml. Namun masih lebih tinggi dari Hasarin *et al.*, (2008) dengan populasi bakteri fungsional  $1,1 \times 10^8$  CFU/mL. Hal ini masih memenuhi syarat teknis pupuk cair hayati berdasarkan Kepmentan No. 261 Tahun 2019 yang menyatakan bahwa jumlah sel bakteri fungsional yang terdapat pada pupuk cair hayati harus lebih besar dari  $1 \times 10^8$  CFU/mL.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta dilindungi undang-undang UIN Suska Riau

Steleslami UIN Suska Riau

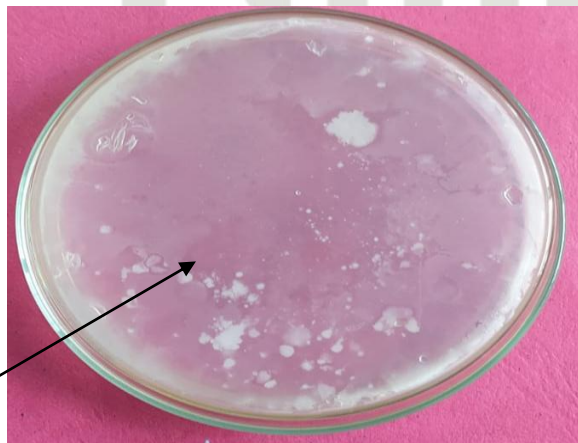
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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.

Penurunan populasi bakteri ini diakibatkan karena sumber nutrisi yang dimanfaatkan bakteri selama fermentasi semakin berkurang. Mikroorganisme membutuhkan suplai makanan sebagai sumber energi ((Budiyani dkk., 2016).). Penurunan populasi bakteri ini diakibatkan karena sumber nutrisi yang dimanfaatkan bakteri selama fermentasi semakin berkurang. Perubahan kondisi lingkungan akan mempengaruhi pertumbuhan dan tingkat populasi bakteri di awal masa simpan hingga akhir masa simpan, sehingga bakteri yang tidak mampu beradaptasi pada kondisi tersebut akan mengalami kematian karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme bakteri tersebut. Hal ini dikarenakan, kadar nutrisi dan air yang terkandung dalam masing-masing bahan pembawa semakin berkurang seiring dengan lamanya penyimpanan. Sejalan dengan penelitian Budiyani dkk., (2016). mengatakan lama fermentasi pupuk hayati berkaitan dengan unsur yang terkandung pada media pembawa, bahan organik sebagai media pembawa dapat mempengaruhi jumlah dan ketahanan bakteri dalam suatu medium. Mikroorganisme membutuhkan suplai makanan sebagai sumber energi, semakin lama masa fermentasi maka, pertumbuhan total populasi bakteri semakin berkurang. Untuk melihat populasi bakteri di pupuk hayati Actinomycetes pada media NA dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Populasi Pupuk Hayati

Gambar 4.1. Populasi Pupuk Hayati Bakteri Actinomycetes

Perbedaan jumlah bakteri pada setiap minggunya juga dipengaruhi oleh media pembawa pupuk hayati, populasi mikroorganisme meningkat atau berkurang sesuai kondisi lingkungan selama proses degradasi. Saraswati dkk.,

#### Hak Cipta Diindungi 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.

(2007) menyatakan bahwa bahan-bahan organik dapat meningkatkan populasi mikroorganismenya karena bahan organik digunakan oleh mikroorganismenya sebagai sumber energinya, dan semakin tinggi jumlah populasi pada pupuk hayati maka akan semakin baik diaplikasikan pada tanaman. Media pembawa yang baik harus mengandung komponen penting berupa unsur hara organik yang mendukung daya viabilitas dan pertumbuhan mikroba yang diinokulasi ke dalamnya. Selain itu, menurut penelitian Wasian (2019). Bahwa hampir semua isolat/kultur bakteri mengalami penurunan viabilitas dengan adanya perlakuan waktu penyimpanan selama 3 bulan. Penyimpanan akan mempengaruhi viabilitas dari pertumbuhan mikroorganismenya, sementara dalam penelitian ini populasi actinomycetes masih relative stabil berkisar  $4,3-8,8 \times 10^{10}$ .

#### 4.2. Kemampuan Melarutkan Fosfat

Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri yang hidup di daerah rhizosfer meningkatkan ketersediaan P dengan mengeluarkan asam-asam organik yang mampu melarutkan P yang tidak tersedia menjadi tersedia. Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri yang berperan dalam penyuburan tanah karena bakteri tipe ini mampu melakukan mekanisme pelarutan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat, suksinat, fumarat, malat. Selain itu bakteri pelarut fosfat mampu meningkatkan bahan organik dan memperbaiki penyerapan unsur P (Firdaus, dkk., 2016). Bakteri pelarut fosfat juga berperan dalam proses metabolisme vitamin D yang berfungsi untuk memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara pada tanaman (Wulandari., 2020).

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  $Ca^{2+}$  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). Menurut Simanungkalit (2006) bakteri pelarut fosfat berperan dalam menyuburkan tanah karena bakteri ini mampu melakukan

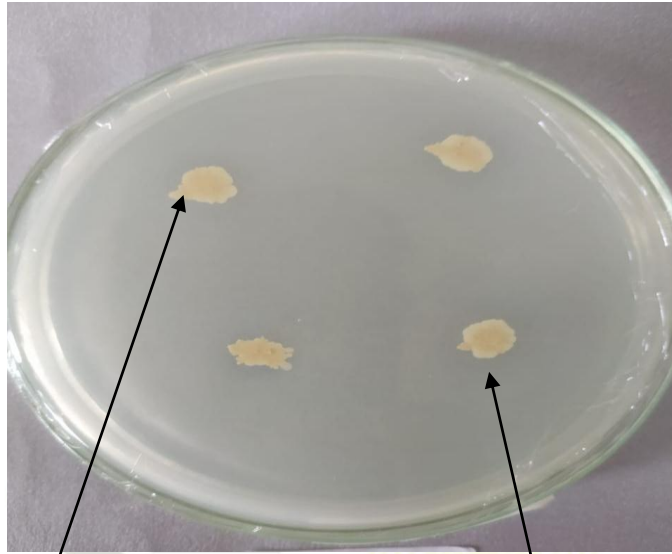
#### Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

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.

**Hak Cipta Diindungi 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.

mekanisme pelarutan fosfat dan mengsekresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat, suksinat, fumarat, dan malat. Bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah dan indikator pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini pupuk hayati actinomycetes yang diteliti pada media *pikovskaya* dapat dilihat pada terbentuknya zona bening pada media tersebut. Zona bening yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Koloni Bakteri Actinomycetes

Zona Bening

Gambar 4.2. Hasil Uji Bakteri Pelarut Fosfat (BPF).

Gambar 4.2. menunjukkan terbentuknya zona bening pada media *pikovskaya* pada inkubasi bakteri selama 7 hari (168 jam). Masa inkubasi 1-2 hari merupakan masa adaptasi isolat BPF dalam medium yang kaya akan kandungan fosfat, dan sampai 72 jam setelah inokulasi pertumbuhan masih meningkat sampai masa stasioner (Rahayu, 2014). Pengamatan secara makroskopis terhadap keragaan bakteri Actinomycetes yang mampu melarutkan fosfat dapat dilihat dari hasil pengukuran Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. menunjukkan hasil dari perhitungan indeks kelarutan fosfat pada pupuk hayati Actinomycetesnya berbeda pada setiap pengamatan, yang mana didapatkan minggu ke 6 1,57 IKF, minggu kedelapan 1,61 IKF, minggu kesepuluh 1,45 IKF, dan minggu kedua belas 1,38 IKF. Perbedaan nilai indeks kelarutan fosfat dari setiap isolat diduga karena semakin lama masa inkubasi pupuk hayati semakin berkurangnya nutrisi yang tersedia untuk bakteri dalam melarutkan

fosfat. Minggu 6 dan 8 menunjukkan nilai IKF yang tinggi disebabkan masih tersedia nutrisi didalam pupuk hayati tersebut, sehingga bakteri akan tumbuh dengan baik dan dapat melakukan aktivitasnya dengan baik. Kemudian minggu 10 dan 12 berkurang dikarenakan nutrisi yang tersedia didalam pupuk hayati telah berkurang. Menurut penelitian Pranoto dkk., (2014) Selama masa penyimpanan pupuk hayati hingga 90 hari terdapat kecendrungan penurunan populasi bakteri. Tinggi rendahnya total populasi BPF dipengaruhi oleh ketersediaan sumber energi, nutrisi, karbon organik yang terdapat dalam masingmasing bahan pembawa.

Tabel 4.2. Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) Pupuk Hayati Actinomycetes

Lama Penyimpanan (MSI)	IKF
6	1,57
8	1,61
10	1,45
12	1,38

Keterangan : DT (Diameter Total), DK (Diameter Kontrol, IKF (Indeks Kelarutan Fosfat)

Actinomycetes yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat dapat dimanfaatkan sebagai inokulum dasar pupuk hayati (biofertilizer) sehingga mampu meningkatkan penyerapan fosfor oleh tanaman. Yanti dkk., (2009) melaporkan bahwa pemberian mikroba pelarut fosfat pada tanah yang ditanam cabai merah menunjukkan adanya peningkatan berat basah cabai merah sebesar 53,40 g dibandingkan dengan kontrol 31,40 g, sedangkan berat kering cabai merah sebesar 13,55 g daripada kontrol 7,30g. Fosfor diserap tanaman dalam bentuk ion fosfat terlarut seperti  $H_2PO_4^{-1}$ ,  $HPO_4^{-1}$ , dan  $PO_4^{-3}$ . Tingginya kadar P-tersedia di dalam tanah dapat menyebabkan rendahnya populasi bakteri pelarut fosfat, berbeda dengan kadar P-tersedia, kadar C-organik yang tinggi pada tanah justru membuat jumlah populasi bakteri pelarut fosfat semakin tinggi.

#### 4.3. Kemampuan Menghasilkan Hormon IAA

Hasil pengamatan yang dilakukan pada bakteri Actinomycetes di media NA yang diperkaya L-triptofan. Pengamatan minggu keenam sampai minggu kedua belas bakteri actinomycetes menghasilkan warna kuning yang diduga mampu

#### 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.

**Hak Cipta Diindungi 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.

memperproduksi hormon lain yaitu *Indole-butyric acid* (IBA). Moat *et al.*, (2002) menyebutkan jika koloni dapat tumbuh dengan baik di media kombinasi NA yang diperkaya dengan L-triptofan mengindikasikan bahwa koloni tersebut mampu memanfaatkan L-triptofan sebagai senyawa produksi IAA maupun biointesis hormon lain seperti IBA. Perubahan Warna kuning pada penelitian pupuk hayati Actinomycetes ini, dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Kemampuan Pupuk Hayati Actinomycetes dalam Menghasilkan IBA

Lama Penyimpanan (Minggu)	Produksi	
	IAA	IBA
6	-	+
8	-	+
10	-	+
12	-	+

Keterangan : *Indole-butyric acid* (IBA).

Tabel 4.3. meunjukkan bahwa Hasil pengamatan produksi hormon IBA oleh actinomycetes yang tumbuh di media NA yang diperkaya dengan L-triptofan setelah ditetesi preaksi Salkowski dan disimpan dalam ruangan gelap selama 30 menit menunjukkan bahwa bakteri Actinomycetes pada penelitian ini tidak memproduksi IAA ditandai dengan tidak berubahnya warna merah tetapi menjadi berwarna kuning yang menghasilkan *Indole-3-butyric acid* (IBA), Penelitian Meudt dan Gaines (1967), melaporkan bahwa warna kuning mengindikasikan bahwa isolat mampu menghasilkan *indol*, *skatol*, *asam indol* butirat maupun *asam indol propionat*.

Produksi IAA yang dihasilkan oleh mikroorganismenya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi triptofan, kultur supernatan, jumlah populasi, aktivitas enzim, sumber karbon, sumber isolat, spesies dan strain yang diuji, agitasi, konsentrasi oksigen, laju pertumbuhan, pH medium, jenis medium yang digunakan, waktu inkubasi dan sifat fisiologis Mirza *et al.*, (2001). Perubahan warna menjadi kuning disebabkan karena pada pupuk hayati Actinomycetes ini menghasilkan hormon IBA dapat dilihat pada Gambar 4.3.

**Hak Cipta Diindungi 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.



Gambar 4.3. Hasil Uji IBA Secara Kualitatif

Gambar 4.3 menunjukkan pada penelitian pupuk hayati actinomycetes yang tumbuh di media NA yang diperkaya dengan L-triptofan setelah ditetesi preaksi *Salkowski* dan disimpan dalam ruangan gelap selama 30 menit dengan ditambahkan reagen tidak menghasilkan IAA akan tetapi menghasilkan hormon lain yaitu, (IBA). Penelitian Anonim, (2011) bahwa IBA mempunyai sifat yang lebih baik dan efektif daripada IAA, karena kandungan kimianya lebih stabil dan daya kerjanya lebih lama. IBA yang diberikan kepada setek tanaman akan stabil berada di lokasi pemberiannya, sedangkan IAA biasanya mudah menyebar ke bagian lain sehingga menghambat perkembangan pucuk, Muntamah (2019), menjelaskan bahwa kemampuan mikroba dalam menghasilkan IAA dipengaruhi oleh spesies dan tidak semua spesies Actinomycetes mampu menghasilkan IAA.

Hormon IBA adalah salah satu hormon yang termasuk dalam kelompok auksin. Selain dipakai untuk merangsang perakaran, hormon IBA juga mempunyai manfaat yang lain seperti menambah daya kecambah, merangsang perkembangan buah, mencegah kerontokan, pendorong kegiatan kambium dan lain-lainnya (Kusumo, 1984). Hormon IBA sangat efektif untuk pertumbuhan tanaman. Salah satu auksin yang terbaik dan paling banyak digunakan yaitu IBA Weaver, (1972). Golongan-golongan senyawa sintetik yang pertama dibuat yaitu substitusi-substitusi indol seperti IBA Wattimena, (1987). IBA dinyatakan

**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.

mempunyai keaktifan biologis dan dipergunakan sebagai hormon akar untuk mendorong pembentukan akar pada tanaman.

**4.4. Aktivitas Antagonis terhadap *Fusarium sp.***

Uji daya hambat pada bakteri Actinomycetes hasil isolasi di pupuk hayati secara *in-vitro* dilakukan dengan mengamati kemampuan baktreri dalam menghambat jamur. Jamur yang digunakan pada uji antagonis dalam penelitian ini ialah *Fusarium sp.* Hasil pengukuran daya hambat bakteri terhadap *Fusarium sp.* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Daya Hambat

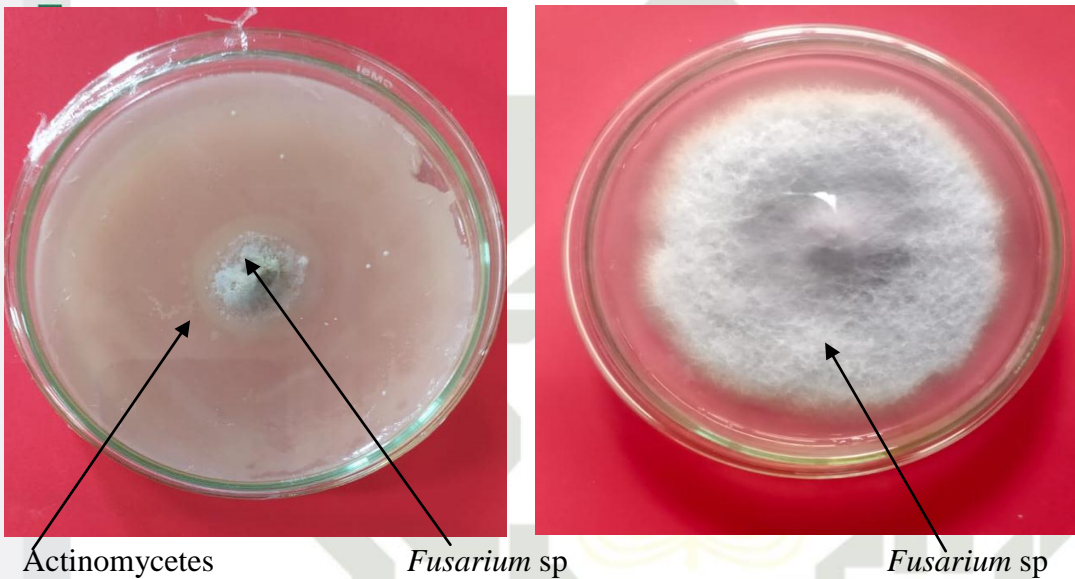
Lama Penyimpanan (MSI)	Daya Hambat (%)
M 6	84,44
M 8	87,22
M 10	73,05
M 12	67,77

Keterangan : EDH (Efektifitas Daya Hambat)

Tabel 4.4. menunjukkan bahwa, pupuk hayati bakteri Actinomycetes yang diuji berpengaruh terhadap penyakit *Fusarium sp.* Hal tersebut ditunjukkan dengan terbentuknya zona penghambatan pada patogen dengan diameter yang bervariasi pada waktu perlakuanya yakni pada minggu keenam menghasilkan 84,44 %, minggu kedelapan menghasilkan 87,22 %, minggu kesepuluh menghasilkan 73,05 %, dan minggu kedua belas menghasilkan 67,77 %. Bakteri antagonis Actinomycetes menunjukkan penghambatan yang paling kuat yaitu pada minggu kedelapan sedangkan yang terendah pada minggu kedua belas. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh Actinomycetes terjadi mekanisme kompetisi nutrisi, serta lama masa inkubasi penyimpanan pada pupuk hayati Actinomycetes. Dalam proses ini, juga terjadi pembongkaran suatu zat makanan sehingga sel-sel tersebut juga melakukan reaksi kimia yang mempengaruhi pertumbuhan dari bakteri Actinomycetes tersebut. Nutrient atau makanan harus menyediakan cukup energi untuk mempertahankan fungsi tubuh, aktivitas dan pertumbuhan bagi jasad hidup (Haribi, 2008).



Pupuk hayati Actinomycetes memiliki kemampuan daya hambat yang sangat tinggi, kemampuan antagonis ditandai dengan terbentuk *hole zone* sekitar *Fusarium* sp. patogen tidak mampu berkembang pada bagian tepi petridis, menjauhi bakteri dengan berkembang secara vertikal, bahkan memiliki tanda kematian pada *Fusarium* sp, dengan ditandai dibagian *Fusarium* sp. menjadi basah dan tidak berkembang secara horizontal dan vertical, hal ini dapat dilihat pada daya hambat Actinomycetes seperti Gambar 4.4. .



Gambar 4.4. Zona Hambat Actinomycetes terhadap *Fusarium* sp.

Gambar 4.4. menunjukkan pada Pengamatan secara makroskopis menunjukkan bahwa Actinomycetes dapat mempengaruhi pertumbuhan *Fusarium* sp. Hal tersebut ditunjukkan dengan pertumbuhan hifa patogen yang abnormal jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Terdapat sel-sel yang abnormal karena kerusakan pada hifa yang diduga akibat lisis sel-sel hifa oleh enzim kinase yang dihasilkan oleh Actinomycetes. Enzim tersebut dapat merusak dinding sel jamur yang tersusun oleh kitin pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. Pada perlakuan bakteri Actinomycetes misselium *Fusarium* sp terlihat tidak mampu memenuhi permukaan media PDA pada hari ke-7 setelah inkubasi. Hal ini diduga karena Actinomycetes mempunyai kemampuan memproduksi senyawa antimikroba sehingga mampu menekan pertumbuhan beberapa jamur patogen perusak tanaman. Actinomycetes memiliki beberapa mekanisme dalam

**Hak Cipta Diilindungi 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.

mengendalikan serangan patogen, seperti yang dijelaskan oleh Muliani *et al.*, (2015), bahwa kelompok bakteri ini dapat menghasilkan senyawa antibakteri dan antifungi, seperti enzim kitinase yang dapat menghidrolisis kitin dan glukon pada dinding sel fungi.

Perbedaan persentase daya hambat Actinomycetes terhadap *fusarium* sp dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan Actinomycetes yang lebih lambat dibandingkan dengan patogen, namun pertumbuhan yang lambat tersebut diimbangi dengan kemampuan menghasilkan agen biokontrol. Menurut penelitian Sektiono, (2016), penggunaan actinomycetes sebagai agen biokontrol dalam uji in vivo dapat menekan masa inkubasi, kejadian penyakit dan intensitas penyakit antraknosa pada buah cabai rawit. Perlakuan PnGB10 merupakan perlakuan yang terbaik dalam menurunkan intensitas penyakit yaitu sebesar 20,05%. Hasil penelitian Hajri (2016) melaporkan bahwa aktinomisetes asal tanah gambut Riau mempunyai kemampuan dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *fusarium* dan *Colletotricum capsici* pada tanaman cabai merah. Selain itu, isolat aktinomisetes L313 mampu menghasilkan protease sebesar 0,41 U/ml.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Supriyono, 2010 menjelaskan bahwa salah satu isolat Actinomycetes dapat menekan pertumbuhan *Fusarium* sampai dengan 100 %. Agens hayati Actinomycetes adalah sebagai salah satu Aerobacterium yang berperan dalam pengendalian hayati pada tanaman jenis Solanaceae untuk pengendalian penyakit layu *fusarium*. Pemberian Actinomycetes. Juga dapat menghambat jamur *fusarium*. Hal ini menunjukkan bahwa isolat actinomycetes. dapat menghasilkan biokontrol yang dapat menghambat pertumbuhan spora dan hifa patogen. Selain itu Actinomycetes. merupakan jamur yang bersifat mikroparasit yang dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan parasitisme melilit hifa *fusarium*.

#### 4.5. Kemampuan Melarutkan Selulase

Bakteri elulolitik sendiri berarti proses pemecahan selulosa menjadi senyawa atau unit-unit glukosa yang lebih kecil. Mikroorganisme tersebut dapat mendegradasi selulosa karena menghasilkan enzim dengan spesifikasi berbeda yang saling bekerjasama. Enzim tersebut akan menghidrolisis ikatan (1,4)- $\beta$ -D-glukosa pada selulosa (Saratale, 2012). Selanjutnya Munifah, (2011)

#### Hak Cipta Diindungi 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.

menambahkan bahwa enzim selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis selulosa dengan memutus ikatan dalam selulosa, selodektrin, selobiosa, dan turunan selulosa lainnya menjadi gula sederhana atau glukosa.

Bakteri selulolitik mampu mendegradasi dan memanfaatkan selulosa sebagai sumber karbon dan energinya. Meryandini *et al.*, (2009) melaporkan isolat bakteri C5-1 memiliki rasio zona bening sebesar 5,5 dan isolat C5-3 sebesar 4,0 inkubasi pada suhu 50°C menggunakan media CMC 1% selama 48 jam, yang mana pada pengujian ini indeks aktifitas selulolitik (IS) beragam dan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Indeks Selulolitik Pupuk Hayati Actinomycetes

Lama Penyimpanan (MSI)	Indek Selulolitik
M6	0,25
M8	0,27
M10	0,20
M12	0,15

Keterangan: DZB (Diameter Zona Bening), DK (Diameter Koloni)

Tabel 4.5. menunjukkan bahwa pupuk hayati bakteri Actinomycetes mampu mendegradasi selulosa dengan indeks selulolitik yang beragam dari minggu keenam, kedelapan, kesepuluh, dan kedua belas, yang mana pada pengamatan tersebut didapatkan indeks selulolitik pada minggu keenam sebesar 0,25, minggu kedelapan sebesar 0,27, minggu kesepuluh sebesar 0,20, dan minggu kedua belas sebesar 0,15. Indeks selulolitik yang paling tinggi yaitu pada minggu kedelapan dan yang paling terendah pada minggu kedua belas. Hasil penelitian Sari, (2012) melaporkan isolat bakteri MI 2,2 memiliki rasio zona bening sebesar 5,40 inkubasi pada suhu 68-70°C menggunakan media CMC 1% selama 1 hari. Perbedaan zona bening yang dihasilkan dari beberapa penelitian ini diduga dikarenakan sumber nutrisi yang sudah menurun serta lama masa inokulum pupuk hayati sehingga menyebabkan bakteri kehilangan unsur makanan didalamnya dan menyebabkan bakteri mulai menurun fase pertumbuhannya.

Menurut Lestari dkk., (2007) bahwa lama inkubasi menyebabkan bakteri beradaptasi memanfaatkan sumber nutrisi yang masih tinggi sehingga indeks selulolitik tinggi dan terus meningkat meskipun tidak secara signifikan namun

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

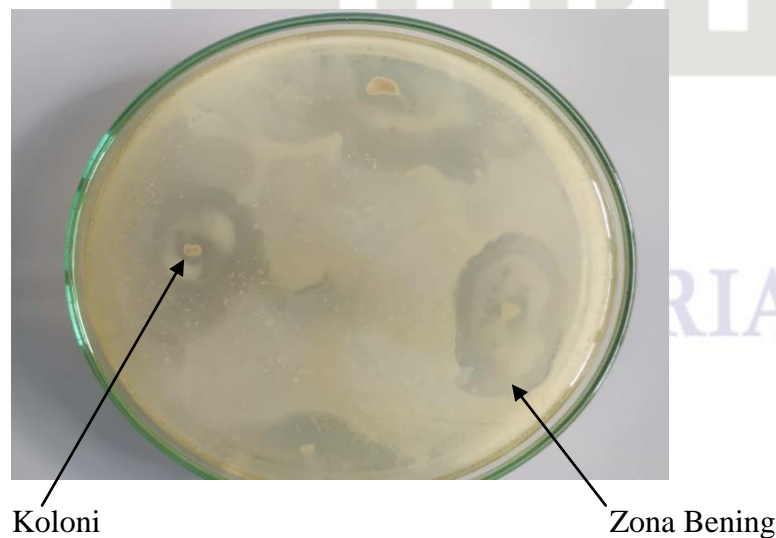
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

**Hak Cipta Diindungi 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.

konsisten sampai akhir inkubasi. Lama penyimpanan pupuk hayati menyebabkan sel Actinomycetes aktif membelah dan mempercepat pembentukan enzim untuk mengkatalis reaksi enzimatik dalam sel. Actinomycetes mampu menghasilkan enzim *selulase*. Semakin tinggi tingkat kelarutan suatu enzim maka akan semakin besar zona bening yang terbentuk. Diameter zona bening umumnya berukuran lebih besar dibandingkan dengan diameter koloni, karena enzim selulase disekresikan ke lingkungan oleh bakteri pendegradasi selulosa. Bakteri tidak dapat memasukkan molekul selulosa, karena ukuran selulosa lebih besar daripada ukuran sel bakteri.

Rasio zona bening yang dihasilkan pada medium CMC 3%. Zona bening yang terbentuk di sekitar koloni masih tergolong rendah disebabkan oleh karena isolat menghasilkan enzim selulase yang mampu menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Informasi dari penelitian. Merujuk pada penelitian Singh *et al.*, (2017), dilakukannya pengukuran zona bening bakteri penghasil selulosa bertujuan untuk mengetahui korelasi antara zona bening yang terbentuk dengan kemampuan produksi pelikel yang dihasilkan bakteri penghasil selulosa, akan tetapi tidak diinformasikan mengenai ukuran diameter zona bening yang terbentuk. Dan pada penelitian ini yang mana selulosa ditumbuhkan dimedia CMC 3% dan diinkubasikan selama 48 jam dapat dilihat aktivitas selulosa pada pupuk hayati pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Hasil Uji Selulolitik

#### 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.

Gambar 4.5. menunjukkan adanya zona bening yang dihasilkan dari bakteri *actynomicetes* pada pengujian selulosa hanya meningkat pada minggu keenam dan minggu kedelapan saja, sedangkan pada minggu kesepuluh dan minggu kedua belas zona bening yang dihasilkan menurun atau pun rendah. Zona bening menunjukkan adanya aktivitas hidrolitik oleh enzim ekstraseluler selulase yang diekskresikan oleh isolat-isolat bakteri dengan diameter tertentu Kemampuan mikroorganisme dalam menghasilkan selulase secara ekstraseluller yang ditandai dengan pembentukan zona bening pada media *Carboxymethyl cellulose* (CMC).

Perbedaan aktivitas pupuk hayati bakteri *Actynomicetes* dalam menghasilkan indeks selulolitik tersebut diduga karena nutrisi yang terkandung didalam pupuk tersebut sudah mulai menurun serta masa fermentasi pupuk hayati tersebut yang menyebabkan berbeda potensi dalam menguraikan substrat di media pertumbuhan. Semakin besar indeks selulase pada isolat maka semakin besar pula aktivitas selulolitik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan perubahan struktur selulosa yang berserat menjadi glukosa dengan struktur menjadi non serat. Selain itu, rendahnya indeks selulolitik pada penelitian ini diduga terhambatnya kinerja enzim endoglukonase yang mana enzim ini dapat bekerja dengan baik pada suhu sedangkan suhu inkubasi pada penelitian ini yaitu 37<sup>0</sup> C.

Menurut Lu *et al.*, (2005), uji degradasi selulosa memerlukan suhu 40<sup>0</sup> C,- 50<sup>0</sup> C. Rentang PH yang paling cocok untuk pertumbuhan bakteri yaitu 6-8. Bakteri pendegradasi selulosa dapat bertahan hidup dengan membentuk spora sebagai perlindungan dari kondisi lingkungan yang ekstrim. Kecepatan dan tingkat aktivitas pada bakteri pendegradasi tidak sama dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kondisi bahan yang didegradasi atau kompleks enzim yang dihasilkan bakteri itu sendiri (David *et al.*, 2012).