

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Intensitas Penyakit

Berdasarkan hasil survei lahan, didapatkan data wawancara (Lampiran 1.) dan data intensitas serangan penyakit. Dari hasil wawancara, lahan yang berada di Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang memiliki sejarah lahan pernah mengalami gagal panen total karena terserang penyakit layu. Serangan penyakit layu ini tidak pernah berhenti pada saat petani membudidayakan tomat, cabe, dan tanaman solanaceae lainnya. Serangan penyakit layu yang mewabah di lahan tersebut diduga karena penggunaan bahan-bahan kimia berlebihan, sehingga tanah mengalami penurunan kesehatan dan kesuburan tanah, pencemaran lingkungan, gangguan keseimbangan lingkungan, dan residu yang ditinggalkan dapat menjadi racun (Damayanti, 2009). Penurunan kesehatan tanah akan mempengaruhi sifat-sifat fisik, biologi, dan kimia tanah. Sedangkan dari beberapa hasil penelitian diketahui bahwa sifat-sifat fisik, biologi, dan kimia tanah dapat berpengaruh terhadap perkembangan dan penyebaran patogen tular tanah (Hidayah dan Djajadi, 2009). Sifat-sifat tersebut meliputi pH tanah (Elhottova *et al.*, 2006), tekstur tanah (Otten and Dilligan, 1998), unsur hara tanah (Elmer and LaMondia. 1999), dan kandungan bahan organik tanah (Manici *et al.*, 2005).

Tabel 1. Perbandingan intensitas penyakit layu pada lahan endemik dan non-endemik

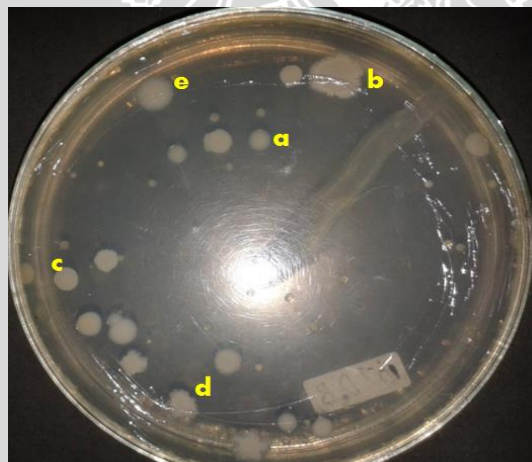
No	Lahan	Intensitas Penyakit (IP)
1	Endemik	38,39 %
2	Non-endemik	0 %

Berdasarkan hasil survei, kondisi tanaman di lahan endemik memiliki intensitas penyakit lebih tinggi daripada intensitas penyakit di lahan non-endemik. Intensitasi penyakit pada lahan endemik mencapai 38,39% dan pada lahan non-endemik sebesar 0% (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang ada di lahan endemik menjadikan kondusif terhadap patogen-patogen penyebab penyakit tanaman tomat, sehingga banyak tanaman tomat yang terserang penyakit layu bakteri.

Faktor yang mempengaruhi perkembangan patogen-patogen tular tanah menjadi kondusif antara lain tekstur tanah dan defisiensi hara (Hidayah dan Djajadi, 2009), pH tanah, keberadaan cacing, kadar air tanah, dan bahan organik tanah (Riwandi, 2009). Menurut Riwandi (1990) pula, kondisi tanaman tidak sehat yang menunjukkan gejala penyakit dapat mengindikasikan bahwa keadaan tanah yang ditanami sedang tidak sehat. Gejala penyakit dapat disebabkan oleh patogen maupun defisiensi hara pada tanah.

4.2 Isolasi Bakteri Tanah

Hasil isolasi bakteri dari lahan endemik dan non endemik pertanaman tomat ditemukan masing-masing 17 dan 22 bakteri. Selanjutnya, bakteri-bakteri tersebut dilakukan karakterisasi morfologi dan fisiologi berdasarkan Schaad *et al* (2001). Karakterisasi morfologi meliputi bentuk, warna, tepi, dan permukaan (Gambar 9).



Gambar 9. Keanekaragaman koloni bakteri tanah pada cawan petri (a. Koloni bakteri dengan bentuk bulat, tepi rata, warna putih mengkilap; b. Koloni bakteri dengan bentuk tak beraturan, tepi bergerigi, warna putih; c. Koloni dengan bentuk bulat, tepi rata, warna putih agak kuning; d. Koloni dengan bentuk tak beraturan, tepi bergerigi, warna putih keruh; e. Koloni dengan bentuk bulat, tepi rata, warna putih transparan)

Karakterisasi fisiologi yang dilakukan meliputi uji KOH untuk menentukan Gram bakteri, yaitu Gram negatif dan Gram positif. Uji

Oksidatif-Fermentatif untuk mengetahui bakteri yang diuji adalah bakteri yang dapat tumbuh dengan oksigen (Oksidatif) atau bakteri yang dapat tumbuh tanpa adanya oksigen (Fermentatif). Hasil karakterisasi bakteri dari lahan endemik dan non-endemik dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri dari lahan non-endemik

No	Kode	Bentuk	Tepi	Warna	Gram	OF	Dokumentasi
1	JA	bulat	rata	putih	+	0	Lampiran 6
2	JB	bulat	rata	kuning	+	0	
3	JC	bulat	rata	putih	-	-	
4	JD	bulat	rata	mengkilap putih	+	0	
5	JE	bulat	rata	transparan	+	0	
6	JF	bulat	rata	putih susu	+	0	
7	JG	bulat	rata	putih keruh	+	0	
8	JH	bulat	rata	putih	-	-	
9	JI	bulat	gelombang	mengkilap putih keruh	+	0	
10	JJ	tdk beraturan	rata	putih keruh	+	0	
11	JK	tdk beraturan	rata	putih	+	0	
12	JL	tdk beraturan	gerigi	transparan putih agak kuning	+	0	
13	JM	lonjong	rata	putih keruh	+	0	
14	JN	bulat	gelombang	kuning	-	-	
15	JO	lonjong	rata	putih	-	+	
16	JP	bulat	rata	putih keruh	+	0	
17	JQ	bulat	rata	putih cerah mengkilap	+	0	
18	JR	lonjong	gelombang	kuning	-	+	
19	JS	lonjong	rata	transparan mengkilap	-	-	
20	JT	Tdk beraturan	rata	putih	-	-	
21	JU	bulat	rata	putih agak kuning	+	0	
22	JV	bulat	gerigi	putih cerah	-	-	

Keterangan :
 - bereaksi negatif
 + bereaksi positif
 0 tidak dilakukan uji

Tabel 3. Karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri dari lahan endemik

No	Kode	Bentuk	Tepi	Warna	Gram	OF	Dokumentasi
1	DA	tdk beraturan	gerigi	putih cerah	+	0	
2	DB	tdk beraturan	gerigi	putih	-	-	
3	DC	bulat	rata	putih keruh mengkilap	+	0	
4	DD	tdk beraturan	gelomba ng	putih agak kuning	-	+	
5	DE	tdk beraturan	rata	putih cerah	-	+	
6	DF	bulat	rata	putih mengkilap	-	-	
7	DG	Bulat	rata	putih transparan	-	-	
8	DH	tdk beraturan	bergerigi	putih keruh	-	-	Lampiran 7
9	DI	tdk beraturan	gerigi	putih agak kuning	-	-	
10	DJ	bulat	rata	putih cerah	-	-	
11	DK	bulat	rata	putih keruh	-	-	
12	DL	bulat	rata	putih agak kuning	-	-	
13	DM	bulat	rata	kuning transparan	-	-	
14	DN	bulat	rata	kuning	-	+	
15	DO	lonjong	rata	putih cerah	-	-	
16	DP	lonjong	rata	putih agak kuning	-	-	
17	DQ	lonjong	rata	putih keruh	+	0	

Keterangan :
 - bereaksi negatif
 + bereaksi positif
 0 tidak dilakukan uji

Hasil karakterisasi bakteri selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai Indeks Keanekaragaman berdasarkan Shannon-Wiener dengan hasil yang tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Indeks Keanekaragaman bakteri lahan endemik dan non-endemik

No	Lahan	Indeks Keanekaragaman (H')
1	Endemik	2.57
2	Non-endemik	3.07

Menurut Dahuri (1994), indeks keanekaragaman (H') terdiri dari beberapa kriteria yaitu : jika $H' > 3$ menunjukkan keanekaragaman tinggi, jika $1 < H' < 3$ maka keanekaragaman sedang, dan jika $H' < 1$ maka keanekaragaman rendah. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa indeks keanekaragaman (H') pada lahan endemik sebesar 2,57 dan pada lahan non-endemik sebesar 3,07. Hal ini menunjukkan bahwa nilai indeks

keanekaragaman sedang pada lahan endemik dan nilai indeks keanekaragaman tinggi pada lahan non-endemik. Hardjosuwarno (1990) menjelaskan bahwa semakin tinggi keanekaragaman pada suatu wilayah, maka penyebaran dan kestabilan ekosistemnya semakin baik. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Van (2000) yang mengatakan bahwa tanah yang dapat menekan pertumbuhan patogen (*suppressive soil*) memiliki keanekaragaman mikroorganisme yang tinggi.

4.3 Uji Antagonis secara *In Vitro*

4.2.1 Bakteri Patogen *Ralstonia solanacearum*

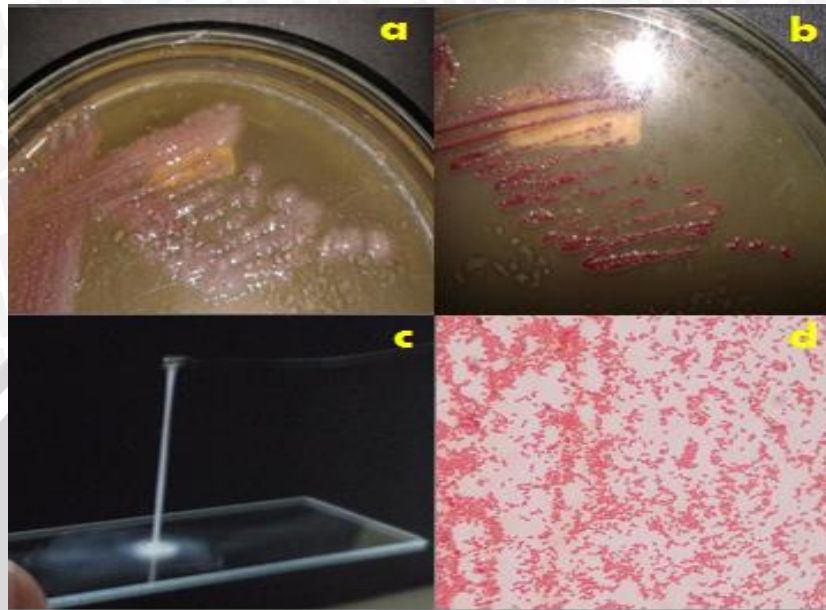
Berdasarkan hasil isolasi bakteri patogen dari tanaman tomat yang sakit, secara makroskopis diketahui bahwa koloni patogen berwarna putih pada media NA hasil *streak*, dan koloni berbentuk bulat (Gambar 10).



Gambar 10. Kenampakan makroskopis koloni bakteri *R. solanacearum* pada media NA hasil *streak method* dengan bentuk bulat dan permukaan berwarna putih

Pada media TZC, koloni bakteri yang tumbuh ada yang berwarna merah tua dan ada juga yang berwarna merah muda, dengan tepinya berwarna putih (Gambar 11). Menurut Brown *et al.*, (1980) koloni *R. solanacearum* yang berwarna merah muda merupakan strain bakteri patogen yang bersifat virulen dan koloni yang berwarna merah tua merupakan strain bakteri yang avirulen. Bakteri dengan genus *Ralstonia* memiliki Gram negatif dengan ciri-ciri masa bakteri ikut terangkat atau menempel pada

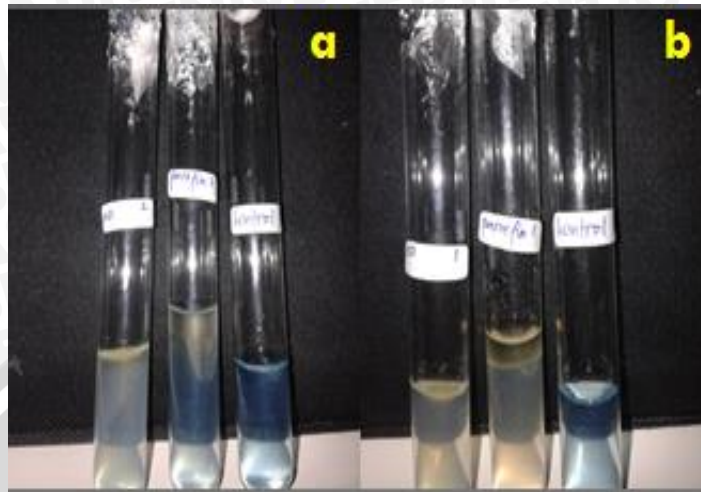
jarum ose pada saat uji KOH (Schaad *et al.*, 2001). Secara mikroskopis, sel bakteri berbentuk batang dan berwarna merah yang mengindikasikan bahwa bakteri tersebut memiliki Gram negatif (Gambar 11).



Gambar 11. Identifikasi bakteri *R. solanacearum* secara mikroskopis dan makroskopis (a. Koloni yang berwarna merah muda dengan tepi putih pada media TZC; b. Koloni yang berwarna merah tua pada media TZC; c. Masa bakteri yang ikut terangkat pada uji KOH yang mengindikasikan Gram negatif; d. Warna merah pada pewarnaan Gram yang mengindikasikan bakteri Gram negatif)

Selain pengujian Gram, juga melakukan uji Oksidatif-Fermentatif yang bertujuan untuk mengetahui bakteri yang diuji merupakan bakteri oksidatif atau fermentatif. Bakteri dengan genus *Ralstonia* bereaksi oksidatif yang dapat dilihat tidak adanya perubahan warna pada salah satu media uji karena bakteri tidak dapat tumbuh dalam keadaan tanpa adanya oksigen (Gambar 12). Berbeda dengan Genus *Erwinia* dan *Pantoea* yang menunjukkan reaksi fermentative, yaitu terjadi perubahan warna dari biru menjadi kuning pada media yang ditutup minyak parafin (Schaad *et al.*, 2001). Perubahan warna ini diartikan bahwa terdapat aktivitas bakteri uji yang mengindikasikan bakteri uji tersebut dapat hidup. Keadaan tidak adanya oksigen ini diwakili dengan menggunakan minyak parafin yang menutup salah satu media uji, sedangkan media uji yang lain tidak

menggunakan minyak parafin untuk mewakili keadaan yang terdapat oksigen.



Gambar 12. Perbedaan reaksi pada uji Oksidatif-Fermentatif (a. Reaksi oksidatif yang tidak menunjukkan perubahan warna pada media yang ditutup minyak parafin (tengah) sama seperti kontrol (kanan); b. Reaksi fermentatif yang menunjukkan perubahan warna dari biru menjadi kuning pada media yang ditutup minyak parafin (tengah), tidak sama dengan kontrol)

Genus *Ralstonia* bereaksi negatif pula pada uji koloni kuning di media YDC, uji pigmen fluoresen di media King's B, dan pertumbuhan pada suhu 40°C. Hasil uji hipersensitif pada tanaman tembakau, bakteri patogen akan memberikan reaksi positif yaitu terjadinya gejala nekrotik pada daun tepat di daerah uji (Gambar 13). Selanjutnya dilakukan uji patogenesis pada tanaman tomat untuk mengetahui gejala yang ditimbulkan tanaman tomat. Hasil menunjukkan reaksi positif pada tanaman tomat yang diuji, dengan menimbulkan gejala layu sama seperti sampel tanaman tomat sakit yang diisolasi di awal.



Gambar 13. Gejala nekrotik yang ditunjukkan saat uji hipersensitif *R. solanacearum* pada daun tembakau.

Hasil karakterisasi pengujian fisiologi dapat dilihat pada tabel 5. Berdasarkan hasil karakterisasi isolat bakteri tersebut termasuk dalam genus *Ralstonia*.

Tabel 5. Hasil karakterisasi fisiologi isolat bakteri *R. solanacearum*

No	Uji Fisiologi	Reaksi Isolat	Literatur (Schaad <i>et al.</i> , 2001)
1	Uji Reaksi Gram		
	a. Uji KOH 3%	-	-
	b. Pewarnaan Gram	-	-
2	Uji Oksidatif-Fermentatif	Oksidatif	Oksidatif
3	Pigmen Fluorescen pada King's B	-	-
4	Koloni Kuning pada YDC	-	-
5	Pertumbuhan pada suhu 40°C	-	-
6	Pertumbuhan pada TZC	+	+
7	Uji Hipersensitif	+	+
8	Uji Patogenisitas	+	+

4.2.2 Uji Antagonis

Berdasarkan hasil uji antagonis pada media NA, ditemukan 12 macam isolat bakteri yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *R. solanacearum* dari lahan non-endemik. Bakteri yang berpotensi sebagai agen antagonis pada lahan endemik ada 2 isolat. Bakteri-bakteri tersebut memiliki karakteristik morfologi yang berbeda-beda, dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Sedangkan hasil uji antagonis menunjukkan bahwa

zona bening tertinggi yang terbentuk adalah bakteri dengan kode JD pada lahan non-endemik yaitu sebesar 0,91 (Tabel 6). Ciri-ciri bakteri dengan kode JD memiliki bentuk koloni bulat, tepi koloni rata, warna koloni putih transparan, dan bergram positif. Zona bening tertinggi pada lahan endemik yaitu 0,73 dengan kode bakteri DC (Tabel 7). Ciri-ciri bakteri dengan kode DC memiliki bentuk koloni bulat, tepi koloni rata, warna koloni putih keruh mengkilap, dan bergram positif.

Tabel 6. Hasil uji antagonis bakteri lahan non-endemik terhadap *R. solanacearum*

No	Kode Bakteri	Indeks Zona Bening
1	JH	0.84
2	JI	0.7
3	JK	0.82
4	JE	0.78
5	JA	0.82
6	JB	0.77
7	JF	0.43
8	JL	0.58
9	JD	0.91
10	JG	0.76
11	JJ	0.71
12	JN	0.77

Hasil uji antagonis didapat berdasarkan rumus sebagai berikut :

Dimana I: Indeks Zona Bening; B: diameter zona bening; A: diameter koloni antagonis.

$$I = \frac{B - A}{B}$$

Tabel 7. Hasil uji antagonis bakteri lahan endemik terhadap *R. solanacearum*

No	Kode Bakteri	Indeks Zona Bening
1	DQ	0.68
2	DC	0.73

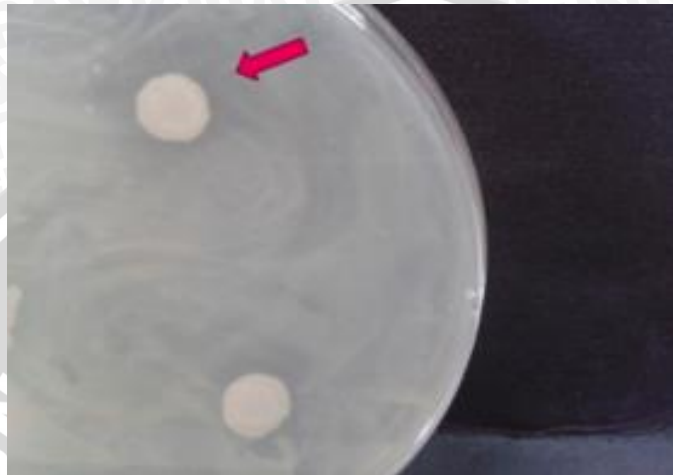
Hasil uji antagonis didapat berdasarkan rumus sebagai berikut :

Dimana I: Indeks Zona Bening; B: diameter zona bening; A: diameter koloni antagonis.

$$I = \frac{B - A}{B}$$

Bakteri yang memiliki potensi antagonis menunjukkan zona bening yang dihasilkan oleh koloninya pada uji *double layer* (Gambar 14). Zona bening terbentuk karena adanya kompetisi ruang (Cook and Baker, 1989) dan nutrisi media (Bromberg *et al.*, 2004) antara bakteri antagonis dan bakteri patogen. Sehingga pada saat bakteri tersebut melakukan aktivitas

dapat mempengaruhi laju penghambatan (pembentukan zona bening). Terbentuknya zona bening mengindikasikan bahwa bakteri uji memiliki senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen, sehingga pada media tidak terlihat masa bakteri di sekitar koloni bakteri antagonis (bening).

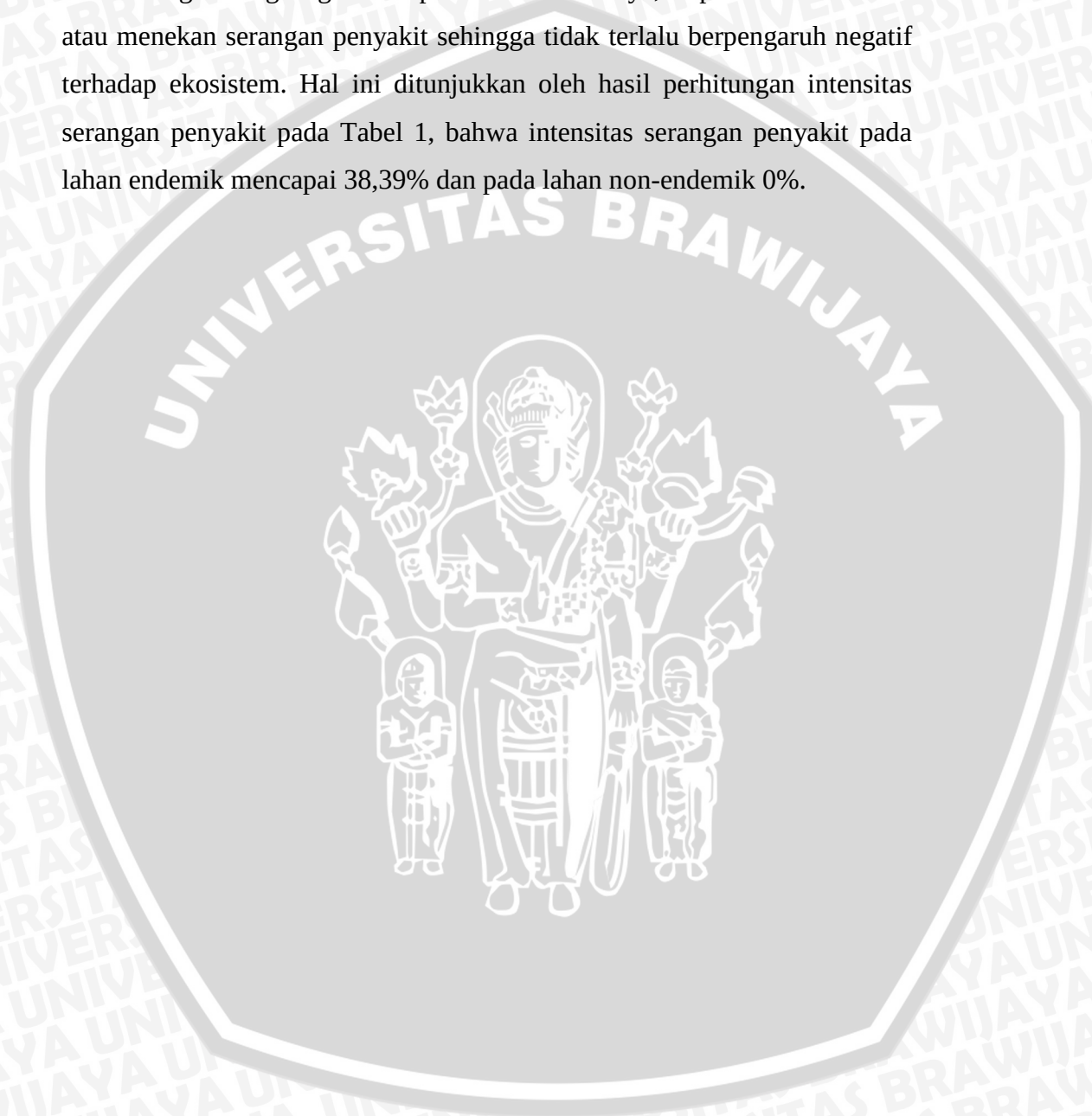


Gambar 14. Anak panah menunjukkan zona bening yang dihasilkan oleh bakteri tanah pada uji antagonis *double layer* terhadap *R. solanacearum*.

Beberapa senyawa antibiotik yang dapat dihasilkan bakteri antagonis yaitu *bacyclin*, *fengymicin*, *streptomycin*, *anterimin*, dan antibiotik lain yang dapat menghambat pertumbuhan patogen (Merriman *et al.*, 1974 dan Schaad *et al.*, 2001). Dari hasil uji antagonis, diketahui bahwa luas zona bening yang dihasilkan oleh bakteri tanah berbeda-beda. Hal tersebut dikarenakan kemampuan antagonis bakteri yang ditemukan tergantung oleh gen masing-masing isolat sehingga luas zona bening yang dihasilkan berbeda-beda (Cook and Baker, 1989).

Pada tanah, kemampuan bakteri dalam menghambat pertumbuhan patogen dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah berupa pH, kandungan bahan organik, kelembaban, struktur tanah, dan suhu tanah (Hidayah dan Djajadi, 2009). Pada tanah non-endemik, telah ditemukan dua belas bakteri yang dapat memproduksi zona hambat, sedangkan pada tanah endemik hanya ditemukan dua bakteri. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa pada tanah non-endemik memiliki kandungan bakteri antagonis lebih banyak dari tanah

endemik. Hal ini berbanding lurus dengan pendapat Van (2000) yang menjelaskan bahwa tanah yang dapat menekan penyakit (*suppressive soil*) memiliki keanekaragaman mikroorganisme yang tinggi. Mikroorganisme tersebut merupakan mikroorganisme-mikroorganisme menguntungkan yang mendukung kelangsungan hidup tanaman budidaya, dapat meminimalkan atau menekan serangan penyakit sehingga tidak terlalu berpengaruh negatif terhadap ekosistem. Hal ini ditunjukkan oleh hasil perhitungan intensitas serangan penyakit pada Tabel 1, bahwa intensitas serangan penyakit pada lahan endemik mencapai 38,39% dan pada lahan non-endemik 0%.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil isolasi, didapatkan 39 macam isolat bakteri yang berbeda yaitu 22 isolat dari lahan non-endemik dan 17 isolat dari lahan endemik. Keanekaragaman bakteri pada lahan endemik termasuk dalam kriteria sedang yaitu 2,57 dan pada lahan non-endemik termasuk ke dalam kriteria tinggi yaitu 3,07.

Berdasarkan hasil uji antagonis, terdapat 12 isolat bakteri dari lahan non-endemik dan 2 isolat dari lahan endemik yang mampu menunjukkan zona bening terhadap pertumbuhan *R. solanacearum* pada media NA. Kode bakteri yang mampu menunjukkan zona hambat atau zona bening dari lahan endemik adalah bakteri DQ dan DC. Kode bakteri yang mampu menunjukkan zona hambat atau zona bening dari lahan non-endemik adalah bakteri JH, JI, JK, JE, JA, JB, JD, JL, JF, JG, JJ, dan JN.

5.2 Saran

Pada penelitian ini belum diketahui genus maupun spesies dari bakteri-bakteri antagonis, oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi bakteri. Senyawa yang dihasilkan bakteri antagonis untuk menghasilkan zona bening juga belum diketahui, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui senyawa aktif yang dihasilkan oleh bakteri antagonis. Selain itu, uji rumah kaca maupun uji lapangan perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas bakteri antagonis secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N. 1996. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Backer, C.A. dan Backhuizen van den Brink R.C. Jr. 1965. *Flora of Java*. Vol. II. Groningen: P.Noordhoff
- Baharuddin. 1997. *Metode Isolasi dan Perbanyakan Bacillus thuringiensis Barliner Sebagai Agen Pengendali Hayati Serangga Hama Ordo Lepidoptera pada Tanaman Kapas*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Balai Penelitian Tanah. 2004. *Prosedur Pengambilan Contoh Tanah untuk Analisis Mikroorganisme*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor, Jawa Barat.
- Bio Intelligence Service (BIS), Europe Commision. 2010. *Soil Biodiversity: Functions, Threats and Tools for Policy Makers*. Technical Reports 2010. Tersedia di : www.biois.com/soilbiodiversity/231.html.
- Breure, A.M. 2004. Soil Biodiversity: Measurements, Indicators, Threats and Soil Functions. September 15th 17th 2004, León Spain. www.intl'conf/soil_compost_ectersedia di: obiology_2004/breure/paper_oral.
- Carney, K.M. and P.A. Matson. 2005. *Plant Communities, Soil Microorganisms, and Soil Carbon Cycling: Does Altering the World Belowground Matter To Ecosystem Functioning?* *Ecosystems* 8:928-940.
- Chauhan, A.K., Das A., Kharkwal H., Kharkwal A. C. and Varma A. 2006. *Impact of Micro-organisms on Environment and Health*. In Chauhan, A.K. and A. Varma (Eds.), *Microbes Health and Environment*. I.K. International Publishing House. Pvt. Ltd. S-25, Green Park Extension. New Delhi.
- Cook, R.J. and Baker, K.F. 1989. *The Nature and Practice of Biological Control of Plant Patogens*. Aps Press. St. Paul. Minnesota. USA.
- Dahuri. 1994. *Analisa Biota Perairan*. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Emmerling, C., M. Schlöter, A. Hartman and E. Kandeler. 2002. *Functional Diversity of Soil organisms- a Review of Recent Research in Germany*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* (2002), 165, 408-420.
- Harahap, L.H. 2012. *Mengenal Target Pest Karantina Tumbuhan Golongan Bakteri*. Balai Besar Karantina Pertanian Belawan.

- Hayward, A.C. 1976. *Systematic and relationship of Pseudomonas solanacearum*. p. 6–13. In L. Sequeira and A. Kelman (Eds.). Proc. First International Conference on Bacterial Wilt Disease Caused by *Pseudomonas solanacearum*. North Carolina.
- Heemsbergen D.A, M.P. Berg, M. Loreau, J.R. van Hal, J.A. Faber and H.A. Verhoef. 2004. *Biodiversity Effects on Soil Processes Explained by Site-specific Functional Dissimilarity*. Science 306:1019-1020.
- Heimpel, A.M and Angus, T.A. 1963. *Disease Caused by Certain Sporeforming Bacteria*. In Steinhaus, E.A.(Eds). *Insect Pathology and Advanced Trastise*, vol 2; p. 21-73.
- Heywood, V.H. 1974. *Flowering Plants of the World*. Croom Helm Publishers, Ltd., London : 325 pgs.
- Hidayah N., dan Djajadi. 2009. *Sifat-sifat Tanah yang Mempengaruhi Patogen Tular Tanah pada Tanaman Tembakau*. Perspektif 8(2) 74-83.
- Holtz, R.D., and Wager, O. 1975. "Preloading by vacuum: Current prospects."Transportation Research Record 548, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Hooper, D.U., D.E. Bignell, V.K. Brown, L. Brussaard, J.M. Dangerfield, D.H.Wall, G.W. Korthals, P. Smilauer, C. van Dijk and W.H. van der Putten. 2001. *Linking Above and Below-ground Biodiversity: Abundance and Trophic Complexity in Soil as a Response to Experimental Plant Communities on Abandoned Arable Land*. Funct Ecol 15:506-514.
- JGI Microbes. 2004. *Pseudomonas fluorescens*. Available at: http://genome.jgipsf.org/draft_microbes/psefl/psefl.home.html.
- Kelman A. 1953. *The bacterial wilt caused by Pseudomonas solanacearum*. A. Literature Rev and Bibliography. NC Agr Exp Stn Tech Bull: 99.
- Kowalchuk, G.A., D.S. Buma, W. de Boer, P.G.L. Klinkhamer and J.A. van Veen. 2002. *Effects of Aboveground Plant Species Composition and Diversity on the Diversity of soil-borne Microorganisms*. Antonie Van Leeuwenhoek 81:509-520.
- Krebs, C.J. 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York: Harper and Row Publishers.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of Vascular Plant*. New York: John Wiley and Sons.
- Madhigan, M.T; J.M. Martinko and J. Parker.,2000. *Biology of Microorganisms*. Eighth edition. Prentice Hall. International. Inc.

- McCarter, S.M. 1996. *Bacterial wilt*. Dalam: Jones JB, Stall RE, Zotter TA, editor. Compendium of tomato diseases. Am Phytopathol Soc. APS Pr: 28-29.
- Muhibuddin, A. 2007. *Model Matematik Populasi Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (VAM) pada Pergiliran Tanaman Jagung dan Kedelai di Jatikerto Malang*. Agrivita Vol. 29 No. 2: p.97-105.
- Nasahi, C. 2010. *Peran Mikroorganisme dalam Pertanian Organik*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian UNPAD. Bandung.
- Pelczar, J. Michael, dan E. C. S. Chan. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi II*. Penerjemah Ratna Sri Hadioetomo. UI Press, Jakarta.
- Puslitbang Hortikultura. 1994. *Laporan Tahunan Balai Penelitian Hortikultura Lembang*. Balithor Lembang.
- Puslitbang Hortikultura. 2004. *Hasil-hasil penelitian hortikultura Pelita V*. Jakarta: Badan Litbang Pertanian:81.
- Riwandi. 2009. *Metode Cepat Penilaian Kesehatan Tanah dengan Indikator Kinerja Tanah*. FP Universitas Bengkulu. Bengkulu
- Rukmana, R. 1997. *Bertanam Kentang dan Pasca Panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sastrahidayat, I.R. 1990. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Usaha Nasional. Surabaya Indonesia.
- Schaad, N.W., Jones J.B., and Chun W. 2001. *Plant Patogenic Bacteria Third Edition. The American Phytopathological Society*. St. Paul . minnesota. For.
- Steinhaus, E.A. 1975. *Disease in a Minor Chord*. Ohio State University Press, Columbus, Ohio.
- Sumarsih, S. 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Diktat Kuliah. Jurusan Ilmu Tanah. FP UPN Veteran. Yogyakarta.
- Suwahyono, U. 2010. *Cara Membuat dan Petunjuk Penggunaan Biopestisida*. Penebar Swadaya. Depok.
- Tenuta, M. 2003. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Prospects for Increasing Nutrient Acquisition and Disease Control*. Department of Soil Science, University of Manitoba. Available at: http://www.umanitoba.ca/afs/agronomists_conf/2003/pdf/tenuta_rhizobacteria.pdf (November 2004).
- Tilman, D. 2001. *Functional Diversity*. Encyclopedia of Biodiversity Vol 3. Academic Press. Tersedia di :<http://docs.google.com>.

- Tilman, D., P.B. Reich, J. Knops, D.Wedin, T. Mielke and C. Lehman. 2001. *Diversity and Productivity in a Long-term Grassland Experiment*. Science 294:843-845.
- Tindall, H.D. 1968. *Commercial Vegetable Growing*. Oxford University Press, London : xi + 330 pgs.
- Van, B. 2000. *In search of biological indicators for soil health and disease suppression*. Apple Soil E, 15(1), 2000, pp. 13-24.
- Van loon, L. C., P. A. H. M. Bakker, and C. M. J. Pieterse. 1998. *Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria*. Annual Reviews Phytopathology. Available at <http://www.lancs.ac.uk/staff/robertmr/downloads/isr.pdf> (April 2004).
- Widyati, E. 2013. *Pentingnya Keanekaragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Lahan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan. Kampus Balitbang Kehutanan. Bogor.
- Wardle, D.A., K.I. Bonner and K.S. Nicholson. 1997. *Biodiversity and Plant Litter: Experimental Evidence which does not Support the View that Enhanced Species Richness Improves Ecosystem Function*. Oikos 79:247-258.
- Zhanfeng L., L. Guohua, F. Bojie and Z. Xiaoxuan. 2007. *Relationship between Plant Species Diversity and soil Microbial Functional Diversity along a Longitudinal Gradient in Temperate Grasslands of Hulunbeir, Inner Mongolia, China*. Ecol Res (10): 1172-1179.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Wawancara

No	Keterangan	Endemik	Non-Endemik
1	Sejarah Lahan	- Lahan termasuk persawahan pada dataran sedang - Muncul serangan layu dimulai sejak 10 tahun yang lalu saat petani lebih sering menggunakan pupuk kimia anorganik - Memiliki sejarah pernah gagal panen total diakibatkan serangan penyakit layu. - Menurut petani penyakit layu berasal dari tanah dan sulit dikendalikan - Setiap musim tanam tomat, petani mengatakan bahwa selalu ada serangan penyakit layu.	- Lahan termasuk daerah ladang pada dataran tinggi - Tidak pernah memiliki sejarah gagal panen diakibatkan penyakit layu. - Menurut petani, serangan penyakit layu hampir tidak ada pada setiap musim tanam - Pada musim tanam sebelum-sebelumnya, saat ditanami tomat serangan layu hanya sedikit sekitar 5%
2	Pemupukan	- Petani menggunakan pupuk kandang (ayam dan sapi) diberikan 500 kg/¼ ha dan TSP 50 kg/¼ ha sebelum tanam - Pupuk TSP, SP36, sejumlah 25 kg/¼ ha setiap 15 hari sekali - ZPT sebagai perangsang pertumbuhan, 1 ons/10 liter air dalam luasan ¼ ha diberikan saat tanam	- Pupuk kandang (ayam dan sapi) diberikan ± 12 ton/½ ha (per lubang tanam ± ½ kg) - Pupuk NPK diberikan setiap 2 minggu sekali sampai pembuahan sejumlah 5-10 kg yang dilarutkan pada 1 drum air - Terkadang petani mengaplikasikan mikoriza yang dibeai dari toko pertanian.
3	Pestisida	Sebelum mengaplikasikan pestisida, petani melihat dahulu kondisi hama dan penyakit yang	Sebelum mengaplikasikan pestisida, petani melihat dahulu kondisi hama dan

		menyerang tanaman tomat • Insektisida yang biasa digunakan untuk membasmi hama seperti ulat yaitu Endur 120 SC (ba spinetoram) • Fungisida yang biasa digunakan untuk membasmi penyakit seperti bercak daun dan busuk buah yaitu Dithane M-45 80 WP (ba mankozeb), Daconil 75 WP (ba klorotalonil), Antracol 70 WP (ba propineb) • Perekat yang digunakan yaitu Latron 750 SL (ba alkil gleserol flalat) • Aplikasi Antracol, Dithane M-45 dengan dosis 2 sendok makan, Daconil, Endure sebanyak 1 sendok makan, Latron 1 sendok teh dengan takaran air 1 tangki (16 liter) interval penyemprotan seminggu sekali.	penyakit yang menyerang tanaman tomat • Insektisida yang biasa digunakan untuk membasmi hama seperti ulat yaitu Asmec 36 EC (ba abamektin), • Petani terkadang mengaplikasikan pestisida, fungisida, maupun bakterisida nabati yang berbahan dasar tanaman seperti kulit jeruk.
4	Pergiliran tanaman	Padi (4 bulan)- tomat (5 bulan)- jagung manis (3 bulan)	Tomat-wortel-bero ± 2 bulan (istirahat)-tomat
5	Varietas	Permata	Permata
6	Benih	Beli di toko saprota	Beli di toko saprota
7	Pembibitan	Dilakukan (25 hari)	Dilakukan (30 hari)
8	Pengairan	Disiram/kocor dari air irigasi persawahan dengan menggunakan cebuk setiap 5 hari sekali	Disiram melalui aliran irigasi berasal dari Gunung Biru selama setiap 7 hari sekali, jika musim penghujan memanfaatkan tadah hujan
9	Pengolahan tanah	Diolah secara tradisional dengan menggunakan cangkul, diberi pupuk kandang dan TSP, dibuat	Diolah secara tradisional dengan menggunakan cangkul, diberi pupuk kandang,

		bedeng lalu diberi mulsa plastik hitam perak, jarak tanam 40 cm, diberi ajir ketika tanaman berumur 1 bulan lebih 25 hari	dibuat bedeng lalu diberi mulsa plastik hitam perak, jarak tanam 30-35 cm, diberi ajir ketika sebelum tanam
10	Penyiangan gulma	Menggunakan herbisida dengan dosis 100cc/tangki (16 liter)	Dengan cara tradisional menggunakan sabit lalu dibenamkan
11	Perawatan	Pewiwilan dan pengikatan dilakukan setelah penanaman tomat	Pewiwilan dilakukan pada umur ± 2 bulan dan pengikatan menjelang tomat berbuah
12	Produktivitas	• Normalnya setiap tanaman menghasilkan 4-5 kg, jika tanaman terserang penyakit hanya menghasilkan 3kg saja pertanaman. • Total dalam luasan $\frac{1}{4}$ ha menghasilkan ± 20 ton buah tomat	• Setiap tanaman rata-rata menghasilkan 5kg • Dalam luasan $\frac{1}{2}$ ha menghasilkan $\pm 50-60$ ton

Lampiran 2. Tabel Perhitungan Indeks Zona Bening Bakteri Antagonis Lahan Non-Endemik

No	Kode	Diameter Koloni	Diameter Zona Bening			IZB			Rerata IZB
			U1	U2	U3	U1	U2	U3	
1	JH	0.13	0.9	0.81	0.72	0.86	0.84	0.82	0.84
2	JI	0.2	0.67	0.65	0.67	0.70	0.69	0.70	0.70
3	JK	0.17	0.9	0.9	1.03	0.81	0.81	0.83	0.82
4	JE	0.2	0.9	0.87	1	0.78	0.77	0.80	0.78
5	JA	0.2	1.22	1.02	1.03	0.84	0.80	0.81	0.82
6	JB	0.3	1.33	1.36	1.3	0.77	0.78	0.77	0.77
7	JD	0.5	0.88	0.9	0.87	0.43	0.44	0.43	0.43
8	JL	0.4	0.96	0.97	0.9	0.58	0.59	0.56	0.58
9	JF	0.1	1.07	1.15	1.13	0.91	0.91	0.91	0.91
10	JG	0.2	0.9	0.78	0.85	0.78	0.74	0.76	0.76
11	JJ	0.2	0.7	0.68	0.72	0.71	0.71	0.72	0.71
12	JN	0.14	0.65	0.57	0.6	0.78	0.75	0.77	0.77

Lampiran 3. Tabel Perhitungan Indeks Zona Bening Bakteri Antagonis Lahan Endemik

No	Kode	Diameter Koloni	Diameter Zona Bening			IZB			Rerata IZB
			U1	U2	U3	U1	U2	U3	
1	DC	0.23	0.7	0.79	0.65	0.67	0.71	0.65	0.68
2	DQ	0.23	1	0.9	0.7	0.77	0.74	0.67	0.73

Lampiran 4. Tabel Perhitungan Indeks Keanekaragaman Lahan Endemik

No	Bakteri	Jumlah Isolat (N)	pi	Ln pi	H'
1	DA	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
2	DB	4	0.111111	-2.19722	-0.24414
3	DC	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
4	DD	4	0.111111	-2.19722	-0.24414
5	DE	7	0.194444	-1.63761	-0.31842
6	DF	4	0.111111	-2.19722	-0.24414
7	DG	2	0.055556	-2.89037	-0.16058
8	DH	3	0.083333	-2.48491	-0.20708
9	DI	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
10	DJ	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
11	DK	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
12	DL	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
13	DM	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
14	DN	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
15	DO	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
16	DP	1	0.027778	-3.58352	-0.09954
17	DQ	2	0.055556	-2.89037	-0.16058
	Total	36			-2.57448

Lampiran 5. Tabel Perhitungan Indeks Keanekaragaman Lahan Non-Endemik

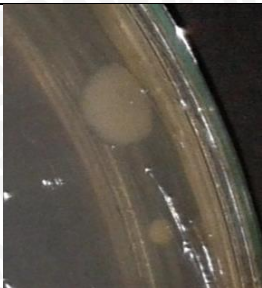
No	Bakteri	Jumlah Isolat (N)	pi	Ln pi	H'
1	JA	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
2	JB	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
3	JC	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
4	JD	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
5	JE	3	0.0625	-2.77259	-0.17329
6	JF	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
7	JG	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
8	JH	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
9	JI	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
10	JJ	3	0.0625	-2.77259	-0.17329
11	JK	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
12	JL	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
13	JM	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
14	JN	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
15	JO	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
16	JP	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
17	JQ	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
18	JR	3	0.0625	-2.77259	-0.17329
19	JS	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
20	JT	3	0.0625	-2.77259	-0.17329
21	JU	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
22	JV	2	0.041667	-3.17805	-0.13242
Total		48			-3.07669

Lampiran 6. Dokumentasi karakteristik morfologi koloni bakteri pada lahan non-endemik

No	Kode	Bentuk	Tepi	Warna	Dokumentasi
1	JA	bulat	rata	putih	
2	JB	bulat	rata	kuning	

3	JC	bulat	rata	putih mengkilap	
4	JD	bulat	rata	putih transparan	
5	JE	bulat	rata	putih susu	
6	JF	bulat	rata	putih keruh	
7	JG	bulat	rata	putih mengkilap	
8	JH	bulat	gelombang	putih keruh	

9	JI	tdk beraturan	rata	putih keruh	
10	JJ	tdk beraturan	rata	putih transparan	
11	JK	tdk beraturan	rata	putih agak kuning	
12	JL	tdk beraturan	gerigi	putih keruh	
13	JM	lonjong	rata	kuning	
14	JN	bulat	gelombang	putih	

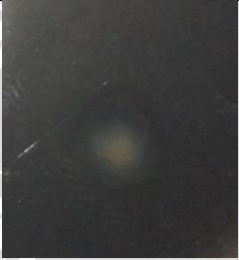
15	JO	lonjong	rata	putih keruh	
16	JP	bulat	rata	putih cerah mengkilap	
17	JQ	bulat	rata	kuning transparan mengkilap	
18	JR	lonjong	gelombang	putih	
19	JS	lonjong	rata	putih agak kuning	
20	JT	Tdk beraturan	rata	putih cerah	

21	JU	bulat	rata	kuning transparan	
22	JV	bulat	gerigi	putih keruh	

Lampiran 7. Dokumentasi karakteristik morfologi koloni bakteri pada lahan endemik

No	Kode	Bentuk	Tepi	Warna	Dokumentasi
1	DA	tdk beraturan	gerigi	putih cerah	
2	DB	tdk beraturan	gerigi	putih	
3	DC	bulat	rata	putih keruh mengkilap	

4	DD	Tdk beraturan	gelombang	putih agak kuning	
5	DE	tdk beraturan	rata	putih cerah	
6	DF	bulat	rata	putih mengkilap	
7	DG	Bulat	rata	putih transparan	
8	DH	tdk beraturan	bergerigi	putih keruh	
9	DI	tdk beraturan	gerigi	putih agak kuning	

10	DJ	bulat	rata	putih cerah	
11	DK	bulat	rata	putih keruh	
12	DL	bulat	rata	putih agak kuning	
13	DM	bulat	rata	kuning transparan	
14	DN	bulat	rata	kuning	
15	DO	lonjong	rata	putih cerah	

16	DP	lonjong	rata	putih agak kuning	
17	DQ	lonjong	rata	putih keruh	

