

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT DAN  
RHIZOSFER TANAMAN BAWANG MERAH VARIETAS RUBARU  
SEBAGAI ANTIJAMUR *Fusarium* sp. SECARA IN VITRO**

**SKRIPSI**



**Oleh:**

**FIZZATUL AFIYAH SILVIA PUTRI  
NIM. 190720204620100041**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI ANNUQAYAH  
GULUK-GULUK SUMENEP  
2023**

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT DAN  
RHIZOSFER TANAMAN BAWANG MERAH VARIETAS RUBARU  
SEBAGAI ANTIJAMUR *Fusarium* sp. SECARA IN VITRO**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**FIZZATUL AFIYAH SILVIA PUTRI  
NIM. 190720204620100041**

**Diajukan Kepada:**

Ketua Program Studi Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Sains dan Teknologi Annuqayah  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh Gelar  
Sarjana Sains (S.Si)

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI ANNUQAYAH  
GULUK-GULUK SUMENEP  
2023**

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT DAN  
RHIZOSFER TANAMAN BAWANG MERAH VARIETAS RUBARU  
SEBAGAI ANTIJAMUR *Fusarium* sp. SECARA IN VITRO**

**SKRIPSI**

**FIZZATUL AFIYAH SILVIA PUTRI  
NIM. 190720204620100041**

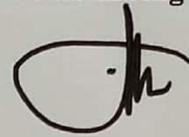
Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji Tanggal: 27 Agustus 2023

**Pembimbing I**



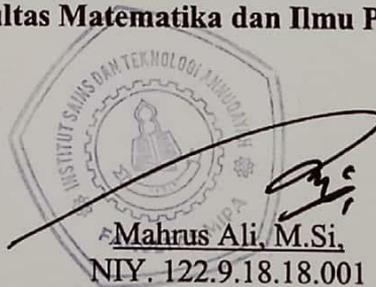
Hefdiyah, M.Si  
NIDN. 0724019101

**Pembimbing II**



Enni Mutiati, M.Si  
NIDN. 0729018903

Mengesahkan,  
**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Mahrus Ali, M.Si  
NIY. 122.9.18.18.001

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT DAN  
RHIZOSFER TANAMAN BAWANG MERAH VARIETAS RUBARU  
SEBAGAI ANTIJAMUR *Fusarium* sp. SECARA IN VITRO**

**SKRIPSI**

**FIZZATUL AFIYAH SILVIA PUTRI  
NIM. 190720204620100041**

telah dipertahankan  
di depan Penguji Sidang dan dinyatakan diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk mendapatkan Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Pada Tanggal: 27 Agustus 2023

Penguji I	:	Mahrus Ali, M.Si. NIDN. 0725069002	(  )
Penguji II	:	Moh. Qomarus Zaman, M.Si. NIDN. 0730058805	(  )
Pembimbing I	:	Hefdiyah, M.Si. NIDN. 0724019101	(  )
Pembimbing II	:	Enni Mutiati, M.Si. NIDN. 0729018903	(  )

Mengesahkan,  
**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

  
Mahrus Ali, M.Si.  
NIY. 122.9.18.18.001

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas kekuatan dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan segala rasa syukur dan bangga, saya persembahkan karya sederhana ini kepada:

1. Diri saya sendiri.
2. Bapak Ahmad Fauzi Zain dan Ibu Nurhaida Harahap selaku orang tua saya, serta Abul Fath Ibnu Zain selaku abang saya yang selalu memberikan dukungan, doa, dan wejangan untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Hefdiyah, M.Si. dan Ibu Enni Mutiati, M.Si., selaku dosen pembimbing dan *partner* diskusi yang telah membimbing saya dari awal pengajuan judul hingga akhir studi, selalu memberikan dukungan moral dan kedamaian dalam diri saya ketika saya sedang *overthinking*, selalu memberikan *experience* yang membuka mata dan memacu semangat saya untuk terus memberikan *effort* lebih, dan menjadi *role model* saya untuk menjalani hidup dengan semangat berapi-api.
4. Seluruh dosen dan staff yang selalu memberikan dukungan dengan menciptakan lingkungan kerja yang positif.
5. Teman-teman peminatan mikrobiologi: Rofiqoh, Fitria Ningsih, Ida Hasanah, Ana Arrasyidah, Sulviyatur Romdlaniyah, Emelia Selvi, Nahdiya Ila Magfirotin, dan teman-teman program studi biologi yang dari awal telah berjuang bersama.
6. Teman-teman *online* dan kucing-kucing di rumah.

Demikian persembahan ini diberikan, saya ucapkan terima kasih atas eksistensi dan interaksinya dalam kehidupan ini.

## MOTTO

*“Bisa karena terbiasa. Jika belum terbiasa, paksa bisa.”*

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fizzatul Afiyah Silvia Putri  
NIM : 190720204620100041  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Penelitian : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer  
Tanaman Bawang Merah Varietas Rubaru sebagai  
Antijamur *Fusarium* sp. secara In Vitro

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

Sumenep, 13 Agustus 2023  
Yang membuat pernyataan,



Fizzatul Afiyah Silvia Putri  
NIM. 190720204620100041

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

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

# **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer Tanaman Bawang Merah Varietas Rubaru sebagai Antijamur *Fusarium* sp. secara In Vitro**

Fizzatul Afiyah Silvia Putri

Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Sains dan Teknologi Annuqayah

## **ABSTRAK**

Bawang merah termasuk salah satu tanaman hortikultura yang diprioritaskan pengembangannya untuk mencapai tujuan nasional, yaitu menjadi eksportir utama ASEAN. Namun, dalam proses peningkatan produksi seringkali terkendala oleh serangan penyakit tanaman, seperti penyakit moler yang disebabkan oleh patogen jamur *Fusarium* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru dan potensinya dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp., serta mengetahui genus dari isolat bakteri potensial tersebut. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Sampel yang digunakan adalah isolat bakteri endofit (akar, umbi, dan daun), serta rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru. Sampel bakteri dilakukan uji antagonis secara in vitro terhadap isolat *Fusarium* sp menggunakan metode *dual culture* yang diinkubasi selama 7 hari pada suhu  $30^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  dalam keadaan gelap. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan statistik menggunakan uji T independen. Isolat bakteri potensial dilakukan karakterisasi morfologi dan biokimia, serta disesuaikan dengan *identification flowchart* Bergey's. Hasil penelitian ini menunjukkan kelimpahan bakteri tanaman bawang merah varietas Rubaru pada akar, umbi, dan rhizosfer masing-masing sebesar  $17 \times 10^4$  cfu/g,  $1 \times 10^4$  cfu/g, dan  $2,54 \times 10^6 - 8 \times 10^6$  cfu/g. Pengujian antagonis secara in vitro memperoleh 2 isolat potensial, yaitu DBM2 dengan persentase hambatan sebesar 8.07% dan ABM1 sebesar 10.30% dengan masing-masing isolat termasuk dalam kategori antagonistik lemah. Karakterisasi morfologi dan biokimia isolat potensial DBM2 dan ABM1 masing-masing menunjukkan kecenderungan pada genus *Staphylococcus* dan *Neisserria* atau *Veillonella*.

Kata kunci: Bakteri endofit, rhizosfer, bawang merah, *Fusarium* sp., in vitro

# **Isolation and Characterization of Endophytic and Rhizosphere Bacteria of Shallot Variety Rubaru as Antifungal *Fusarium* sp. In Vitro**

Fizzatul Afiyah Silvia Putri

Biology Study Program Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Annuqayah  
Institute of Science and Technology

## **ABSTRACT**

Shallots are one of the horticultural crops whose development is prioritized to achieve the national goal, namely to become the main exporter of ASEAN. However, the process of increasing production is often constrained by plant disease attacks, such as moler disease caused by the fungal pathogen *Fusarium* sp. This study aims to determine the abundance of endophytic and rhizosphere bacteria of the shallot variety Rubaru and its potential to inhibit the growth of *Fusarium* sp., as well as to determine the genus of the potential bacterial isolates. This study used a completely randomized design (CRD) with 6 treatments and 4 replications. The samples used were isolates of endophytic bacteria (roots, tubers, and leaves), as well as the rhizosphere of the red onion variety Rubaru. Bacterial samples were tested for antagonist in vitro against *Fusarium* sp. isolates using the dual culture method which were incubated for 7 days at  $30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  in the dark. The data were analyzed descriptively and statistically using an independent t-test. Potential bacterial isolates were subjected to morphological and biochemical characterization, and adapted to Bergey's identification flowchart. The results of this study indicated that the bacterial abundance of the red onion variety Rubaru in roots, tubers, and rhizosphere was  $17 \times 10^4$  cfu/g,  $1 \times 10^4$  cfu/g, and  $2.54 \times 10^6 - 8 \times 10^6$  cfu/g, respectively. Antagonist testing in vitro obtained 2 potential isolates, namely DBM2 with an inhibition percentage of 8.07% and ABM1 of 10.30%, each belonging to the weak antagonistic category. Morphological and biochemical characterization of potential isolates DBM2 and ABM1 respectively showed a tendency towards the genus *Staphylococcus* and *Neisseria* or *Veillonella*.

Keywords: Endophytic bacteria, rhizosphere, red onion, *Fusarium* sp., in vitro

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer Tanaman Bawang Merah Varietas Rubaru sebagai Antijamur *Fusarium* sp. secara In Vitro”. Tidak lupa shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW.

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

1. Mohammad Hosnan, M.Pd. selaku Rektor IST Annuqayah.
2. Mahrus Ali, M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Sains dan Teknologi Annuqayah.
3. Bayuda Luqman Al-Farisi, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Sains dan Teknologi Annuqayah.
4. Hefdiyah, M.Si. dan Enni Mutiati, M.Si. selaku pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Mahrus Ali, M.Si. dan Moh. Qomarus Zaman, M.Si. selaku dewan penguji sidang.
6. Seluruh dosen, laboran, dan staff Institut Sains dan Teknologi Annuqayah yang telah setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
7. Abd. Rauf selaku pemilik lahan bawang merah yang telah memberikan izin dan menemani penulis dalam melakukan pengambilan data.
8. Seluruh korlap BPP Rubaru, khususnya Faisal Djafriansyah, S.P. yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam melakukan pengambilan data penelitian.
9. Dinas Pertanian Kabupaten Sumenep yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan penelitian di lokasi terkait.
10. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis yang selalu memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
11. Teman-teman seperjuangan peminatan Mikrobiologi dan teman-teman seperjuangan Biologi.
12. Teman-teman *online*, kucing-kucing di rumah, dan playlist *spotify* penulis yang selalu menemani, memberikan dukungan, motivasi, dan semangat yang membara untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Fizzatul Afiyah Silvia Putri selaku pribadi yang selalu percaya pada diri sendiri dan berhasil menuntaskan tugas akhir dengan baik.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya, namun apabila terdapat kekurangan, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.

Sumenep, 13 Agustus 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	v
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Batasan Penelitian.....	7
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanaman Bawang Merah.....	9
2.2 <i>Fusarium</i> sp.....	17
2.3 Uji Antagonis secara In Vitro.....	19
2.4 Uji Biokimia.....	20
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	29
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.5 Analisis Data.....	35
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	37
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Isolasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru.....	38
4.2 Uji Antagonis Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru terhadap Jamur <i>Fusarium</i> sp.....	41
4.3 Karakterisasi Morfologi dan Biokimia Isolat Potensial Bakteri Bawang Merah Varietas Rubaru.....	48

<b>BAB V. PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Produksi bawang merah (ton) per tahun .....	14
2.2 Ekspor bawang merah .....	14
2.3 Produktivitas bawang merah Kecamatan Rubaru tahun 2022 .....	15
3.1 Rancangan penelitian .....	28
3.2 Kategori kemampuan antagonisme .....	32
4.1 Data rhizosfer lahan bawang merah varietas Rubaru.....	38
4.2 Jumlah kelimpahan koloni bakteri bawang merah varietas Rubaru.....	39
4.3 Ciri morfologi isolat <i>Fusarium</i> sp.....	41
4.4 Persentase daya hambat bakteri .....	46
4.5 Karakter koloni isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru .....	49
4.6 Karakter morfologi dan biokimia isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Morfologi akar dan batang tanaman bawang merah .....	10
2.2 Morfologi daun dan bunga tanaman bawang merah .....	12
2.3 Perbedaan pertumbuhan motil dan nonmotil .....	20
2.4 Pembentukan gas H <sub>2</sub> S dengan senyawa belerang organik .....	21
2.5 Pembentukan gas H <sub>2</sub> S dengan senyawa belerang anorganik .....	21
2.6 Hasil uji produksi H <sub>2</sub> S dan motilitas .....	22
2.7 Reaksi kimia pada uji sitrat .....	23
2.8 Hasil uji sitrat .....	23
2.9 Reaksi kimia pada uji katalase .....	24
2.10 Hasil positif uji katalase .....	24
2.11 Pengelompokan kelompok mikroba pada uji TSIA .....	25
2.12 Hasil uji <i>Triple Sugar Iron Agar Test</i> .....	26
2.13 Hasil uji hidrolisis pati positif dan negatif .....	27
3.1 Peta lokasi pengambilan sampel .....	29
4.1 Lokasi lahan bawang merah varietas Rubaru, Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep .....	39
4.2 Morfologi isolat <i>Fusarium</i> sp. ....	42
4.3 Isolat <i>Fusarium</i> sp. perbesaran 1000x mikroskop .....	43
4.4 Grafik rata-rata diameter koloni <i>Fusarium</i> sp. ....	44
4.5 Morfologi isolat potensial DBM2 dan ABM1 .....	51
4.6 <i>Identification flowchart</i> Bergey's Gram positif coccus .....	52
4.7 Uji fermentasi manitol isolat DBM2 .....	53
4.8 <i>Identification flowchart</i> Bergey's Gram negatif coccus .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Deskripsi bawang merah varietas Rubaru.....	68
2. Pengukuran diameter koloni <i>Fusarium</i> sp. (cm) .....	69
3. Hasil uji normalitas, homogenitas, dan T independen .....	72
4. Uji antagonis isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru terhadap <i>Fusarium</i> sp.....	75
5. Hasil pewarnaan isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru .....	76
6. Morfologi koloni dan isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru.....	77
7. Hasil karakterisasi biokimia isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru.....	78
8. Perkembangan uji antagonis selama inkubasi 7 hari.....	81
9. <i>Identification flowchart</i> Bergey's bakteri Gram positif coccus .....	109

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas tanaman hortikultura unggulan nasional yang diprioritaskan dalam pengembangannya, karena memiliki banyak kegunaan serta bernilai ekonomi tinggi. Bawang merah biasanya digunakan sebagai rempah pelengkap bumbu masakan, karena memiliki rasa dan aroma yang khas bagi makanan nusantara serta umum digunakan sebagai obat tradisional, karena mengandung senyawa bioaktif dan antibakterial yang dapat menyembuhkan berbagai penyakit (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014; Edy dkk., 2022). Oleh karena itu, bawang merah memiliki peranan yang krusial dalam kehidupan sehari-hari masyarakat Indonesia.

Sentra produksi bawang merah terdapat hampir diseluruh wilayah di Indonesia. Berdasarkan data sensus pertanian (2023), luas areal tanam bawang merah secara nasional mencapai 587.667.074 m<sup>2</sup>, sedangkan rata-rata luas tanam per rumah tangga adalah 2.597 m<sup>2</sup>. Indonesia memiliki sembilan provinsi dengan tingkat produksi bawang merah tertinggi yang luas areal panennya lebih dari 1.000 hektar (ha) per tahun. Sebanyak 95,8% dari keseluruhan bawang merah nasional diproduksi dari sembilan provinsi tersebut dan Kepulauan Jawa memberikan kontribusi sebesar 75% (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014), salah satunya berasal dari Jawa Timur. Pada tahun 2021, Jawa Timur menjadi sentra tertinggi kedua penghasil bawang merah dengan total produksi mencapai 500 ribu ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2022).

Kabupaten Sumenep merupakan salah satu kontributor produksi bawang merah nasional di Jawa Timur. Berdasarkan data produksi tanaman sayuran menurut kabupaten/kota di Jawa Timur (2021), melaporkan bahwa Kabupaten Sumenep turut menyumbang total produksi bawang merah sebanyak 75 ribu kwintal pada tahun 2019 dan 68 ribu kwintal pada tahun 2020. Kecamatan Rubaru menjadi sentra pusat produksi bawang merah di Kabupaten Sumenep, dengan luas areal tanam 1.300 hektar dan mampu menghasilkan 8 ton per hektar dengan periode produksi yang berlangsung 3 kali dalam setahun (Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur, 2019).

Ketersediaan bawang merah nasional yang melimpah berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan pangan yang dapat bersaing pada pasar lokal maupun internasional. Hal ini sesuai dalam *roadmap* pengembangan komoditas pertanian strategis menuju Indonesia sebagai lumbung pangan dunia 2045, yang menyebutkan bahwa tujuan utama pengembangan produksi bawang merah nasional pada tahun 2020-2024 adalah untuk memenuhi permintaan domestik dan memperkuat daya saing pasar, dapat melakukan ekspor pada tahun 2025-2034, serta menjadi eksportir utama ASEAN pada tahun 2035-2045 (Kementerian Pertanian, 2017).

Sejak 5 tahun terakhir produksi bawang merah nasional diketahui cenderung meningkat secara signifikan. Peningkatan produksi tersebut sejalan dengan tingginya kebutuhan konsumsi masyarakat terhadap bawang merah, yaitu mencapai 2.699 kg/kapita/tahun pada tahun 2020 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2021). Namun dalam prosesnya, peningkatan produksi

bawang merah terhambat oleh beberapa hal, diantaranya iklim yang kurang menguntungkan, seperti musim penghujan serta tingginya serangan hama dan penyakit (Suwandi, 2014; Anwar, 2020).

Musim penghujan menjadi penyebab berkurangnya luas areal panen bawang merah nasional, yaitu mencapai lebih dari 30% pada sekitar bulan Desember hingga April (Suwandi, 2014). Hal tersebut terjadi karena serangan hama dan penyakit pada tanaman bawang merah akan meningkat selama musim penghujan (*off season*) (Suwandi, 2014; Anwar, 2020). Sesuai dengan data Kompas TV (2022), yang melaporkan bahwa ratusan hektar tanaman bawang merah di Brebes Jawa Tengah mengalami gagal panen akibat tingginya curah hujan dan menunjukkan adanya penyakit moler, yaitu daun yang menguning dan umbi yang busuk.

Penyakit moler (dikenal dengan penyakit layu fusarium) adalah penyakit utama pada tanaman bawang merah yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium* sp. Serangan penyakit moler mencakup keseluruhan bagian tanaman, akibatnya dapat menyebabkan kerugian yang tinggi pada hasil produksi bawang merah. Intensitas serangan penyakit moler dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi. Patogen *Fusarium* sp. termasuk sulit dikendalikan, sehingga pengendalian dan pencegahannya harus dilakukan sejak dini (Anwar, 2020). Salah satu contoh tindakan pengendalian adalah dengan pengaplikasian mikroorganisme antagonis pengendali penyakit tanaman.

Mikroorganisme antagonis merupakan mikroba yang dapat menekan pertumbuhan organisme pengganggu tanaman. Mikroba antagonis diperoleh dari

alam, seperti rhizosfer, jaringan tanaman, atau air, baik berupa bakteri, fungi, actinomycetes maupun virus (Hanudin & Marwoto, 2012). Isolasi, eksplorasi, dan aplikasi mikroba kelompok bakteri yang berpotensi untuk menekan penyakit tanaman akibat *Fusarium* sp diketahui sudah banyak dilakukan. Beberapa bakteri seperti *Bacillus subtilis* (Suriani & Muis, 2016; Hersanti dkk., 2021), *Pseudomonas fluorescens* (Syukur dkk., 2022), dan *Streptomyces* sp. (Handayani dkk., 2020) dilaporkan mampu menghambat patogen *Fusarium* sp. pada berbagai jenis tanaman seperti jagung, kentang, tomat, dan terung.

Penelitian terdahulu terkait potensi bakteri tanaman bawang merah dalam menekan berbagai penyakit tanaman juga telah banyak diteliti. Dalam Resti dkk. (2013), hasil isolasi bakteri pada bagian endofit bawang merah diketahui mampu menekan serangan penyakit Hawar Daun Bakteri (HDB) pada bawang merah dengan nilai efektivitas penekanan sebesar 65,06%. Bakteri tersebut teridentifikasi sebagai kelompok bakteri *Bacillus* spp. dan bakteri *Serratia marcescens*. Penelitian yang dilakukan oleh Prasetya dkk. (2018), melaporkan bahwa terdapat 11 isolat yg berhasil diperoleh dari endofit akar bawang merah dengan 5 diantaranya memiliki aktivitas kitinolitik, namun hanya terdapat 4 isolat yang mampu menghambat *Fusarium* sp. Sejalan dengan penelitian oleh Pitasari dan Ali (2018), yang menyatakan bahwa 5 dari 9 isolat bakteri endofit akar, daun, dan umbi bawang merah dilaporkan berhasil menghambat pertumbuhan jamur *Alternaria porri* dengan persentase daya antagonis yang tinggi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Amalia (2021), juga melaporkan bahwa isolat bakteri endofit

dan rhizosfer dari bawang merah asal Brebes berhasil tahan terhadap invasi jamur patogen *Fusarium* sp. dengan persentase hambatan mencapai 46,80%.

Bawang merah varietas Rubaru merupakan kultivar lokal asal Kabupaten Sumenep yang dilaporkan memiliki ketahanan dalam kondisi ekstrem, seperti musim penghujan dan tahan terhadap serangan hama penyakit tanaman, salah satunya jamur *Fusarium* sp. (Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur, 2019). Bawang merah varietas Rubaru memiliki genotipe dengan ketahanan terbaik terhadap penyakit layu bawang merah (Aprilia dkk., 2020). Potensi ketahanan terbaik yang dimiliki bawang merah varietas Rubaru dan peran mikroba bawang merah dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. melatarbelakangi penelitian ini. Oleh karena itu, diangkat tema penelitian tentang isolasi, identifikasi, serta uji potensi bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp.

Penelitian ini dilakukan untuk dapat menggambarkan karakteristik bakteri yang diisolasi dari bagian endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru, serta untuk mengetahui peran isolat bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp., sehingga dapat dikembangkan untuk menjadi alternatif dalam menyelesaikan masalah penyakit layu fusarium pada bawang merah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didasarkan pada latar belakang diatas, diuraikan sebagai berikut:

1. Berapa kelimpahan bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru?
2. Bagaimana potensi bakteri hasil isolasi dari endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.?
3. Apa jenis-jenis isolat bakteri potensial hasil isolasi dari endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru yang mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk:

1. Mengetahui kelimpahan bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru.
2. Mengetahui potensi bakteri hasil isolasi dari endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.?
3. Mengetahui jenis bakteri potensial hasil dari isolasi endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah varietas Rubaru yang mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti yang diuraikan dalam beberapa poin berikut:

1. Membantu meningkatkan keterampilan laboratorium menjadi lebih berkembang, sehingga dapat digunakan untuk berkontribusi dalam penyelesaian masalah yang terjadi dimasyarakat.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang bakteri endofit dan rhizosfer yang diisolasi dari tanaman bawang merah varietas Rubaru, serta potensinya sebagai antijamur *Fusarium* sp.
3. Menjadi motivasi dan ide bagi mahasiswa untuk meningkatkan kreatifitas diri, sebagai informasi tambahan mengenai bakteri endofit dan rhizosfer tanaman bawang merah, serta hasil penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan untuk dapat diaplikasikan dalam kondisi riil pada masyarakat.
4. Memberikan sumbangsih referensi ilmiah bagi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, khususnya program studi Biologi, Institut Sains dan Teknologi Annuqayah.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel bakteri dilakukan pada satu lokasi dari Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep.
2. Uji antagonis isolat bakteri menggunakan metode biakan ganda dengan cara menumbuhkan masing-masing kultur pada cawan petri berisi media PDA.

3. Uji antagonis dan identifikasi bakteri menggunakan maksimal sebanyak 8 isolat bakteri.
4. Identifikasi bakteri dilakukan sampai tingkat genus berdasarkan ciri morfologi, dan uji biokimia menggunakan buku acuan *Bergey's Manual Ninth Edition*.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tanaman Bawang Merah**

Bawang merah adalah tanaman semusim dengan umbi berlapis, akar serabut, dan daun silinder berongga. Bawang merah dapat ditanam di dataran rendah pada ketinggian hingga 1200 m dpl, sedangkan pada dataran tinggi umbinya berukuran lebih kecil daripada di dataran rendah (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014). Tanaman bawang merah terbagi menjadi beberapa bagian dengan 90% bagiannya dapat dikonsumsi (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2021). Penggunaan utama komoditas bawang merah di Indonesia diantaranya digunakan sebagai bahan makanan dan pelengkap bumbu masak, obat tradisional, dan untuk penyediaan bibit bawang merah. Bawang merah memiliki berbagai kandungan nutrisi yang baik seperti vitamin C, kalium, kalsium, asam folat, serat, dan zat besi, serta memiliki senyawa allin dan allisin yang bersifat antiseptik dan antibakteri (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014; Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017; Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2021; Edy dkk., 2022).

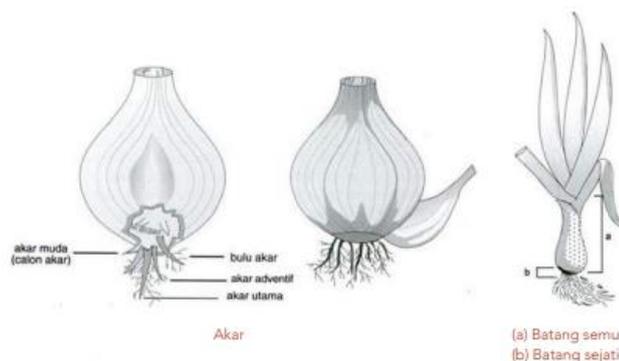
#### **2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Bawang Merah**

Klasifikasi bawang merah dalam *Integrated Taxonomic Information System* (2023), diuraikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Subkingdom : Viridiplantae  
Infrakingdom : Streptophyta  
Superdivision : Embryophyta  
Division : Tracheophyta  
Subdivision : Spermatophytina

Class : Magnoliopsida  
 Superorder : Liliales  
 Order : Asparagales  
 Family : Amaryllidaceae  
 Genus : *Allium* L.  
 Species : *Allium ascalonicum* L.

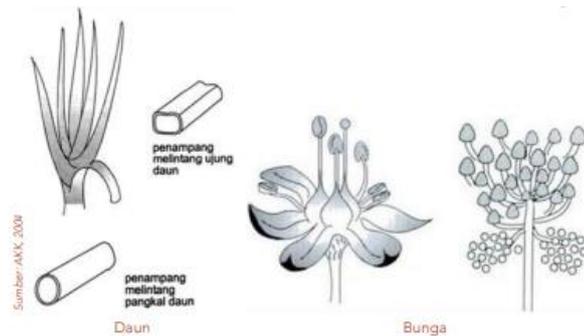
Morfologi bawang merah dibagi menjadi bagian vegetatif (meliputi akar, batang dan daun) dan generatif (meliputi bunga, buah dan biji). Bawang merah memiliki sistem perakaran dangkal, bercabang serabut, dan terletak pada kedalaman 15-30 cm di dalam tanah. Bagian akar terdiri dari akar pokok, akar adventif, akar muda, dan bulu akar. Akar pokok merupakan tempat tumbuh akar adventif, dan bulu akar berfungsi sebagai penyokong berdirinya tanaman serta untuk penyerapan nutrisi dari tanah. Bawang merah memiliki 2 tipe jenis batang, yaitu batang sejati (*discus*) dengan bentuk seperti cakram, tipis, dan pendek yang berfungsi sebagai tempat melekatnya akar dan mata tunas, serta batang semu yang tersusun dari pelepah-pelepah daun yang letaknya di atas *discus* (gambar 2.1) (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017).



**Gambar 2.1 Morfologi akar dan batang tanaman bawang merah**  
 (Sumber: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017)

Bagian daun bawang merah berbentuk silinder memanjang dan berongga, bagian ujungnya runcing, dengan panjang daun lebih dari 45 cm dan berwarna hijau muda sampai hijau tua. Rongga daun dapat terlihat saat bawang merah tumbuh matang. Daun bawang merah relatif lunak dan berbau khas bawang saat ditekan. Daun berfungsi dalam fotosintesis dan respirasi pada bawang merah. Daun akan menguning, terkulai, dan mengering saat mendekati umur panen, serta dapat melekat erat pada umbi saat setelah dijemur sehingga memudahkan dalam proses pengangkutan bawang merah (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017).

Pembungaan bawang merah ditentukan oleh faktor lingkungan, iklim, dan varietas. Bawang merah memiliki bunga majemuk sempurna dengan putik dan benang sari pada tiap bunga. Bunga terletak pada bagian pangkal tanaman dengan panjang 30-90 cm dan 50-200 kuntum bunga tersusun melingkar seperti payung. Kuntum bunga tersusun dari 5-6 helai daun bunga berwarna putih, 6 benang sari berwarna hijau-kekuningan, 1 putik, dan bakal buah berbentuk seperti segitiga. Bakal buah terbentuk dari 3 daun buah (disebut *carpel*) sehingga membentuk tiga ruangan dengan masing-masing terdapat 2 calon biji. Bagian buah berbentuk bulat dan ujung yang tumpul. Biji berbentuk pipih, kecil, dan berwarna putih hingga hitam, serta umum digunakan untuk memperbanyak secara generatif (gambar 2.2) (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014; Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017).



**Gambar 2.2 Morfologi daun dan bunga tanaman bawang merah**  
(Sumber: Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017)

Umbi bawang merah terbentuk di pangkal daun yang bergabung membentuk batang yang berubah bentuk dan fungsinya, membesar dan membentuk umbi. Umbi dibentuk oleh lapisan daun yang membesar dan menyatu. Umbi terletak di dalam tanah dan ukurannya dipengaruhi oleh proses fisiologis tanaman, penyerapan nutrisi, serta kondisi lingkungan tempat tumbuh (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014; Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017).

### 2.1.2 Syarat Pertumbuhan

Bawang merah cocok ditanam di dataran rendah sampai dataran tinggi dengan ketinggian 0-1000 m dpl, akan tetapi optimal di dataran rendah pada ketinggian 0-450 m dpl yang didukung dengan penyinaran matahari maksimal (setidaknya 70% penyinaran) dengan suhu udara 25-32°C dan kelembapan relatif 50-70%. Bawang merah membutuhkan tanah berstruktur *crumb* (remah) dengan tekstur sedang sampai liat, pH netral yaitu 5,6 - 6,5 dan mengandung nutrisi yang cukup (Wibowo, 2022).

Budidaya bawang merah umumnya menggunakan jenis tanah regosol, grumosol, latosol, dan aluvial (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia,

2014), namun yang paling cocok adalah tanah aluvial atau gabungannya dengan tanah Glei-humus atau latosol. Bawang merah menyukai tanah dengan air yang tidak menggenang dan cukup lembab (Wibowo, 2022). Waktu tanam bawang merah terbaik adalah saat musim kemarau, yaitu sekitar bulan April hingga Agustus yang didukung dengan adanya pasokan air yang cukup (Wibowo, 2022). Penanaman bawang merah saat musim penghujan memiliki risiko tinggi, namun dengan pengelolaan yang baik dan antisipasi dini, serta penggunaan varietas tahan dapat membantu keberhasilan produksi (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2017).

### **2.1.3 Produksi Bawang Merah**

Sentra produksi produksi bawang merah dihasilkan dari 24 provinsi di Indonesia dengan sembilan provinsi sebagai penghasil utama komoditas bawang merah, diantaranya Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan. Sebaran sentra produksi bawang merah di Indonesia terkonsentrasi di Pulau Jawa, dengan luas areal panen mencapai 73% dari luas areal panen Indonesia (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2014).

Menurut data Badan Pusat Statistik, produksi bawang merah nasional cenderung meningkat pada 10 tahun terakhir (tabel 2.1) dan disimpulkan jumlah produksi tersebut dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021). Jumlah keberlanjutan produksi tersebut ditingkatkan dalam mencapai tujuan utama dari pengembangan komoditas

pertanian Indonesia, yaitu swasembada pangan berkelanjutan dan pasar ekspor dunia (Kementerian Pertanian, 2017).

**Tabel 2.1 Produksi bawang merah (ton) per tahun**

<b>Tahun</b>	<b>Produksi Bawang Merah (Ton)</b>
2021	2.003.590
2020	1.815.445
2019	1.580.247
2018	1.503.438
2017	1.470.155
2016	1.446.869
2015	1.229.189
2014	1.233.989

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

Jumlah produksi bawang merah yang mencukupi kebutuhan dalam negeri mendorong dilakukannya ekspor bawang merah ke pasar luar, sehingga pemerintah mulai menghentikan impor sejak November tahun 2020 (Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021). Berdasarkan data Kementerian Perdagangan, jumlah ekspor bawang merah nasional cenderung berfluktuasi (tabel 2.2).

**Tabel 2.2 Ekspor Bawang Merah**

<b>Tahun</b>	<b>Ekspor Bawang Merah (Kg)</b>
2021	3.089.281
2020	8.479.801
2019	8.665.422
2018	5.227.863
2017	6.588.805
2016	735.688
2015	8.418.274
2014	4.438.787

(Sumber: Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, 2021)

#### 2.1.4 Bawang Merah Varietas Rubaru

Bawang merah varietas Rubaru merupakan kultivar lokal asal Kabupaten Sumenep yang dicirikan tahan pada musim hujan dan serangan hama, seperti ulat grayak, serta penyakit yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* dan *Alternaria* (Menteri Pertanian, 2011; Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur, 2019). Varietas lokal merujuk pada jenis bawang merah asli Indonesia, yang dicirikan memiliki umbi berukuran sedang. Adapun deskripsi dari bawang merah varietas Rubaru terlampir pada lampiran 1.

Produktivitas bawang merah di Kecamatan Rubaru pada tahun 2021 mencapai 7,575 ton dengan luas areal tanam sebesar 1.755 ha dan pada tahun 2022 mengalami peningkatan produktivitas menjadi 8,6 ton. Dari 11 desa di Kecamatan Rubaru, terdapat tiga desa yang memiliki produktivitas tertinggi, yaitu Desa Basoka, Desa Mandala, dan Desa Karangnangka (tabel 2.3) (Badan Penyuluh Pertanian Rubaru, 2023).

**Tabel 2.3 Produktivitas bawang merah Kecamatan Rubaru tahun 2022**

No.	Desa	Provitas (Kw/Ha)
1.	Basoka	96
2.	Mandala	94
3.	Karangnangka	92
4.	Pakondang	83
5.	Matanair	78
6.	Tambaksari	76
7.	Bana Sare	79
8.	Bunbarat	88
9.	Kalebengan	86
10.	Rubaru	82
11.	Duko	92
	Jumlah (rata-rata)	86

(Sumber: Badan Penyuluh Pertanian Rubaru, 2023)

Genotipe bawang merah varietas Rubaru memiliki karakter ketahanan terbaik terhadap penyakit layu fusarium daripada 17 genotipe varietas bawang merah lain, diantaranya varietas Bima Curut, Bima Brebes, Bauji, Super Phillip, Pancasona, Palasa, Mentas, Manjung, Cipanas, Maja, Kramat I, Bentanis, Trisula, Tajuk, Pikatan, Lembah Palu, Katumi, dan Biru Lancor. Sifat ketahanan bawang merah varietas Rubaru terhadap fusarium tidak terpaut oleh karakter morfologi tertentu dari bawang merah, hal ini ditunjukkan pada marka morfologinya yang memiliki koefisien ketidakmiripan cukup tinggi daripada genotipe varietas lainnya (Aprilia dkk., 2020).

Bawang merah varietas Rubaru banyak dibudidayakan di luar daerah Sumenep, karena memiliki daya adaptasi yang tinggi. Dalam Giamerti dan Mulyaquin (2013), bawang merah varietas Rubaru memiliki daya tumbuh yang lebih tinggi daripada varietas Super Phillip. Dalam Alwaniya (2019), bawang merah varietas Rubaru menjadi pilihan utama mayoritas masyarakat Rubaru, karena memiliki aroma yang khas, tajam, dan gurih. Varietas Rubaru dicirikan memiliki kandungan sukrosa yang rendah, sehingga memiliki kadar rasa pahit yang tinggi (Wijaya dkk., 2022).

#### **2.1.5 Bakteri Endofit dan Rhizosfer Tanaman Bawang Merah**

Berikut beberapa bakteri endofit dan rhizosfer yang ditemukan pada tanaman bawang merah, diantaranya *Bacillus* sp. (Resti dkk., 2013; Malinda & Fitriyanti, 2018; Maliq dkk., 2020), *B. subtilis* (Amalia, 2021), *B. cereus* (Resti dkk., 2013), *Psuedomonas nitroreducens* (Amalia, 2021), *P. fluorescens* (Maliq dkk., 2020), *Serratia marcescens* (Resti dkk., 2013), dan sebagainya.

## 2.2 *Fusarium* sp.

*Fusarium* merupakan kelompok luas dari jamur berfilamen, yaitu hypomycetes. *Fusarium* termasuk jamur saprofit yang tersebar luas di tanah dan diketahui terhubung dengan tanaman, serta menyebabkan berbagai penyakit tanaman. Beberapa penyakit tanaman yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. diantaranya busuk akar, *head and leaf blight*, layu vaskular, kanker, kpong pada kelompok tanaman biji-bijian, dan sebagainya (D. W. Brown & Proctor, 2013).

Spesies *Fusarium* tersebar luas di tanah dan di bagian tanaman bawah tanah, sisa-sisa tanaman, dan substrat organik lainnya, serta dapat menyebar di atmosfer melalui udara. *Fusarium* sering diklasifikasikan sebagai jamur tular tanah, karena berasosiasi erat dengan akar tanaman secara saprofit atau parasit. Oleh karena itu, spesies *Fusarium* tersebar luas dan memiliki mekanisme penyebaran yang efisien sehingga tumbuh di berbagai substrat juga. Adapun klasifikasi dan taksonomi genus *Fusarium* diuraikan sebagai berikut (Mokobi, 2021):

Kingdom	: Fungi
Division	: Ascomycota
Class	: Sordariomycetes
Order	: Hypocreales
Family	: Nectriaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>

Genus *Fusarium* memiliki 300 spesies yang berbeda secara filogenetik, dengan 20 spesies kompleks, dan sembilan garis keturunan monotipe yang beberapa diantaranya teridentifikasi sebagai patogen *Fusarium* oportunistik. Kelompok patogen *Fusarium* oportunistik pada tanaman umumnya dimiliki oleh *F. solani* dan *F. oxysporum* (Mokobi, 2021).

### 2.2.1 Penyakit Moler

Penyakit moler atau dikenal sebagai penyakit layu fusarium merupakan penyakit yang menyerang tanaman bawang merah. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. Penyakit ini memiliki gejala serangan seperti daun menguning, terpelintir, layu dan mudah tercabut, serta bagian umbi yang busuk dan bagian dasarnya berwarna putih (Nurbaiti dkk., 2019; Anwar, 2020). Infeksi jamur *Fusarium* sp. pada tanaman sulit dikendalikan, sehingga tanaman sulit untuk dapat diselamatkan. Oleh karena itu, pengendalian sejak dini dapat mencegah pertumbuhan akibat infeksi jamur *Fusarium* sp.

Pengendalian secara teknis dapat dilakukan dengan melakukan rotasi tanam dengan tanaman yang mengandung senyawa aktif untuk menekan populasi fusarium, melakukan pengolahan lahan yang baik seperti membersihkan sisa-sisa produksi sebelumnya, melakukan pengapuran pada tanah untuk meningkatkan pH tanah, memiliki sistem drainase yang baik, melakukan sanitasi dan penyiangan pada gulma yang tumbuh pada sekitar lahan, serta mencabut tanaman yang terinfeksi (Anwar, 2020).

Pengendalian secara hayati dapat dilakukan dengan memilih benih atau bibit yang bebas fusarium, menggunakan pupuk organik, dan mengaplikasikan agen pengendali hayati untuk mencegah pertumbuhan *Fusarium* sp (Anwar, 2020). Beberapa bakteri yang diperoleh dari berbagai tanaman dilaporkan berpotensi sebagai antijamur *Fusarium* sp., diantaranya diuraikan sebagai berikut:

1. Pengaplikasian bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus cereus* hasil eksplorasi dari rhizosfer tanaman kentang termasuk efektif dalam menekan

perkembangan *F. oxysporum* dengan nilai efikasi masing-masing diatas 50%, serta perlakuan keduanya secara bersamaan dilaporkan lebih efektif dengan nilai efikasi mencapai 81%. Nilai tersebut lebih tinggi daripada perlakuan menggunakan fungisida dengan nilai efikasi, yaitu 70% (Aprilia & Aini, 2022).

2. Pengaplikasian bakteri *Streptomyces* sp. dapat menghambat penyakit layu fusarium pada tanaman bawang merah dengan intensitas serangan penyakit sebesar 0,17% (Hasyidan dkk., 2021).
3. Pengaplikasian Actinomycetes pada tanaman bawang merah varietas Mentas mampu menekan serangan *Fusarium oxysporum* dengan nilai penekanan sebesar 52,2% (Rahmiyati dkk., 2021).

### **2.3 Uji Antagonis secara In Vitro**

Pada umumnya, pengujian antagonis agen bakteri terhadap jamur secara in vitro dapat menggunakan beberapa metode sebagai berikut:

1. Metode *dual culture*, yaitu metode dengan menumbuhkan kedua agen mikroba secara bersamaan dalam satu cawan petri (Ainy dkk., 2015). Metode ini dilakukan dengan menempatkan agen mikroba patogen pada sisi cawan dan agen mikroba antagonis pada sisi cawan lainnya. Peristiwa antibiosis ditentukan melalui produk metabolisme yang disekresikan oleh strain antagonis untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen, dan menghasilkan munculnya zona penghambatan di sekitar biomassa strain antagonis (Zhao dkk., 2022). Metode dual culture merupakan metode sederhana, mudah, cepat,

dan efektif untuk skrining awal virulensi dan patogenitas dari jamur patogen terhadap bakteri antagonis (Indrayanti & Sudarsono, 2011).

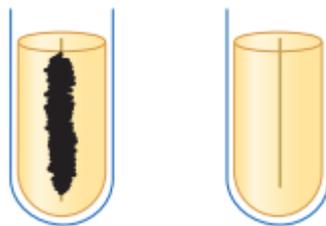
2. Metode *culture filtrate*, yaitu metode dengan menumbuhkan filtrat patogen ke dalam media semi padat dan kemudian diinokulasikan dengan agen mikroba antagonis lainnya. Metode ini mengukur diameter koloni patogen yang diberi perlakuan dan dibandingkan dengan diameter koloni patogen kontrol (Ainy dkk., 2015).

## 2.4 Uji Biokimia

Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik biokimia sendiri, sehingga hal ini menjadi dasar untuk melakukan identifikasi secara biokimia.

### 2.4.1 Uji Motilitas

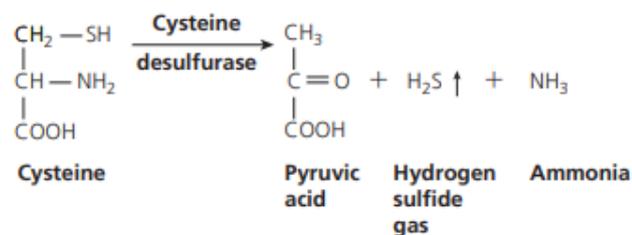
Uji motilitas digunakan untuk mendeteksi kelompok bakteri yang mampu bergerak. Pada uji motilitas menggunakan media SIM agar, adanya motilitas ditandai dengan pertumbuhan kultur biakan yang tidak terbatas pada garis inokulasi, sedangkan pertumbuhan nonmotil hanya terdapat/terbatas pada garis inokulasi (gambar 2.3) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.3 Perbedaan pertumbuhan motil dan nonmotil**

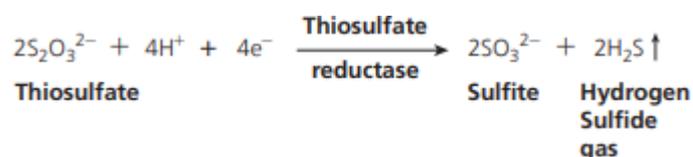
### 2.4.2 Uji Produksi H<sub>2</sub>S

Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dapat disintesis oleh mikroba melalui dua jalur fermentasi utama. Jalur pertama dihasilkan oleh reduksi (hidrogenasi) senyawa belerang organik dalam asam amino sistein oleh enzim sistein desulfurase. Keberadaan sistein desulfurase menyebabkan kehilangan atom belerang yang kemudian direduksi dengan penambahan hidrogen dari air sehingga terbentuk gelembung gas H<sub>2</sub>S. Adapun reaksinya diuraikan sebagai berikut (gambar 2.4) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.4** Pembentukan gas H<sub>2</sub>S dengan senyawa belerang organik

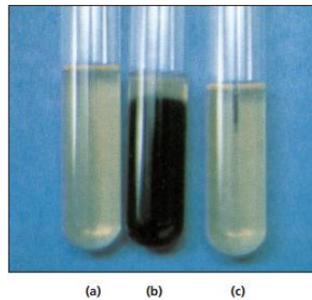
Jalur kedua dihasilkan oleh reduksi senyawa belerang anorganik yang dibantu oleh enzim mikroba. Pada hal ini, atom belerang bertindak sebagai akseptor hidrogen selama oksidasi senyawa anorganik. Adapun reaksinya diuraikan sebagai berikut (gambar 2.5) (Cappucino dan Welsh, 2020).



**Gambar 2.5** Pembentukan gas H<sub>2</sub>S dengan senyawa belerang anorganik

Uji produksi H<sub>2</sub>S ini menggunakan media SIM yang mengandung pepton dan natrium tiosulfat sebagai substrat belerang, besi sulfat (FeSO<sub>4</sub>) sebagai

indikator  $H_2S$ , serta agar sebagai media semipadat dalam meningkatkan respirasi anaerob. Gas  $H_2S$  tidak berwarna sehingga keberadaannya tidak nampak, sedangkan besi sulfat akan membentuk endapan hitam di sepanjang garis inokulasi yang mengindikasikan terdapat produksi  $H_2S$  di dalamnya. Tidak adanya endapan menunjukkan reaksi yang negatif (gambar 2.6) (Cappuccino & Welsh, 2019).

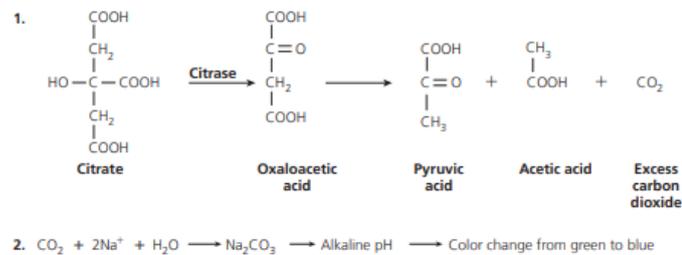


**Gambar 2.6 Hasil uji produksi  $H_2S$  dan motilitas.**  
(a) Negatif, (b) Positif dengan motilitas,  
(c) Positif dengan tidak ada motilitas.

### 2.4.3 Uji Sitrat

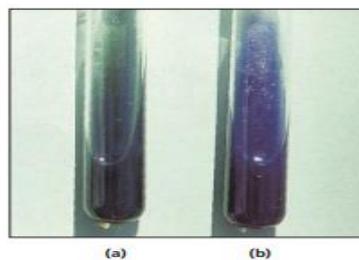
Beberapa mikroorganisme menggunakan sitrat sebagai sumber karbonnya. Sitrat adalah zat antara utama pertama dalam Siklus Krebs yang diproduksi dengan reaksi kondensasi asetil aktif dengan asam oksaloasetat. Sitrat yang dipengaruhi oleh enzim citrase dapat menghasilkan asam oksaloasetat dan asetat, yang secara enzimatik diubah menjadi asam piruvat dan karbondioksida. Selama reaksi ini, media menjadi bersifat basa akibat karbondioksida yang dihasilkan bergabung dengan natrium dan air untuk membentuk natrium karbonat (produk basa). Keberadaan natrium karbonat mengubah indikator *bromthymol blue* pada

media dari warna hijau menjadi biru Prusia tua (gambar 2.7) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.7** Reaksi kimia pada uji sitrat

Hasil uji positif akan menunjukkan adanya pertumbuhan pada permukaan miring dan disertai dengan perubahan menjadi warna biru pada media, sedangkan hasil negatif tidak akan menunjukkan pertumbuhan dan media tetap berwarna hijau (gambar 2.8) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.8** Hasil uji sitrat. (a) Negatif, tidak terlihat ada pertumbuhan pada bidang miring. (b) Positif, terlihat ada pertumbuhan pada bidang miring.

#### 2.4.4 Uji Katalase

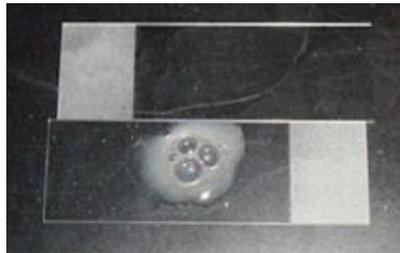
Mikroorganisme mampu menghasilkan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) atau superoksida ( $\text{O}_2^-$ ) selama respirasi aerobik. Akumulasi dari zat-zat ini akan mengakibatkan kematian sel, sehingga perlu didegradasi secara enzimatik.

Kemampuan enzim katalase dalam mendegradasi  $H_2O_2$  digambarkan sebagai berikut (gambar 2.9) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.9** Reaksi kimia pada uji katalase

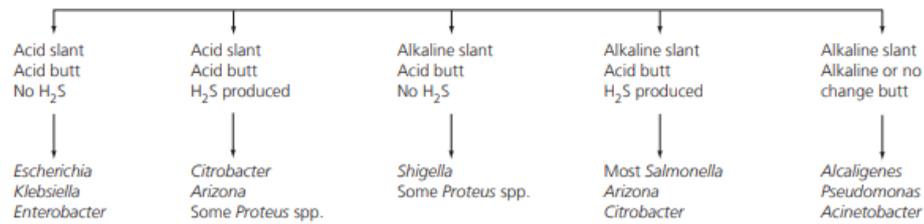
Produksi katalase dapat dideteksi dengan menambahkan substrat  $H_2O_2$  pada kultur mikroba. Reaksi positif ditunjukkan dengan keberadaan gelembung-gelembung gas, sedangkan tidak adanya pembentukan gas menunjukkan reaksi yang negatif (gambar 2.10) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.10** Hasil positif uji katalase

#### 2.4.5 Uji TSIA

Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) digunakan untuk mengetahui kelompok *Enterobacteriaceae* yang semuanya merupakan basil Gram negatif, mampu memfermentasi glukosa dengan produksi asam, dan untuk membedakan *Enterobacteriaceae* dari basil Gram negatif lainnya dari usus. Pengelompokan ini dilakukan melalui perbedaan pola fermentasi karbohidrat dan produksi hidrogen sulfida oleh berbagai kelompok organisme usus (gambar 2.12) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.11 Pengelompokan kelompok mikroba pada uji TSIA**

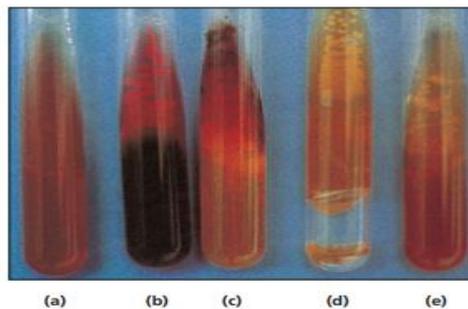
Pengamatan penggunaan karbohidrat dilakukan pada agar miring TSI yang mengandung laktosa dan sukrosa dengan konsentrasi 1% dan glukosa (dekstrosa) dengan konsentrasi 0,1%. Indikator asam-basa, yaitu *phenol red* digunakan untuk mendeteksi fermentasi karbohidrat yang ditandai dengan adanya perubahan warna media dari oranye-merah menjadi kuning dengan adanya asam. Inokulasi agar miring dilakukan dengan prosedur tusuk dan gores. Setelah inkubasi, aktivitas fermentasi organisme ditandai sebagai berikut (Cappuccino & Welsh, 2019):

1. Kemiringan basa (merah) dan ujung-bawah asam (kuning) dengan atau tanpa produksi gas (pecah di agar ujung-bawah) menunjukkan hanya terjadi fermentasi glukosa. Organisme secara umum lebih suka mendegradasi glukosa. Ketika glukosa hadir dalam konsentrasi minimal, maka teroksidasi sedikit asam pada permukaan miring dengan cepat. Pepton digunakan dalam produksi alkali (basa). Pada ujung-bawah, reaksi asam dipertahankan karena tekanan oksigen berkurang dan pertumbuhan organisme yang lebih lambat (gambar 2.13).
2. Kemiringan asam (kuning) dan ujung-bawah asam (kuning) dengan atau tanpa produksi gas menunjukkan terjadi fermentasi laktosa/sukrosa. Pada medium, konsentrasi laktosa dan sukrosa lebih tinggi, sehingga digunakan sebagai

substrat untuk melanjutkan aktivitas fermentasi dengan mempertahankan reaksi asam pada kedua bidang miring dan ujung-bawah (gambar 2.13).

3. Kemiringan basa (merah) dan ujung-bawah basa (merah) atau tidak ada perubahan pada ujung-bawah (oren-merah) menunjukkan tidak terjadinya fermentasi karbohidrat. Pepton dikatabolisme dalam kondisi yang lebih obik dan/atau aerobik sehingga menghasilkan pH basa, karena produksi amonia. Jika pepton didegradasi secara aerobik, maka reaksi basa hanya muncul pada permukaan miring. Jika ada penggunaan pepton secara aerobik dan anaerobik, reaksi basa hadir pada kemiringan dan ujung-bawah (gambar 2.13).

Agar mendapatkan hasil yang akurat, perlu dilakukan pengamatan pada 18 sampai 24 jam setelah inkubasi. Hal ini untuk memastikan bahwa substrat karbohidrat telah habis dan produk akhir basa sudah terbentuk (gambar 2.13) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.12 Hasil uji Triple Sugar Iron Agar Test.** (a) kontrol, (b) miring basa/ujung-bawah asam dan produksi  $H_2S$ , (c) miring basa/ujung-bawah asam dan tidak ada produksi  $H_2S$ , (d) miring asam/ujung-bawah asam dan produksi gas, (e) miring asam/ujung-bawah asam dan tidak ada produksi gas.

#### 2.4.6 Uji Hidrolisis Pati

Pati merupakan makromolekul yang dalam penggunaannya perlu kehadiran enzim untuk menghidrolisis pati menjadi molekul yang lebih sederhana. Uji ini digunakan untuk mendeteksi aktivitas hidrolitik pati oleh mikroorganisme. Apabila pati dalam medium terhidrolisis maka akan terbentuk zona bening disekitar pertumbuhan organisme sehingga menunjukkan hasil positif, sedangkan jika tidak terbentuk zona bening maka menunjukkan hasil negatif (gambar 2.14) (Cappuccino & Welsh, 2019).



**Gambar 2.13 Hasil uji hidrolisis pati positif dan negatif**

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Teknik sampling yang digunakan adalah teknik *purposive sampling* pada 1 lokasi yang dipilih dari Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep. Isolasi bakteri diambil dari bagian akar, umbi, daun, dan tanah pada tanaman bawang merah varietas Rubaru. Tahapan dalam penelitian ini meliputi tahap isolasi dan purifikasi bakteri, tahap pengujian antagonis dengan 2 ulangan, tahap penghitungan persentase daya hambat isolat bakteri, tahap identifikasi morfologi bakteri, serta tahap karakterisasi secara biokimia. Tahap isolasi dan identifikasi bakteri dianalisis secara deskriptif kualitatif, sedangkan tahap pengujian antagonis bakteri dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Adapun rancangan penelitian ini, diuraikan sebagai berikut:

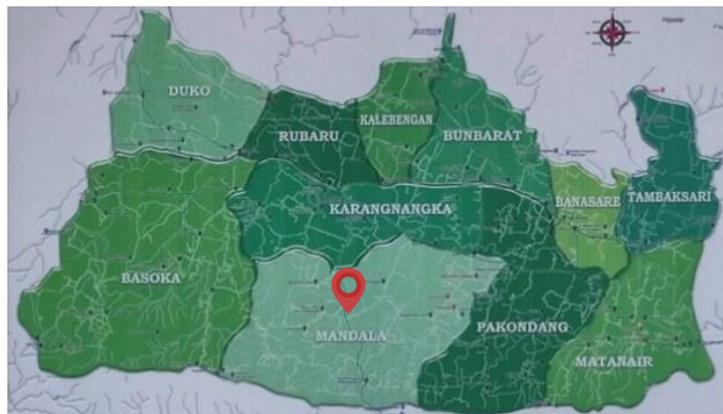
**Tabel 3.1 Rancangan penelitian**

No.	Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4
1.	Bakteri Akar	ABM1	ABM1	ABM1	ABM1
		ABM2	ABM2	ABM2	ABM2
2.	Bakteri Umbi	UBM1	UBM1	UBM1	UBM1
		UBM2	UBM2	UBM2	UBM2
3.	Bakteri Daun	DBM1	DBM1	DBM1	DBM1
		DBM2	DBM2	DBM2	DBM2
4.	Bakteri Rhizosfer	RBM1	RBM1	RBM1	RBM1
		RBM2	RBM2	RBM2	RBM2
5.	Kontrol	F	F	F	F

Keterangan: bakteri asal akar (ABM\_), bakteri asal umbi (UBM\_), bakteri asal daun (DBM\_), bakteri asal rhizosfer (RBM\_)

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 28 Mei 2023 - 13 Agustus 2023 di Laboratorium Biologi, Institut Sains dan Teknologi Annuqayah, Sumenep, Jawa Timur. Adapun tempat pengambilan sampel dilakukan pada 1 lokasi, yang dipilih berdasarkan daerah dengan produktivitas bawang merah varietas Rubaru tertinggi, yaitu Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep. Lokasi yang dipilih didasarkan pada petak lahan dengan produktivitas bawang merah varietas Rubaru kualitas terbaik. Adapun peta lokasi pengambilan sampel digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 3.1 Peta lokasi pengambilan sampel**  
(Sumber: BPP Rubaru, 2023)

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan diantaranya, yaitu cawan petri, mikroskop elektron, oven, inkubator, timbangan analitik, autoklaf, *laminar air flow*, inkubator, kulkas, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *sampling box*, *soil tester*, *vortex*, keranjang, bunsen, botol sampel, spatula, gelas arloji, cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, gelas beaker, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikropipet, pipet, kertas label, kertas

saring, plastik wrap, gunting, *scalpel*, *cork borer*, penjepit, pinset, jarum ose, penggaris, jangka sorong, dan *timer*.

Bahan yang digunakan adalah alkohol 70%, aquades, sampel daun, umbi, akar, dan tanah yang diisolasi dari bawang merah varietas Rubaru, isolat *Fusarium* sp., media *Nutrient Agar* (NA), media *Trypticasein Soy Agar* (TSA), media *Potato Dextrose Agar* (PDA), media *Sulfide Indole Motility* (SIM), media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), media *Simon Citrate Agar* (SCA), media Thioglycollate, media *Mannitol Salt Agar* (MSA), reagen Kovac's indole, *malachite green*, set pewarnaan Gram cara Hucker, set pewarnaan Zhiehl-Neelsen, KOH 3%, NAOCL 0,5%, lugol, dan amilum 1%.

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dilakukan sterilisasi dan disinfeksi untuk mengurangi kontaminasi organisme yang tidak diinginkan. Sterilisasi alat dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit atau dengan pemanasan kering, baik dengan metode pemijaran atau pembakaran. Disinfeksi dilakukan menggunakan alkohol (Agustiningtyas, 2020).

#### **3.4.2 Isolasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru**

Bakteri endofit dan rhizosfer yang digunakan diisolasi dari tanaman bawang merah varietas Rubaru yang dipilih dari beberapa titik di Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep pada bulan Maret tahun 2023. Sampel

akar, daun dan umbi yang segar dan sehat dicuci bersih dengan air mengalir dan dilakukan sterilisasi permukaan dengan etanol 70% selama 5 menit, NaOCl 0,5% selama 5 menit, etanol 70% selama 30 detik, terakhir dibilas dengan akuades steril dan dikeringkan dengan tisu steril. Efisiensi metode sterilisasi ditentukan dengan menginokulasi sampel air yang disterilkan terakhir ke dalam cawan NA (Tsalgatidou dkk., 2023). Selanjutnya, sampel endofit dihaluskan menggunakan mortar porselen dan dilakukan serial dilution sampai pengenceran  $10^{-4}$ , serta diinokulasikan pada media NA dengan metode *spread plate* dengan lama inkubasi 4 hari pada suhu ruang.

Sampel tanah diambil dari lahan pertanian bawang merah varietas Rubaru menggunakan metode komposit diagonal dengan kedalaman tanah 10-15 cm yang dikumpulkan menggunakan botol sampel. Sebanyak 10 g sampel tanah dimasukkan ke dalam gelas beaker dan ditambahkan akuades dan dihomogenkan selama 15 menit untuk mendapatkan ekstrak tanah. Pengenceran dilakukan mulai dari  $10^{-2}$  sampai  $10^{-6}$ . Hasil pengenceran pada  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , dan  $10^{-6}$  ditumbuhkan pada media NA dengan metode *spread plate*, serta diinkubasi pada suhu ruang selama 4 hari (Amalia, 2021).

### **3.4.3 Purifikasi Isolat Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru**

Koloni bakteri tunggal yang tumbuh digoreskan berulang kali pada media NA untuk mendapatkan isolat bakteri endofit dan rhizosfer murni (Amalia, 2021).

### 3.4.4 Uji Antagonis Isolat Bakteri Terhadap Patogen *Fusarium* sp.

Uji antagonis isolat bakteri terhadap *Fusarium* sp. menggunakan metode *dual culture test* (kultur ganda) yang mengacu pada Suryanto dkk. (2016) dalam Flori & Rahmawati (2019) yang dimodifikasi menggunakan media PDA (Amalia, 2021). Isolat bakteri ditumbuhkan pada 4 sisi cawan petri dengan jarak 3 cm dari isolat *Fusarium* sp. pada bagian tengah cawan dengan ukuran koloni 0.5 cm (Indriani dkk., 2023). Selanjutnya cawan petri diinkubasi pada suhu 30°C dan diameter pertumbuhannya diukur dari hari ke-1 sampai hari ke-7. Aktivitas antagonisme bakteri dapat dilihat dari terbentuknya zona hambat pada sekitar koloni bakteri. Besar persentase daya hambat bakteri dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Rahmiyati dkk., 2021; Murtado dkk., 2020):

$$\text{Daya hambat} = \frac{(R1-R2)}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

R1 = Diameter koloni normal *Fusarium* sp. (kontrol)

R2 = Diameter koloni *Fusarium* sp. terhadap isolat bakteri

Berdasarkan persentase daya hambat, kemampuan antagonisme bakteri terbagi menjadi 4 kategori penghambatan. Adapun kategori tersebut diuraikan sebagai berikut (Murtado dkk., 2020):

**Tabel 3.2 Kategori kemampuan antagonisme**

No.	Kategori	Range
1.	Sangat Kuat	76-80%
2.	Kuat	50-75%
3.	Sedang	26-50%
4.	Lemah	1-25%
5.	Tanpa Penghambatan	0%

### 3.4.5 Identifikasi Morfologi secara Makroskopis dan Mikroskopis

Isolat bakteri potensial yang diperoleh diamati morfologi koloninya meliputi *form, elevation, margin, appearance, optical property, pigment*, dan *texture*. Identifikasi secara mikroskopis dilakukan dengan pewarnaan gram cara Hucker, *acid fast staining*, dan *endospore staining*.

#### 1) Pewarnaan Gram Cara Hucker

Tahap pewarnaan Gram diawali dengan memfiksasi isolat subkultur murni yang umurnya tidak lebih dari 24 jam pada gelas objek. Preparat digenangi dengan pewarna kristal violet selama 1 menit, kemudian dibilas menggunakan lugol. Preparat selanjutnya digenangi dengan lugol selama 1 menit dan dibilas menggunakan air mengalir. Preparat kemudian ditetesi aceton-alkohol sambil digoyang-goyangkan selama 1 menit dan kembali dibilas air mengalir. Preparat digenangi dengan pewarna safranin selama 1 menit dan dibilas dengan air mengalir, serta dibiarkan mengering (ITW Reagent, 2017).

Setelah pengujian Gram, dilakukan uji konfirmasi menggunakan KOH. Tahap pengujian KOH dilakukan dengan mengoleskan isolat murni pada gelas objek, kemudian ditetesi KOH dan dicampur merata, lalu ditarik dan diamati. Jika terdapat benang-benang maka termasuk gram negatif dan jika tidak ada benang-benang maka termasuk gram positif (Hardiansyah dkk., 2020).

#### 2) *Acid Fast Staining*

Tahap pewarnaan *acid fast staining* mengacu pada Cappucino & Welsh (2019) dengan cara Zhihl-Neelsen. Pertama, isolat bakteri dilakukan fiksasi pada slide. Slide ditetesi karbol fushin hingga menutupi permukaan sampel dan

ditempatkan diatas *hot plate*/bunsen dengan air yang mendidih dengan jarak 1 cm di atas permukaan air. Slide dipanaskan selama 3-5 menit dan tidak dibiarkan mengering. Selanjutnya, dinginkan slide dan bilas dengan akuades selama 30 detik. Setelah itu, slide ditetesi asam-alkohol selama 10-30 detik dan dibilas akuades selama 5 detik. Terakhir, slide ditetesi *methylene blue* selama 2 menit dan dibilas akuades selama 30 detik, serta keringkan menggunakan tisu steril.

### 3) *Endospore Staining*

Tahap pewarnaan endospora mengacu pada Cappucino & Welsh (2019). Pertama, isolat bakteri dilakukan fiksasi pada slide. Slide ditempatkan diatas hot plate/bunsen dengan air yang mendidih dengan jarak 1 cm di atas permukaan air dan ditutupi kertas saring steril. Slide direndam dengan pewarna *malachite green* selama 5-6 menit dan tidak dibiarkan kering. Selanjutnya, kertas saring dibuang dan slide dibilas dengan akuades selama 30 detik. Setelah itu, slide ditetesi safranin selama 60-90 detik dan dibilas akuades selama 30 detik, serta dikeringkan menggunakan tisu steril.

#### 3.4.6 Karakterisasi Biokimia Isolat Bakteri

Isolat bakteri potensial selanjutnya dilakukan karakterisasi biokimia diantaranya uji motilitas, uji produksi H<sub>2</sub>S, uji sitrat, uji katalase, uji hidrolisis pati, dan uji TSIA.

##### 1) Uji Produksi H<sub>2</sub>S dan Motilitas

Uji ini mengacu pada Cappucino & Welsh (2019), yaitu isolat bakteri diinokulasi dengan cara ditusuk menggunakan jarum ose lurus pada media SIM tegak, kemudian dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 sampai 48 jam.

## **2) Uji Katalase**

Uji ini mengacu pada Cappucino & Welsh (2019). Isolat bakteri diambil menggunakan tusuk gigi steril dan diletakkan pada slide. Slide ditetesi larutan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% sebanyak satu tetes dan tidak diaduk.

## **3) Uji Sitrat**

Isolat bakteri diinokulasikan dengan cara menusuk dan menggores media miring SCA, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 sampai 48 jam (Cappuccino & Welsh, 2019).

## **4) Uji Hidrolisis Pati**

Uji ini mengacu pada Cappucino & Welsh (2019), yang telah dimodifikasi menggunakan media NA dengan penambahan 1% pati. Isolat bakteri diinokulasi dengan cara gores pada permukaan media dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 hingga 48 jam. Setelah inkubasi, cawan petri ditetaskan beberapa tetes larutan iodine selama 30 detik.

## **5) Uji *Triple Sugar Iron Agar***

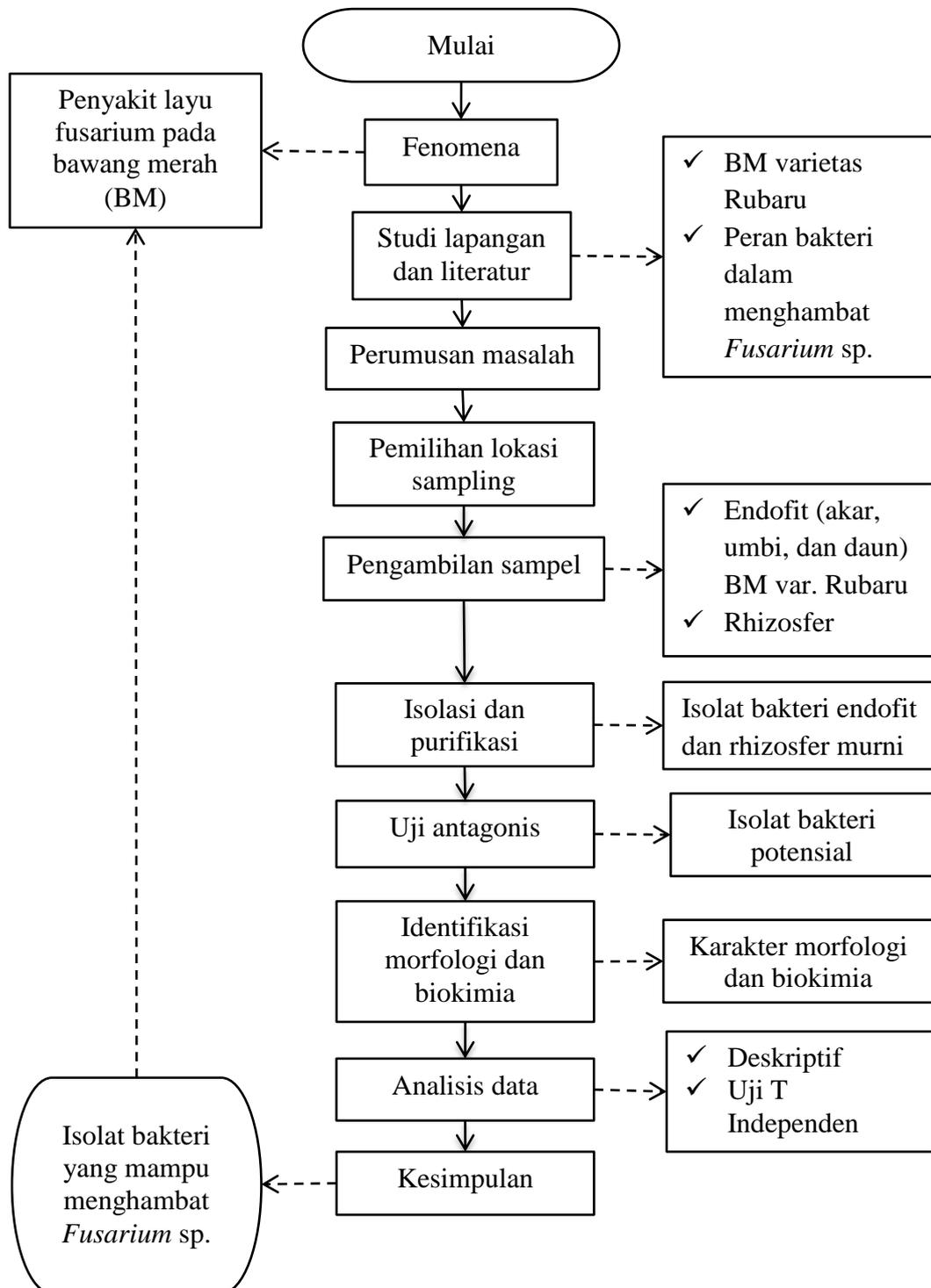
Uji ini mengacu pada Cappucino & Welsh (2019) dengan menggunakan media TSIA. Isolat bakteri diinokulasi pada media miring TSIA dengan cara ditusuk dan digores, serta dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 18-24 jam.

### **3.5 Analisis Data**

Analisis data dilakukan secara deskriptif pada pengamatan hasil identifikasi bakteri, pengamatan zona hambat, dan pengujian antagonis yang ditampilkan dalam bentuk gambar, deskripsi, dan tabel. Data persentase daya

hambat bakteri dianalisis dengan melakukan uji T independen jika data yang dianalisis berdistribusi normal atau melakukan uji U (uji Mann-Whitney) jika data yang dianalisis tidak berdistribusi normal, masing-masing dengan taraf signifikansi 5%. Apabila nilai signifikansi  $>0,05$  menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata dan nilai signifikansi  $<0,05$  menunjukkan adanya perbedaan nyata.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



Keterangan:

————> = Alur tahapan

-----> = Indikator capaian

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Isolasi Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru**

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode komposit diagonal, yaitu dengan mengombinasikan sampel dari 5 titik pengambilan ke dalam satu wadah. Dalam prosesnya, dilakukan pengukuran sifat kimia tanah pada masing-masing titik sebelum pengambilan sampel (gambar 4.1). Hasil pengukuran pH tanah menunjukkan rata-rata pH cenderung asam, yaitu 6,36 (tabel 4.1). Nilai keasaman tanah tersebut dapat berpengaruh terhadap kelimpahan mikroba (Rosariastuti dkk., 2022) dan tingkat virulensi *Fusarium* sp. pada lahan bawang merah (Shoaib dkk., 2018).

**Tabel 4.1 Data rhizosfer lahan bawang merah varietas Rubaru**

	<b>Titik A</b>	<b>Titik B</b>	<b>Titik C</b>	<b>Titik D</b>	<b>Titik E</b>
pH	6,8	6,8	6,6	4,8	6,8

Rosariastuti, dkk. (2022), memaparkan bahwa lahan bawang merah yang cenderung asam memiliki kelimpahan komunitas bakteri yang tinggi dengan ditemukannya 8 filum bakteri di dalamnya. Kondisi tanah dengan tingkat keasaman tinggi juga dapat meningkatkan potensi kerusakan tanaman bawang merah sebesar 21-88%, karena terjadi ketidakseimbangan fisiologi pada tanaman dan cenderung meningkatkan virulensi patogen *Fusarium oxysporum* pada lahan hingga mencapai 50-90% (Shoaib dkk., 2018).



**Gambar 4.1** Lokasi lahan bawang merah varietas Rubaru, Desa Mandala, Kecamatan Rubaru, Kabupaten Sumenep ( $6^{\circ}59'02''S$   $113^{\circ}46'31''E$ ) (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Berdasarkan hasil isolasi sampel endofit (akar, daun, dan umbi) serta rhizosfer bawang merah varietas Rubaru, diperoleh jumlah koloni tumbuh yang berbeda. Adapun data hasil jumlah kelimpahan koloni pada akar, umbi, dan rhizosfer masing-masing secara berurutan sebesar  $17 \times 10^4$  cfu/g,  $1 \times 10^4$  cfu/g, dan  $2,54 \times 10^6 - 8 \times 10^6$  cfu/g (tabel 4.2). Kelimpahan koloni pada sampel daun tidak dapat dihitung karena koloni tumbuh dengan menumpuk dan tidak terpisah (*smear*).

**Tabel 4.2** Jumlah kelimpahan koloni bakteri

Sampel	Bagian	Pengenceran	Hari ke- (cfu/g)			
			1	2	3	4
Endofit	Akar	$10^{-4}$	$11 \times 10^4$	$15 \times 10^4$	$16 \times 10^4$	$17 \times 10^4$
	Daun		SM	SM	SM	SM
	Umbi		0	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^4$
Rhizosfer	Rhizosfer	$10^{-6}$	$2,21 \times 10^6$	$2,34 \times 10^6$	$2,54 \times 10^6$	$2,54 \times 10^6$
			$2,6 \times 10^6$	$3 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$
			$7 \times 10^6$	$8 \times 10^6$	$8 \times 10^6$	$8 \times 10^6$

Keterangan:

SM = *Smear*

Pada tabel 4.2, dapat dilihat bahwa sampel rhizosfer memiliki jumlah kelimpahan bakteri yang lebih tinggi daripada sampel endofit, yaitu antara  $2,54 \times$

$10^6 - 8 \times 10^6$  cfu/g. Sementara itu, jumlah kelimpahan koloni tertinggi pada sampel endofit diperoleh dari akar, yaitu sebesar  $17 \times 10^4$  cfu/g. Dikutip dari Vandana, dkk. (2021), bakteri rhizosfer merupakan sumber pembentukan dari komunitas bakteri endofit pada tanaman yang secara umum memiliki kelimpahan tinggi, yaitu berkisar  $10^5 - 10^9$  cfu/g (Afzal dkk., 2019), dan bagian akar merupakan lokasi utama bakteri endofit berada (Halmaan dan Berg, 2006: Vandana dkk., 2021), sehingga akar memiliki jumlah bakteri endofit tertinggi pada tanaman sebagaimana hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada sampel endofit, bagian umbi dan daun memiliki jumlah kelimpahan koloni yang rendah, yaitu sebesar  $1 \times 10^4$  cfu/g. Amaria, dkk. (2019) menjelaskan bahwa keberadaan bakteri endofit pada tanaman jumlahnya melimpah dan hampir seluruh bagian tanaman tidak bebas dari endofit. Namun, hanya beberapa bakteri endofit yang dapat dikulturkan dan sebagian lagi sulit untuk dikulturkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kelimpahan bakteri endofit, diantaranya ditentukan oleh umur tanaman inang, genotipe tanaman, lokasi geografis, dan jaringan yang diteliti (Hallman dan Berg, 2012: Afzal dkk., 2019). Menurut Penuelas, dkk. (2012) dalam Afzal, dkk. (2019), menjelaskan bahwa kondisi iklim juga dapat mempengaruhi kolonisasi bakteri endofit tanaman, sehingga perubahan iklim secara signifikan juga dapat mengubah kelimpahan komposisi bakteri endofit pada jaringan tanaman.

Pada penelitian ini hanya mengambil 5 isolat bakteri dengan karakter morfologi yang berbeda. Adapun 5 isolat terpilih berasal dari sampel rhizosfer (RBM1), akar (ABM1), umbi (UBM1), serta daun (DBM1 dan DBM2). Seluruh

isolat tersebut selanjutnya dilakukan purifikasi, pewarnaan Gram, dan pengamatan dengan mikroskop perbesaran 1000x untuk memastikan isolat yang telah dipurifikasi merupakan kultur murni.

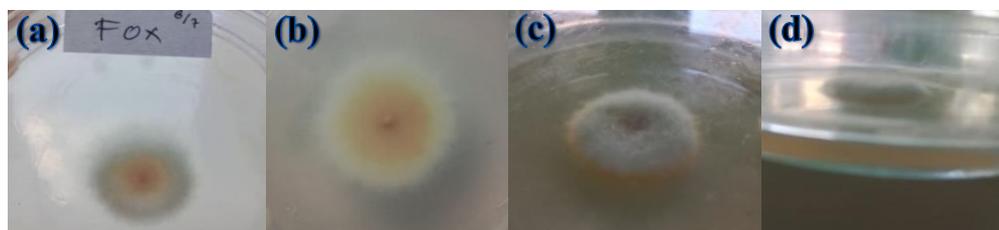
#### 4.2 Uji Antagonis Bakteri Endofit dan Rhizosfer Bawang Merah Varietas Rubaru terhadap Jamur *Fusarium* sp.

Uji antagonis dilakukan menggunakan metode *dual culture test* dengan menumbuhkan isolat bakteri terpilih dan isolat *Fusarium* sp. secara bersamaan. Isolat *Fusarium* sp. yang digunakan diperoleh melalui pembelian online, sehingga perlu dilakukan uji konfirmasi terlebih dahulu. Uji konfirmasi *Fusarium* sp. dilakukan dengan melihat ciri morfologi isolat secara makroskopis dan mikroskopis (tabel 4.3).

**Tabel 4.3 Ciri morfologi isolat *Fusarium* sp.**

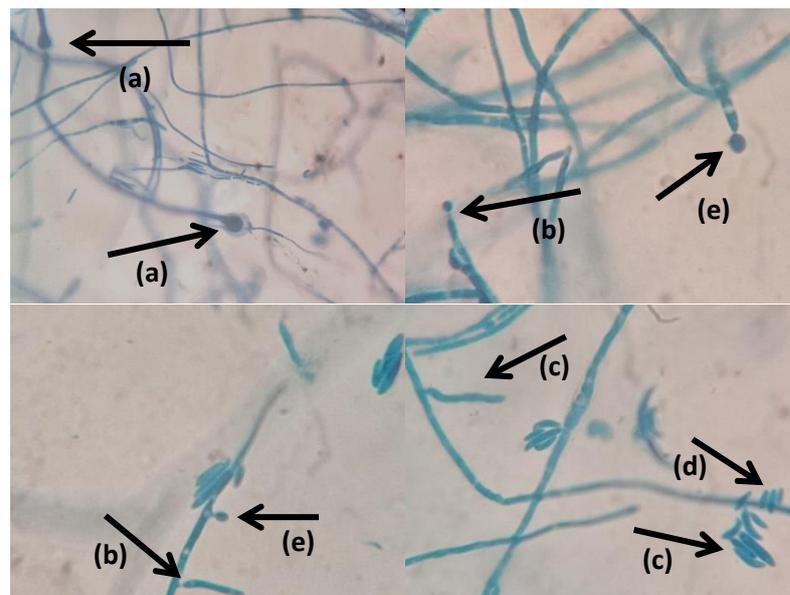
	<b>Morfologi</b>	<b>Hasil</b>
Makroskopis	Warna koloni	Putih
	Warna pusat koloni	Merah muda-oranye pudar
	Bentuk koloni	Berserabut
	Elevasi	Menonjol
	Margin	Filiform
	Permukaan	Halus, berserabut
	Pola pertumbuhan	Koloni, menyebar
Mikroskopis	Bentuk konidia	Terdapat banyak makro/mikrokonidia; seperti bentuk sabit
	Bentuk fialid	Monopoli
	Makro/mikrokonidia	Panjang-pendek, beberapa runcing seperti bentuk sabit
	Bentuk miselium	Panjang dan bersepta
	Bentuk klamidospora	Bundar

Pengamatan hasil ciri morfologi didapatkan koloni isolat *Fusarium* sp. memiliki hifa berwarna putih dengan pusat koloni berwarna merah muda sampai oranye pudar, yang mengarah pada genus *Fusarium* sp. (gambar 4.2). Leslie dan Summerel (2006) dalam buku *the Fusarium Laboratory Manual* menyebutkan bahwa genus *Fusarium* yang ditumbuhkan pada PDA memiliki karakter yang berbeda-beda. Miselia *Fusarium* dapat berupa *flococose*, *sparse*, atau *abundant* dengan warna putih-violet pudar. Isolat *F. oxysporum* mampu menghasilkan pigmen dengan warna pudar sampai ungu tua atau magenta gelap atau bahkan tidak berpigmen sama sekali. Beberapa isolat *F. oxysporum* dapat bermutasi menjadi koloni dengan bentuk miselium datar dan basah dengan warna kuning-oranye pada medium PDA. Sejalan dengan pernyataan Kalman, dkk. (2020), permukaan kultur *Fusarium* yang teridentifikasi, pada awalnya berbentuk datar dan putih, namun seiring dengan pertumbuhan koloni, warna khas *Fusarium* sp. muncul (biasanya ungu, putih, dan abu-abu, bahkan terkadang coklat muda). Ketika kultur tua, umumnya menjadi tebal karena pertumbuhan hifa putih yang menumpuk di permukaan koloni.



**Gambar 4.2** Morfologi isolat *Fusarium* sp. (a) Tampak atas (b) Tampak bawah (c-d) Tampak samping (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Pengamatan mikroskopis isolat *Fusarium* sp. dilakukan dengan pewarnaan sederhana menggunakan *Lactophenol Cotton Blue*. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bentuk makrokonidia *Fusarium* sp. panjang-runcing yang berlekuk hampir seperti sabit dan tersebar pada bagian tengah bahkan ujung septa miselium (gambar 4.3). Secara umum, bentuk makrokonidia *F. oxysporum* adalah panjang sampai pendek, lurus sampai melengkung, relatif ramping dan berdinding tipis, berbentuk runcing sampai kait, dan memiliki 3 septa, sedangkan bentuk mikrokonidia dapat berupa oval, elips, atau bentuk ginjal (Leslie & Summerell, 2006).

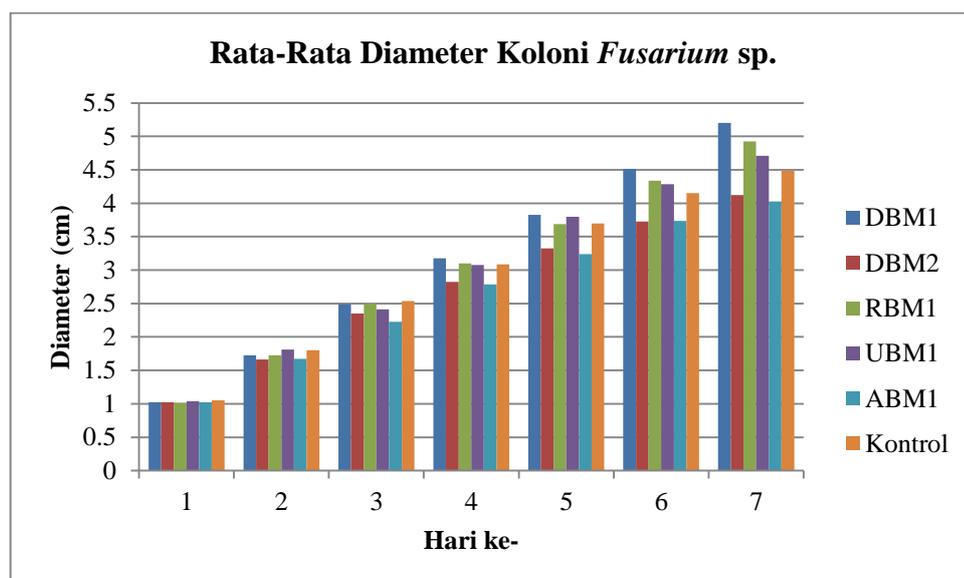


**Gambar 4.3** Isolat *Fusarium* sp. pembesaran 1000x mikroskop.  
 (a) klamidospora (b) konidiofor (c) makrokonidia (d) mikrokonidia (e) *false head* (Sumber: Dokumentasi pribadi).

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat banyak sekali *false head* yang terikat pada ujung konidiofor pendek pada bagian tengah dan ujung septa miselium, serta ditemukan juga beberapa klamidospora yang terbentuk. Perbedaan morfologi isolat *F. oxysporum* dengan genus *Fusarium* lainnya dapat dilihat dari

panjang konidiofornya. *F. oxysporum* secara umum memiliki konidofor dengan tangkai pendek, yang ujungnya mengikat konidium. Namun, pada beberapa *F. oxysporum* juga menunjukkan terbentuknya konidium pada konidiofor yang panjang (Sutejo dkk., 2008).

Pengujian sifat antagonistik 5 isolat bakteri hasil isolasi dari endofit dan rhizhosfer bawang merah varietas Rubaru terhadap isolat *Fusarium* sp. dilakukan pada media PDA dengan masa inkubasi 7 hari pada suhu  $30\pm 2^{\circ}\text{C}$  dalam keadaan gelap. Hasil pengukuran rata-rata diameter koloni *Fusarium* sp. menunjukkan bahwa terdapat 2 isolat bakteri (DBM2 dan ABM1) yang memiliki daya penghambatan terhadap patogen *Fusarium* sp., sedangkan 3 isolat bakteri lainnya (DBM1, RBM1, dan UBM1) memiliki daya penghambatan yang sangat lemah dan/atau tanpa penghambatan terhadap *Fusarium* sp. yang ditandai dengan ukuran diameter koloni jamur yang tumbuh lebih melimpah daripada diameter koloni jamur normal/kontrol (gambar 4.4 dan lampiran 2).



**Gambar 4.4** Grafik rata-rata diameter koloni *Fusarium* sp.

Data diameter koloni *Fusarium* sp. pada masing-masing isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru dilakukan pengujian normalitas Shapiro-Wilk menggunakan IBM SPSS 29. Uji normalitas Shapiro-Wilk digunakan untuk mengetahui normalitas sebaran data pada sampel kecil atau  $<50$  (Ariyanti dkk., 2019). Hasil pengujian tersebut menunjukkan nilai signifikansi  $>0,05$  pada masing-masing isolat (lampiran 3), yang berarti seluruh data diameter koloni *Fusarium* sp. pada isolat bakteri berdistribusi normal.

Data diameter koloni tersebut selanjutnya dikonversi ke dalam rumus persentase daya hambat, dimulai sejak daya penghambatan terlihat, yaitu sejak hari ke-2 seperti yang diuraikan pada tabel 4.4. Hasil persentase rata-rata daya hambat bakteri menunjukkan terdapat 2 isolat yang memberikan nilai penghambatan positif dari hari ke-2 sampai hari ke-7, yaitu DBM2 sebesar 8.07% dan ABM1 sebesar 10.30% dengan masing-masing termasuk dalam kategori antagonistik lemah. Mayoritas isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru mampu menunjukkan daya penghambatan terhadap *Fusarium* sp. pada hari ke-3, yaitu berkisar antara 1.47% - 12.31%, namun pada hari ke-4 sampai hari ke-7 daya penghambatan beberapa isolat bakteri berkurang drastis dan tidak dapat mempertahankan sifat antagonistiknya sampai akhir inkubasi. Nilai penghambatan isolat DBM2 dan ABM1 selanjutnya dilakukan uji homogenitas dan uji T independen terhadap perlakuan kontrol dengan taraf signifikansi 5% untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang tidak saling berhubungan.

**Tabel 4.4 Persentase daya hambat bakteri**

Kode Isolat	Hari ke-					
	2	3	4	5	6	7
DBM1	4.16%	<b>1.97%</b>	-2.83%	-3.37%	-8.73%	<b>-15.87%</b>
<b>DBM2</b>	<b>7.63%</b>	<b>7.38%</b>	<b>8.50%</b>	<b>10.13%</b>	<b>10.24%</b>	<b>8.07%</b>
RBM1	4.16%	<b>1.47%</b>	-0.40%	0.33%	-4.51%	<b>-9.74%</b>
UBM1	-0.69%	<b>4.92%</b>	0.40%	-2.70%	-3.31%	<b>-5.01%</b>
<b>ABM1</b>	<b>6.94%</b>	<b>12.31%</b>	<b>9.71%</b>	<b>12.50%</b>	<b>9.93%</b>	<b>10.30%</b>
Kontrol	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Berdasarkan uji homogenitas, diperoleh nilai signifikansi  $<0,05$  yang berarti nilai variansi pengukuran tersebut homogen (lampiran 3). Oleh karena hasil pengujian homogenitas mencapai asumsi bahwa data homogen, maka dilakukan interpretasi pada hasil pengujian T independen. Merujuk pada hasil uji T independen, didapatkan nilai p (*2 tailed*) isolat DBM2 dan ABM1 sebesar  $<0,001$  yang berarti nilai tersebut  $<0,05$ , dan diinterpretasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara penghambatan bakteri endofit bawang merah varietas Rubaru dengan tanpa penghambatan (kontrol) (lampiran 3).

Sebagaimana dijelaskan pada hasil uji antagonis isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru terhadap *Fusarium* sp. secara *in vitro*, bahwa hanya diperoleh 2 isolat potensial, yaitu isolat DBM2 dengan nilai penghambatan sebesar 8.07% dan isolat ABM1 dengan nilai penghambatan 10.30% dengan masing-masing isolat termasuk pada kategori antagonistik lemah. Hasil penelitian ini sejalan dengan Amalia (2021), Sutariati, dkk. (2020), dan Prasetya, dkk. (2018), yang melaporkan bahwa nilai penghambatan *F. oxysporum* oleh bakteri endofit tanaman bawang merah berkisar antara 7,8% - 27,35%. Pada studi lain

juga menyebutkan bahwa bakteri endofit *indigenous* asal bawang merah mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dengan persentase yang cukup tinggi, yaitu 83,33% (Dwi & Munif, 2020). Kondisi penghambatan bakteri endofit tersebut dipengaruhi oleh kemampuan bakteri dalam melakukan mekanisme antibiosis.

Kumar dan Radhakrishnan (2020), mengemukakan bahwa kemampuan biokontrol bakteri endofit dapat terjadi secara langsung pada patogen maupun secara tidak langsung melalui sistem kekebalan tubuh tanaman. Mekanisme penghambatan bakteri dapat terjadi akibat beberapa aksi diantaranya, seperti sintesis enzim hidrolitik, adanya kompetisi ruang dan nutrisi, produksi antibiotik, serta sintesis senyawa bioaktif seperti lipopeptida, phenazines, pyrrolnitrin, 2,4-Diasetilfloroglusinol, hidrogen sianida, dan oomisin A (Segaran dkk, 2022; Kumar dan Rashkrishnan, 2020). Sesuai dalam Prasetya, dkk. (2018), yang membuktikan bahwa bakteri endofit bawang merah mampu mensintesis enzim pendegradasi dinding sel jamur patogen, yaitu kitinase sehingga bakteri tersebut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati.

Mikroorganisme agen hayati secara umum memiliki kandungan senyawa khusus yang digunakan untuk mengendalikan patogen. Sriwati, dkk. (2023), menjelaskan bahwa produksi enzim hidrolitik, seperti selulase, protease, glukonase, dan kitinase berfungsi untuk mendegradasi dinding sel jamur, dan merusak isi sel patogen. Bakteri yang memproduksi senyawa biokontrol atau senyawa pertumbuhan tanaman lebih beragam akan memiliki kemampuan biokontrol lebih tinggi terhadap fitopatogen (Mota dkk., 2017).

Hasil uji antagonis isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru terhadap *Fusarium* sp. secara in vitro juga menunjukkan bahwa sebagian besar isolat yang diuji tidak memiliki sifat antagonistik. Sifat non-antagonistik tersebut berkaitan dengan adanya indikasi hubungan simbiosis antara bakteri dan jamur, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur patogen menjadi lebih melimpah. Dalam penelitian Zhou, dkk. (2022) menjelaskan tentang komponen fisiokimia dari hifa jamur dan pembentukan biofilm bakteri dapat mempengaruhi perlekatan bakteri pada jamur dan dijelaskan pula bahwa dengan adanya interaksi fisik yang eksklusif tersebut dapat memberikan keuntungan pada masing-masing individu ataupun keduanya. Seperti pada mekanisme mutualistik *Aspergillus nidulans* dan *Bacillus subtilis*, dimana *B. subtilis* membantu memasok tiamin pada hifa *A. nidulans* yang sedang tumbuh, sementara *A. nidulans* memberikan ruang pada *B. subtilis* untuk menyebar, bermigrasi, dan berkembangbiak melalui miseliumnya (Abeyasinghe dkk., 2020).

#### **4.3 Karakterisasi Morfologi dan Biokimia Isolat Potensial Bakteri Bawang Merah Varietas Rubaru**

Seluruh isolat bakteri hasil isolasi dari endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru dilakukan karakterisasi morfologi dan biokimia. Hasil karakterisasi tersebut ditunjukkan pada tabel 4.5 dan tabel 4.6. Merujuk pada hasil karakterisasi, sebagian besar isolat bakteri yang terpilih merupakan bakteri berbentuk coccus dengan bentuk koloni *circular*, dan memiliki penampakan yang berkilau. Masing-masing isolat memiliki karakter morfologi yang berbeda-beda

pada bentuk margin, bentuk elevasi, ukuran koloni, properti optik, pigmentasi, dan tekstur koloni (tabel 4.5).

**Tabel 4.5 Karakter koloni isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru**

Kode Isolat	Makroskopis								Mikroskopis
	Bentuk	Margin	Elevasi	Ukuran	Penampilan	Properti Optik	Pigmen	Tekstur	Bentuk
DBM1	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	<i>Moderate</i>	<i>Glistening</i>	<i>Translucent</i>	<i>Less cream</i>	<i>Less rough and mucoid</i>	Coccus
DBM2	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	<i>Moderate</i>	<i>Glistening</i>	<i>Opaque</i>	<i>Cream</i>	<i>Smooth and mucoid</i>	Coccus
RBM1	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	<i>Small</i>	<i>Glistening</i>	<i>Translucent</i>	<i>Less cream</i>	<i>Smooth and mucoid</i>	Coccus
UBM1	<i>Irregular</i>	<i>Curled</i>	<i>Raised</i>	<i>Moderate</i>	<i>Dull</i>	<i>Opaque</i>	<i>Less cream</i>	<i>Rough and dry</i>	Bacillus
ABM1	<i>Irregular</i>	<i>Undulated</i>	<i>Raised</i>	<i>Small</i>	<i>Glistening</i>	<i>Translucent</i>	<i>Less cream</i>	<i>Smooth</i>	Coccus

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan sebagian besar isolat bakteri terpilih merupakan bakteri Gram positif dan terdapat satu isolat yang merupakan bakteri Gram negatif (tabel 4.6). Data tersebut dikonfirmasi dengan melakukan uji KOH yang menunjukkan sebagian besar isolat memberikan reaksi negatif dengan tidak

adanya benang-benang yang terbentuk saat pengujian KOH (Hardiansyah dkk., 2020).

**Tabel 4.6 Karakter morfologi dan biokimia isolat bawang merah varietas Rubaru**

Uji	Kode Isolat					
	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1	
Morfologi	Gram	+	+	+	+	-
	Acid-Fast	-	-	-	-	-
	Endospore	-	-	-	-	-
Biokimia	KOH	-	-	-	-	+
	Motilitas	-	-	-	-	+
	H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-
	Fermentasi Glukosa	-	-	-	+	-
	Fermentasi Laktosa	-	-	-	-	+, G
	Fermentasi Sukrosa	-	-	-	-	+, G
	Fermentasi Manitol	-	-	-	+	+
	Indol	-	-	-	-	-
	Sitrat	+	+	+	+	+
	Katalase	+	+	+	+	+
	Hidrolisis pati	-	+	-	+	-
	Kebutuhan Oksigen	-, F	-, F	-, F	+, O	-, F

Keterangan:

G = Gas

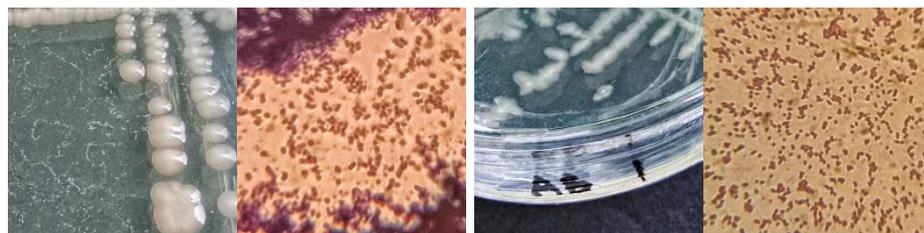
O = Obligat

F = Fakultatif

Pada pewarnaan *acid-fast* (Zhiell-Nielsen) dan endospora, seluruh isolat menunjukkan hasil yang negatif. Pewarnaan *acid-fast* digunakan untuk membedakan karakter bakteri genus *Mycobacterium* sp. dengan mikroorganisme lainnya, karena pada genus bakteri tersebut memiliki karakteristik khusus, yaitu dinding sel tebal, seperti lilin (lipoid) yang sulit ditembus dengan pewarnaan

sederhana maupun pewarnaan Gram (Cappuccino & Welsh, 2019). Pewarnaan endospora digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan endospora pada sel bakteri. Dalam Brown dan Smith (2017), sel-sel bakteri yang memiliki endospora umumnya resisten pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri normal, sehingga bakteri tersebut cenderung tahan terhadap panas, asam, radiasi, serta bahan kimia yang dapat merusak sel vegetatifnya.

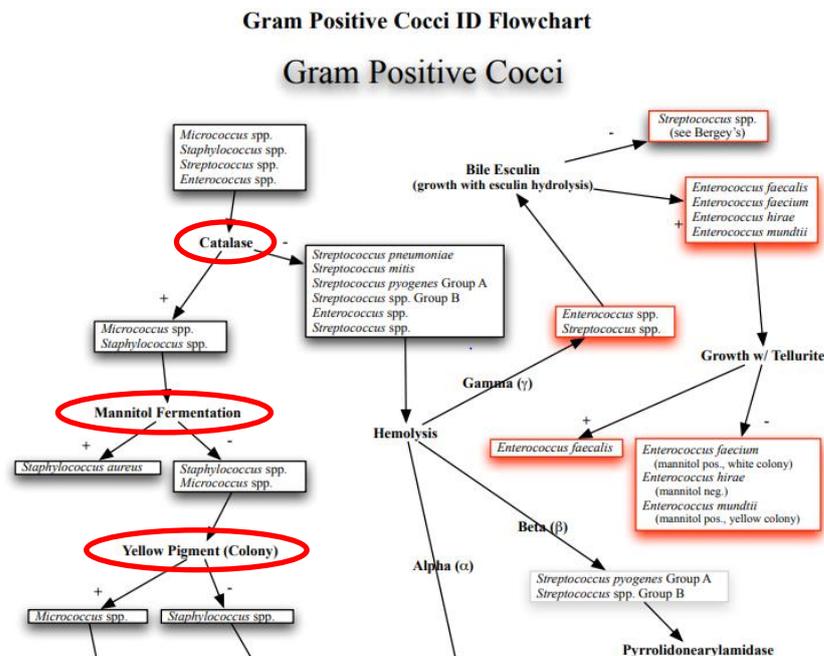
Isolat bakteri potensial DBM2 merupakan bakteri yang memiliki ciri Gram positif, *circular, entire, convex, moderate, glistening, opaque, cream, smooth* dan *muroid*. Sementara itu, isolat bakteri potensial ABM1 memiliki ciri Gram negatif, *irregular, undulated, raised, small, glistening, translucent, less cream, dan smooth* (gambar 4.5). Data karakter uji biokimia isolat potensial DBM2 dan ABM1 selanjutnya disesuaikan dengan *identification flowchart* Bergey's untuk menentukan genus bakteri tersebut.



**Gambar 4.5 Morfologi isolat DBM2 dan ABM1**  
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Uji biokimia utama yang dilakukan untuk menentukan genus pada kelompok bakteri Gram positif coccus adalah uji katalase (gambar 4.6). Uji katalase digunakan untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam mendegradasi  $H_2O_2$  menjadi oksigen dan air (Cappuccino & Welsh, 2019). Hasil uji katalase isolat DBM2 menunjukkan bahwa terdapat gelembung-gelembung gas yang

terbentuk dan menandakan reaksi yang positif. Tahap uji biokimia yang dilakukan selanjutnya adalah fermentasi manitol.



**Gambar 4.6 Identification flowchart Bergey's Gram positif coccus**  
(Sumber: Holt dkk., 1994)

Uji fermentasi manitol dilakukan menggunakan media selektif MSA (*Mannitol Salt Agar*) yang mengandung manitol, NaCl 7,5%, dan indikator *phenol red*. Reaksi positif ditunjukkan ketika terjadi perubahan warna medium dari merah menjadi kuning pada sekitar koloni yang tumbuh (Brown & Smith, 2017). Hasil pengujian isolat DBM2 menunjukkan reaksi negatif yang ditandai dengan tidak adanya pertumbuhan koloni bakteri dan tidak terjadi perubahan warna pada medium (gambar 4.7). Tahap selanjutnya adalah pengamatan pigmen kuning pada koloni isolat DBM2. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan isolat DBM2 tidak memiliki koloni dengan pigmen kuning, melainkan *non-pigmentation* dengan kecenderungan krem ketika ditumbuhkan pada media NA. Berdasarkan hasil

karakterisasi, isolat potensial DBM2 memiliki karakter yang mendekati genus *Staphylococcus* spp. dengan menunjukkan karakter non-motil, *non-sporeforming*, anaerob fakultatif, dan positif katalase. Genus *Staphylococcus* merupakan bakteri gram positif dengan bentuk coccus, baik tunggal, berpasangan, tetrad, rantai pendek, bahkan berkelompok menyerupai anggur. Anggota genus tersebut memiliki karakter tidak motil, tidak memiliki endospora, dan sebagian besar spesiesnya merupakan anaerob fakultatif dan positif katalase (Götz dkk., 2006).

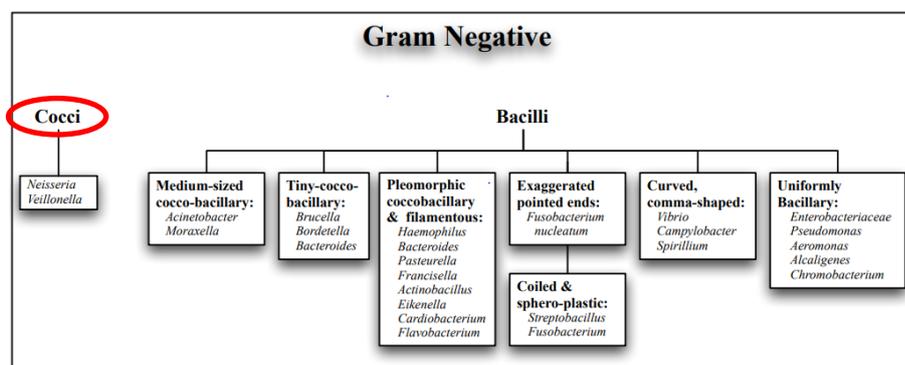


**Gambar 4.7 Uji fermentasi manitol isolat DBM2**  
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

*Staphylococcus* spp. umumnya dikenal sebagai bakteri patogen pada manusia dan mamalia. Namun, pada beberapa studi dilaporkan bahwa terdapat anggota dari genus *Staphylococcus* yang cukup menguntungkan bagi tanaman, karena dapat digunakan sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) (Sati dkk., 2023) dan agen antijamur (Zarei & Jahedi, 2020; Alijani dkk., 2019). Hasil penelitian ini sesuai dengan Hadi, dkk. (2021), yang melaporkan bahwa bakteri yang teridentifikasi sebagai *Staphylococcus arlettae* strain ATCC 43957 memiliki kemampuan dalam menghambat patogen *F. oxysporum* sebesar 22,30%. Pada studi lain juga melaporkan bahwa bakteri *S. equorum* strain EN21 mampu menjadi agen

biokontrol fitopatogen yang efektif bagi *Pseudomonas syringae* pada tanaman tomat (Vega dkk., 2020). Selain itu, uji in vitro dan in vivo *S. sciuri* dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan miselium *Candida nymphaeae* sebesar 52,46% dengan menghasilkan senyawa volatil, senyawa penghidrolisis enzim, dan biofilm (Alijani dkk., 2019).

Karakter biokimia isolat potensial ABM1 untuk bakteri Gram negatif coccus dalam *identification flowchart* Bergey's tidak banyak dijelaskan dan langsung menunjuk pada 2 kemungkinan genus bakteri, yaitu *Neisserria* sp. dan *Veillonella* sp. (gambar 4.8). Berdasarkan karakter biokimia isolat ABM1 yang memiliki ciri *non-sporeforming*, tidak memfermentasi glukosa, negatif indol, positif katalase, tidak memproduksi H<sub>2</sub>S, dan fakultatif anaerob menunjukkan kemiripan antara ciri dari kedua genus tersebut. Selain itu, jika dilihat dari karakter morfologi yang dimiliki isolat ABM1 tidak dapat dipastikan keberadaan kapsul dan fimbriae pada morfologi selnya (gambar 4.5), sehingga perlu dilakukan uji lanjut untuk memastikan isolat memiliki karakter yang mendekati pada genus *Neisserria* sp. atau *Veillonella* sp.



**Gambar 4.8** *Identification flowchart* Bergey's Gram negatif coccus (Sumber: Holt dkk., 1994)

Brenner, dkk. (2005), mengemukakan ciri genus *Neisseria* sp. adalah bakteri Gram negatif coccus baik tunggal maupun berpasangan dengan kemungkinan memiliki kapsul dan fimbrae, non-motil, tidak memiliki flagella, aerob, positif oksidase, positif katalase, mampu mereduksi nitrit dan menghasilkan asam dari oksidasi karbohidrat, bukan fermentasi. Sementara itu, genus *Veillonella* dicirikan sebagai bakteri Gram negatif coccus yang tersusun berpasangan-rantai pendek, tidak memiliki endospora, non-motil, anaerobik, mereduksi nitrat, positif katalase, dan memfermentasi piruvat, laktat, malat, fumarat, dan oksaloasetat, sedangkan karbohidrat dan poliol tidak difermentasi (Manual dkk., 2005).

Beberapa spesies dari genus *Neisseria* dikenal sebagai patogen pada manusia. Habitat *Neisseria* sp. umumnya ditemukan pada inang manusia dan mamalia. Liu, dkk. (2015) menyebutkan bahwa genus *Neisseria* sp. memiliki multi habitat, dimulai dari inang mamalia, non-mamalia, hingga lingkungan yang tidak memiliki hubungan dengan inang, seperti tanah dan air. Dalam bidang klinik, spesies *Neisseria* patogenik relatif lebih mudah untuk diidentifikasi daripada *Neisseria* non-patogenik. Karakter umum genus *Neisseria* sp. adalah Gram negatif coccus, kecuali pada *N. weaver* dan *N. baciliaformis* yang berbentuk basil, bersifat non-motil, dan beberapa mampu menghidrolisis gula, seperti pada *N. flava* yang mampu memfermentasi glukosa, maltosa, dan luvulosa untuk memproduksi asam (Public Health England, 2015).

Liu, dkk. (2015) mengemukakan bahwa keanekaragaman *Neisseria* sp. non-patogenik pada lingkungan cukup melimpah. Namun, kebermanfaatan spesies

non-patogenik tersebut pada manusia tidak banyak diteliti. Pada penelitian ini, isolat bakteri ABM1 yang diduga sebagai genus *Neisseria* memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium* sp. Hal ini sejalan dengan penelitian Safriani, dkk. (2020), yang melaporkan bahwa 2 isolat *Neisseria* sp. asal rhizosfer tanaman singkong mampu menghambat pertumbuhan jamur *Sclerotium rolfsii* dengan persentase hambatan antara 28,5% - 31,1%, serta berpotensi sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman karena mampu melarutkan kalium dan fosfat. Penelitian lain juga melaporkan bahwa isolat *Neisseria* sp. asal limbah kubis dan sawi mampu melarutkan fosfat, kalium, serta nitrogen, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk cair (Harlis dkk., 2019).

Genus *Veillonella* dikenal sebagai bakteri yang memiliki kemampuan untuk menggunakan asam sebagai sumber energi dalam menghasilkan biofilm, seperti biofilm pada rongga mulut (Zhou dkk., 2022). Pada pengujian antagonis, jamur *Fusarium* sp. mengkatalis karbohidrat dalam medium PDA sehingga menghasilkan kondisi lingkungan asam dan kondisi tersebut dimanfaatkan oleh *Veillonella* sp. untuk membentuk biofilm. Ajijah dkk. (2023) menyebutkan manfaat utama biofilm yang dihasilkan oleh bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Bacteria*), yaitu untuk meningkatkan ketahanan terhadap kondisi cekaman, sebagai proteksi terhadap fitopatogen, meningkatkan perolehan nutrisi, dan memfasilitasi interaksi mikroorganisme yang menguntungkan.

Habitat *Veillonella* sp. pada umumnya ditemukan pada rongga mulut, mukosa, dan air liur, serta pada saluran usus mamalia (Zhou dkk., 2021).

Beberapa penelitian juga menemukan *Veillonella* sp. pada tanah (Mukhtar dkk., 2016) dan endofit tanaman (Kabatia dkk., 2023; Farikhah, 2021). Potensi antagonistik *Veillonella* sp. terhadap jamur patogen tanaman tidak banyak diteliti, namun terdapat beberapa penelitian yang melaporkan bahwa genus tersebut mampu dimanfaatkan sebagai agen biofertilizer (Kabatia dkk., 2023; Arimurti dkk., 2022). Arimurti, dkk. (2022) melaporkan bahwa *Veillonella* sp. asal media tanam hidroponik (*rockwool*) mampu memproduksi *indole acetic acid* (IAA) yang digunakan untuk menstimulasi pertumbuhan tanaman. Selain itu, *Veillonella* sp. juga ditemukan pada larutan MOL (*Local Microorganism*) asal pucuk bambu yang berperan penting dalam mempercepat dekomposisi sehingga berpotensi menghasilkan pupuk dengan kualitas terbaik (Kabatia dkk., 2023).

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Merujuk pada hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa poin sebagai berikut:

- a. Kelimpahan bakteri hasil isolasi dari endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru pada sampel akar, umbi, dan rhizosfer masing-masing diperoleh sebesar  $17 \times 10^4$  cfu/g,  $1 \times 10^4$  cfu/g, dan  $2,54 \times 10^6 - 8 \times 10^6$  cfu/g.
- b. Pengujian antagonis isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru terhadap *Fusarium* sp. didapatkan 2 isolat potensial, yaitu DBM2 dengan persentase hambatan sebesar 8.07% dan ABM1 sebesar 10.30% dengan masing-masing isolat termasuk dalam kategori antagonistik lemah.
- c. Karakterisasi morfologi dan biokimia isolat potensial DBM2 dan ABM1 masing-masing menunjukkan kecenderungan pada genus *Staphylococcus*, dan genus *Neisseria* atau *Veillonella*.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan pengalaman dan pertimbangan penulis, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan uji hemolisis sebagai uji lanjut untuk mengetahui patogenitas dari isolat bakteri potensial, sehingga pemanfaatan dan penggunaan isolat potensial tersebut memiliki keamanan yang pasti.

- b. Melakukan eksplorasi potensi senyawa metabolit pada isolat bakteri potensial, untuk mengetahui potensinya dalam menjadi agen biofertilizer dan agen pengendali hayati.
- c. Melakukan uji biokimia secara menyeluruh dan identifikasi secara molekuler untuk mengetahui spesies isolat bakteri potensial secara jelas dan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abeyasinghe, G., Kuchira, M., Kudo, G., Masuo, S., Ninomiya, A., Takahashi, K., Utad, A. S., Hagiwara, D., Nomura, N., Takaya, N., Obana, N., & Takeshita, N. (2020). Fungal Mycelia and Bacterial Thiamine Establish a Mutualistic Growth Mechanism. *Life Science Alliance*, 3(12), 1–10.
- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., & Shahzad, S. (2019). Plant Beneficial Endophytic Bacteria: Mechanisms, Diversity, Host Range and Genetic Determinants. *Microbiological Research*, 221, 36–49.
- Agustiningtyas, I. (2020). Sterilisasi. <https://fk.uui.ac.id/mikrobiologi/materi/sterilisasi/>. Diakses tanggal 8 Februari 2023.
- Ainy, E. Q., Ratnayani, R., & Susilawati, L. (2015). Uji Aktivitas Antagonis *Trichoderma harzianum* 11035 terhadap *Colletotrichum capsici* TCKR2 dan *Colletotrichum acutatum* TCK1 Penyebab Antraknosa pada Tanaman Cabai. *Jurnal Biologi*, 19(1), 892–897.
- Ajjah, N., Fiodor, A., Pandey, A. K., Rana, A., & Pranaw, K. (2023). Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) with Biofilm-Forming Ability: A Multifaceted Agent for Sustainable Agriculture. *Diversity*, 15(1), 1–21.
- Alijani, Z., Amini, J., Ashengroph, M., & Bahramnejad, B. (2019). Antifungal Activity of Volatile Compounds Produced by *Staphylococcus sciuri* strain MarR44 and Its Potential for the Biocontrol of *Colletotrichum nymphaeae*, Causal Agent Strawberry Anthracnose. *International Journal of Food Microbiology*, 307, 1-9.
- Alwaniya. (2019). Preferensi Konsumen terhadap Bawang Merah Lokal Rubaru di Pasar Banasare. *CEMARA*, 16(1), 17–23.
- Amalia, W. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.) asal Kabupaten Brebes sebagai Penghambat Pertumbuhan *Fusarium* sp. secara In Vitro. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Amaria, W., Kasim, N. N., & Munif, A. (2019). Kelimpahan Populasi Bakteri Filosfer, Rizosfer, dan Endofit Tanaman Kemiri Sunan (*Reutealis Trisperma* (Blanco) Airy Shaw), serta Potensinya sebagai Agens Biokontrol. *Journal TABARO Agriculture Science*, 3(1), 305–317.
- Anwar, K. (2020). Pengendalian Penyakit Moler (Layu Fusarium) pada Tanaman Bawang Merah. Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian. <http://cybex.pertanian.go.id/artikel/93350/pengendalian-penyakit-moler-layu-fusarium-pada-tanaman-bawang-merah/>. Diakses tanggal 8 Desember 2022.

- Aprilia, A. D., & Aini, L. Q. (2022). Pengujian Konsorsium Bakteri Antagonis untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 10(1), 29–38.
- Aprilia, I., Maharijaya, A., & Wiyono, S. (2020). Keragaman Genetik dan Ketahanan terhadap Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp cepae) Bawang Merah (*Allium cepa* L. var. aggregatum) Indonesia. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 11(1), 32–40.
- Arimurti, A. R. R., Rohmayani, V., Romadhon, N., Rahmani, T. P. D., Watson, L. J., Wahyuni, K. S., & Ulumiya, N. (2022). The Potency of Bacteria Isolated from the Hydroponic Rockwool of Field Mustard (*Brassica rapa* L.) for Nitrogen Fixation and Indole Acetic Acid (IAA) Production. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 112–120.
- Ariyanti, Masruriati, E., & Sulistianingsih, E. N. (2019). Efektivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus* Ekstrak Rimpang Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) dari Kecamatan Kendal. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 5(1), 34–40.
- Badan Penyuluh Pertanian Rubaru. (2023). *Wawancara: Bawang Merah Varietas Rubaru*. Badan Penyuluh Pertanian Rubaru. Dilaksanakan 26 Februari 2023.
- Badan Pusat Statistik. (2022). Produksi Tanaman Sayuran 2021. BPS. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses tanggal 10 Januari 2023.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Sensus Pertanian Subsektor Hortikultura Semusim (Bawang Merah). BPS. <https://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site/topik/?kid=3&kategori=Tanaman>. Diakses tanggal 10 Januari 2023.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jatim. (2021). Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Jawa Timur (kuintal). BPS Jatim. <https://jatim.bps.go.id/statictable-/2021/09/06/2241/produksi-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-jawa-timur-kuintal-2019-dan-2020.html>. Diakses tanggal 10 Januari 2023.
- Brenner, D. J., Krieg, R., Staley, J. T., & Garrity, G. M. (2005). **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: Volume Two The Proteobacteria Part C The Alpha-, Beta-, Delta-, and Epsilonproteobacteria**. New York: Springer.
- Brown, A. E., & Smith, H. R. (2017). **Benson's Microbiological Applications 14e. In McGraw-Hill Education (14 ed.)**. New York: McGraw-Hill Education.
- Brown, D. W., & Proctor, R. H. (2013). **Fusarium. Genomics, Molecular and Cellular Biology**. Norfolk: Caister Academic Press.

- Cappuccino, J. G., & Welsh, C. T. (2019). **Microbiology A Laboratory Manual. In Cappuccino Welsh (Twelfth Ed)**. Iowa: Pearson.
- Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur. (2019). Varietas Rubaru, Berkah Petani Bawang Merah Sumenep Saat Off Season. Dinas Kominfo Provinsi Jawa Timur. <https://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/varietas-rubaru-berkah-petani-bawang-merah-sumenep-saat-off-season>. Diakses tanggal 13 Januari 2023.
- Dwi, W., & Munif, A. (2020). Potensi Beberapa Isolat Bakteri Endofit untuk Biokontrol *Fusarium oxysporum* f. sp. cepae pada Tanaman Bawang Merah. *Fitopatologi Indonesia*, 16, 227–234.
- Edy, H. J., Jayanti, M., & Parwanto, E. (2022). Pemanfaatan Bawang Merah (*Allium cepa* L) sebagai Antibakteri di Indonesia. *Pharmacy Medical Journal*, 5(1), 2022.
- Farikhah, L. R. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Tanaman Yodium (*Jatropha multifida* L.) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Flori, F., & Rahmawati, M. (2019). Potensi isolat Bakteri *Bacillus* spp. Asal Rhizosfer Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) sebagai Agen Pengendali jamur *Fusarium* sp. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 3(1), 1–9.
- Giamerti, Y., & Mulyaqin, T. (2013). Pengaruh Umur Simpan Bawang Merah Varietas Super Phillip dan Rubaru terhadap Pertumbuhan Tanaman di Kabupaten Tangerang Provinsi Banten. *Buletin IKATAN*, 3(2), 1–7.
- Götz, F., Bannerman, T., & Schleifer, K.-H. (2006). The Genera Staphylococcus and Micrococcus. *The Prokaryotes*, 4, 5–75.
- Hadi, A. E., Khalisha, A., Pambudi, A., & Effendi, Y. (2021). Potential of Bacteria Consortium as Growth Controller of Pathogenic Fungi *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense (Foc). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 637(1), 1–11.
- Handayani, N. M. D. W., Muthahanas, I., & Nikmatullah, A. (2020). Aplikasi Biopestisida *Streptomyces* sp. dalam Mengendalikan Penyakit pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Dataran Medium. *Jurnal Agroteksos*, 30(2), 109–124.
- Hanudin, & Marwoto, B. (2012). Prospek Penggunaan Mikroba Antagonis sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Utama pada Tanaman Hias dan Sayuran. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), 8–13.
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., & Jaya, A. M. (2020). Identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria pada Rizosfer Bambu Duri dengan Gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 41–46.

- Harlis, H., Budiarti, R. S., Kapli, H., & Sanjaya, M. E. (2019). Produksi Pupuk Cair dari Isolat Bakteri Limbah Sayur Pasar Angso Duo Jambi dalam Meningkatkan Perekonomian dan Kesehatan Lingkungan Masyarakat Jambi. *Biospecies*, 12(1), 40–48.
- Hasyidan, G., Wiyatiningsih, S., & Suryaminarsih, P. (2021). Aplikasi Biopestisida Fobio dan *Streptomyces* sp. untuk Mengendalikan Penyakit Moler pada Tanaman Bawang Merah. *AGROHITA*, 6(2), 168–173.
- Hersanti, Emilia, N. H., Djaya, L., & Yulia, E. (2021). *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. (CK U3) dalam Serat Karbon dan Silika Nano Menekan Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici dan Perkembangan Penyakit Hawar Kecambah Tomat. *Agrikultura*, 32(2), 135–145.
- Indrayanti, R., & Sudarsono. (2011). Virulensi dan Efektivitas Filtrat Kultur *F. oxysporum* f.sp cubense Isolat Banyuwagi untuk Pengujian Ketahanan Pisang Ampyang terhadap Layu Fusarium. *Zuriat Jurnal Pemuliaan Indonesia*, 22(1).
- Indriani, Ekowati, C. N., Handayani, K., & Irawan, B. (2023). Potensi Antagonis Bacillus sp Asal Kebun Raya Liwa (KRL) sebagai Agen Pengendali Jamur Fusarium sp. *Prosiding Seminar Nasional Biologi* 7, 18, 201–207.
- Integrated Taxonomic Information System. (2023). *Allium ascalonicum* L. itis.gov. [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TS-N&search\\_value=32272&print\\_version=PRT&source=to\\_print#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TS-N&search_value=32272&print_version=PRT&source=to_print#null). Diakses tanggal 3 Februari 2023.
- ITW Reagent. (2017). Gram-Hucker Stain. [https://www.itwreagents.com/download\\_file/ce\\_ivd\\_instructions/CEIVD11/en/CEIVD11\\_en.pdf](https://www.itwreagents.com/download_file/ce_ivd_instructions/CEIVD11/en/CEIVD11_en.pdf). Diakses tanggal 3 Februari 2023.
- Kabatia, M., Khumaira, A., & Bimantara, A. (2023). Isolation and Characterization of Local Microorganisms (MOL) of Bamboo Shoots (*Dendrocalamus asper*) and Its Effect on the Growth of Pakcoy Plants (*Brassica rapa* L.). *Bioedukasi*, 21(2), 152–165.
- Kalman, B., Abraham, D., Graph, S., Perl-Treves, R., Meller Harel, Y., & Degani, O. (2020). Isolation and Identification of *Fusarium* spp., the Causal Agents of Onion (*Allium cepa*) Basal Rot in Northeastern Israel. *Biology*, 9(4), 1-19.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2014). **Profil Komoditas Bawang Merah**. Jakarta: Sistem Pemantauan Pasar dan Kebutuhan Pokok Kementerian Perdagangan.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2021). **Analisis Perkembangan Harga Bahan Pangan Pokok di Pasar Domestik dan Internasional November 2021**. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

- Kementerian Pertanian. (2017). **Ringkasan Eksekutif Peta jalan (Roadmap) Pengembangan Komoditas Pertanian Strategis Menuju Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia 2045**. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Kompas TV Pekalongan. (2022). Ratusan Hektar Bawang Merah Gagal Panen. Kompas TV. <https://www.kompas.tv/article/298769/ratusan-hektar-tanaman-bawang-merah-gagal-panen>. Diakses tanggal 20 Januari 2022.
- Kumar, A., & Radhakrishnan, E. K. (2020). **Microbial Endophytes: Functional Biology and Applications**. United States: Woodhead Publishing.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). **the Fusarium Laboratory Manual**. Iowa: Blackwell Publishing.
- Liu, G., Tang, C. M., & Exley, R. M. (2015). Non-Pathogenic Neisseria: Members of An Abundant, Multi-habitat, Diverse Genus. *Microbiology*, 161(7), 1297–1312.
- Malinda, U., & Fitriyanti, D. (2018). Identifikasi Mikroba Antagonis di Rhizosfer Tanaman Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) di Kalimantan Selatan. *Proteksi Tanaman Trofika*, 1(03), 58–65.
- Maliq, E. R., Salamiah, & Marsuni, Y. (2020). Eksplorasi dan Identifikasi Mikroba Rhizosfer Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) yang Diaplikasi Pestisida Nabati di Lahan Gambut Landasan Ulin Kalimantan Selatan. *Agrotek View*, 3(2), 15–27.
- Manual, W. B. W. B., Brenner, D. J., Krieg, R., Staley, J. T., & Garrity, G. M. (2005). **Systematic Bacteriology: The Firmicutes Second Edition. In Bergey's Manual of Bacterial Systematics**. New York: Springer.
- Menteri Pertanian. (2011). *Lampiran Keputusan Menteri Pertanian: Deskripsi Bawang Merah Varietas Rubaru* (Patent No. 2525/Kpts/SR.120/5/2011). Diakses tanggal 13 Februari 2023.
- Mokobi, F. (2021). *Fusarium spp. An Overview*. Microbe Notes. <https://microbenotes.com/fusarium-spp/>. Diakses tanggal 13 Februari 2023.
- Mota, M. S., Gomes, C. B., Souza Júnior, I. T., & Moura, A. B. (2017). Bacterial Selection for Biological Control of Plant Disease: Criterion Determination and Validation. *Brazilian Journal of Microbiology*, 48(1), 62–70.
- Mukhtar, S., Mirza, M. S., Awan, H. A., Maqbool, A., Mehnaz, S., & Malik, K. A. (2016). Microbial Diversity and Metagenomic Analysis of the Rhizosphere of Para Grass (*Urochloa mutica*) Growing Under Saline Conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 48(2), 779–791.
- Murtado, A., Mubarik, N. R., & Tjahjoleksono, A. (2020). Isolation and

- Characterization Endophytic Bacteria as Biological Control of Fungus *Colletotrichum* sp. on Onion Plants (*Allium cepa* L.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 457(1), 1–9.
- Nurbaiti, Wirda, E., Maisyura, C., & Hamidi, A. (2019). **Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Bawang Merah**. Banda Aceh: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh.
- Pitasari, A., & Ali, M. (2018). Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit dari Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap Jamur *Alternaria porri* Ellis Cif. *Universitas Riau JOM Faperta*, 5(1), 1–12.
- Prasetya, I. A. W., Sri Rahayu, Y., & Trimulyono. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Kitinolitik Endofit Bawang Merah (*Allium ascalonicum*) serta Potensinya dalam Menghambat Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 7(1), 1–8.
- Public Health England. (2015). UK Standards for Microbiology Investigations Identification of Neisseria species. *Standard Unit, Public Health England*, 3, 20–29.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2021). Buletin Konsumsi Pangan Tahun 2021. *Kementerian Pertanian Republik Indonesia*, 12(1), 32–43.
- Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. (2017). **Bertanam Bawang Merah Tak Kenal Musim**. Jakarta: IAARD Press.
- Rahmiyati, M., Hartanto, S., & Sulastiningsih, N. W. H. (2021). Pengaruh Aplikasi Actinomycetes terhadap Serangan *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. cepae (Hanz.) Synd. et Hans. Penyebab Penyakit Layu pada Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L. var. Menten). *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 9(1), 248–260.
- Resti, Z., Habazar, T., & Putra, D. P. (2013). Skrining dan Identifikasi Isolat Bakteri Endofit untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Bawang Merah. *J. HPT Tropika*, 12(2), 167–178.
- Rosariastuti, R., Sutami, Sumani, & Hartati, S. (2022). Analysis of Bacterial Community from the Rhizosphere of Shallots (*Allium ascalonicum* L.) in Brebes, Central Java, using Next Generation Sequencing (NGS) Approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1114(1).
- Safriani, S. R., Fitri, L., & Ismail, Y. S. (2020). Isolation of Potential Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) from Cassava (*Manihot esculenta*) Rhizosphere Soil. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 12(3), 459–468.
- Sati, D., Pande, V., & Samant, M. (2023). Plant-Beneficial *Bacillus*, *Pseudomonas*, and *Staphylococcus* spp. from Kumaon Himalayas and Their

- Drought Tolerance Response. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1–11.
- Shoaib, A., Meraj, S., Nafisa, Khan, K. A., & Javaid, M. A. (2018). Influence of Salinity and *Fusarium oxysporum* as the Stress Factors on Morpho-Physiological and Yield Attributes in Onion. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(6), 1093–1101.
- Sriwati, R., Maulidia, V., Intan, N., Oktarina, H., Syamsuddin, Khairan, K., Skala, L., & Mahmud, T. (2023). Endophytic Bacteria as Biological Agents to Control Fusarium Wilt Disease and Promote Tomato Plant Growth. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125.
- Suriani, & Muis, A. (2016). Prospek *Bacillus subtilis* sebagai Agen Pengendali Hayati Patogen Tular Tanah pada Tanaman Jagung. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 35(1), 37.
- Sutariati, G. A. K., Khaeruni, A., & Madiki, A. (2020). Bakteri Asal Wakatobi Menghambat Pertumbuhan Koloni *Alternaria porri* dan *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Pada Bawang Merah Secara In Vitro. *Jurnal Fitopatologi*, 16(3), 105–111.
- Sutejo, A. M., Priyatmojo, A., & Wibowo, A. (2008). Identifikasi Morfologi Beberapa Spesies Jamur *Fusarium*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 14(1), 7–13.
- Suwandi. (2014). **Budi Daya Bawang Merah Di Luar Musim**. Jakarta: IAARD Press.
- Syukur, A., Aidawati, N., & Rosa, H. O. (2022). Kemampuan *Pseudomonas* Kelompok *fluorescens* dan *Bacillus* spp. Menghambat Perkembangan *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu Tanaman Terung. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 5(1), 429–435.
- Tsalgatidou, P. C., Thomloudi, E.-E., Nifakos, K., Delis, C., Venieraki, A., & Katinakis, P. (2023). *Calendula officinalis*: A Great Source of Plant Growth Promoting Endophytic Bacteria (PGPEB) and Biological Control Agents (BCA). *Microorganisms*, 11(1), 1–23.
- Vandana, U. K., Rajkumari, J., Singha, L. P., Satish, L., Alavilli, H., Sudheer, P. D. V. N., Chauhan, S., Ratnala, R., Satturu, V., Mazumder, P. B., & Pandey, P. (2021). The Endophytic Microbiome as a Hotspot of Synergistic Interactions, with Prospects of Plant Growth Promotion. *Biology*, 10(2), 1–29.
- Vega, C., Rodríguez, M., Llamas, I., Béjar, V., & Sampedro, I. (2020). Silencing of Phytopathogen Communication by the Halotolerant PGPR *Staphylococcus equorum* strain EN21. *Microorganisms*, 8(1), 1–17.

- Wibowo, A. (2022). Teknik Budidaya Bawang Merah. Dinas Pertanian Kota Magelang. <http://pertanian.magelangkota.go.id/informasi/artikelpertanian-/403-teknik-budidaya-bawang-merah>. Diakses tanggal 13 Februari 2023.
- Wijaya, C. H., Sobir, S., Lioe, H. N., & Yofananda, O. (2022). Penciri Fisiko-Kimia Umbi Bawang Merah Yang Unggul Sebagai Bahan Baku Bawang Goreng. *Policy Brief Pertanian, Kelautan dan Biosains Tropika*, 4(2), 1–6.
- Zarei, M., & Jahedi, M. (2020). Determination of Antifungal Activity of *Staphylococcus haemolyticus* and *Bacillus* spp. Isolated From Native Sponge of Persian Gulf. *Journal of Animal Environment*, 10(4), 559–566.
- Zhao, X., Hou, D., Xu, J., Wang, K., & Hu, Z. (2022). Antagonistic Activity of Fungal Strains against Fusarium Crown Rot. *Plants*, 11(3), 1–11.
- Zhou, P., Manoil, D., Belibasakis, G. N., & Kotsakis, G. A. (2021). Veillonellae: Beyond Bridging Species in Oral Biofilm Ecology. *Frontiers in Oral Health*, 2, 1–11.
- Zhou, Y., Wang, H., Xu, S., Liu, K., Qi, H., Wang, M., Chen, X., Berg, G., Ma, Z., Cernava, T., & Chen, Y. (2022). Bacterial-Fungal Interactions Under Agricultural Settings: from Physical to Chemical Interactions. *Stress Biology*, 2(1), 1–17.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Deskripsi bawang merah varietas Rubaru

Asal	: Lokal Sumenep
Silsilah	: Seleksi kultivar lokal Sumenep
Golongan varietas	: Klon
Tinggi tanaman	: 35 – 44 cm
Bentuk penampang daun	: Silindris
Ukuran daun	: p = 35 – 42 cm, l = 1,2 – 1,3 cm
Warna daun	: Hijau
Jumlah daun per umbi	: 2 – 3 helai
Jumlah daun per rumpun	: 28 – 32 helai
Bentuk karangan bunga	: Seperti payung
Warna bunga	: Putih
Umur mulai berbunga	: 40 – 45 HST
Umur panen	: 60 – 65 HST
Bentuk umbi	: Bulat lonjong
Ukuran umbi	: t = 3,6 – 4,2 cm, d = 2,3 – 2,6 cm
Warna umbi	: Merah muda
Bentuk biji	: Bulat gepeng
Warna biji	: Hitam
Berat per umbi	: 8 – 10 g
Jumlah umbi per rumpun	: 5 – 8 umbi
Berat umbi per rumpun	: 48 – 76 g
Jumlah anakan	: 6 – 9 anakan
Ketahanan terhadap penyakit	: Toleran terhadap Fusarium dan Alternaria
Ketahanan terhadap hama	: Toleran terhadap ulat grayak ( <i>Spodoptera exigua</i> )
Daya simpan umbi suhu 28 – 30°C	: 4 – 5 bulan setelah panen
Hasil umbi	: 14 – 17 ton/ha umbi kering
Populasi per hektar	: 280.000 tanaman
Kebutuhan benih per hektar	: 1.000 – 1.200 kg
Keterangan	: Beradaptasi baik di dataran rendah sampai medium dengan altitud 10 – 500 m dpl, pada musim hujan dan kemarau

(Sumber: Menteri Pertanian, 2011)

Lampiran 2. Pengukuran diameter koloni *Fusarium* sp. (cm)

KODE ISOLAT	ULANGAN	INKUBASI HARI KE-						
		1	2	3	4	5	6	7
DBM1	1	1	1.5	2.5	3.5	3.9	5.3	6.3
	2	1	1.9	2.8	3.4	4.3	4.75	5.55
	3	1	1.55	2.1	2.65	3.25	3.85	4.45
	4	1.1	1.95	2.55	3.15	3.85	4.15	4.5
DBM2	1	1	1.5	2.3	2.5	2.5	2.7	2.9
	2	1	1.8	2.6	3.1	3.9	4.4	5.05
	3	1	1.45	2.05	2.6	3.15	3.8	4.2
	4	1.1	1.9	2.45	3.1	3.75	4	4.35
RBM1	1	1	1.5	2.5	3.2	3.7	4.7	5.5
	2	1	1.8	2.7	3.25	3.8	4.15	4.6
	3	1	1.55	2.2	2.65	3.2	3.85	4.35
	4	1.05	2.05	2.6	3.3	4.05	4.65	5.25
UBM1	1	1	1.8	2.4	3.1	4	4.5	4.9
	2	1	1.9	2.7	3.3	4	4.8	5.4
	3	1	1.6	2.2	2.8	3.45	4.05	4.35
	4	1.15	1.95	2.35	3.1	3.75	3.8	4.2
ABM1	1	1	1.5	2.05	2.75	3.3	4.25	4.7
	2	1	1.8	2.4	3	3.5	4.25	4.7
	3	1	1.6	2.25	2.8	3.15	3.15	3.25
	4	1.1	1.8	2.2	2.6	3	3.3	3.45
F	1	1	1.5	2.5	3	3.4	3.8	4.1
	2	1	2	2.8	3.5	4.25	4.55	5.2
	3	1	1.6	2.15	2.7	3.3	3.85	4.3
	4	1.2	2.1	2.7	3.15	3.85	4.4	4.35

Rata-rata diameter koloni *Fusarium* sp. (cm)

KODE ISOLAT	ULANGAN	INKUBASI HARI KE-						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
DBM1	1	1	1.5	2.5	3.5	3.9	5.3	6.3
	2	1	1.9	2.8	3.4	4.3	4.75	5.55
	3	1	1.55	2.1	2.65	3.25	3.85	4.45
	4	1.1	1.95	2.55	3.15	3.85	4.15	4.5
	Rata-rata	1.025	1.725	2.4875	3.175	3.825	4.5125	5.2
DBM2	1	1	1.5	2.3	2.5	2.5	2.7	2.9
	2	1	1.8	2.6	3.1	3.9	4.4	5.05
	3	1	1.45	2.05	2.6	3.15	3.8	4.2
	4	1.1	1.9	2.45	3.1	3.75	4	4.35
	Rata-rata	1.025	1.6625	2.35	2.825	3.325	3.725	4.125
RBM1	1	1	1.5	2.5	3.2	3.7	4.7	5.5
	2	1	1.8	2.7	3.25	3.8	4.15	4.6
	3	1	1.55	2.2	2.65	3.2	3.85	4.35
	4	1.05	2.05	2.6	3.3	4.05	4.65	5.25
	Rata-rata	1.0125	1.725	2.5	3.1	3.6875	4.3375	4.925
UBM1	1	1	1.8	2.4	3.1	4	4.5	4.9
	2	1	1.9	2.7	3.3	4	4.8	5.4
	3	1	1.6	2.2	2.8	3.45	4.05	4.35
	4	1.15	1.95	2.35	3.1	3.75	3.8	4.2
	Rata-rata	1.0375	1.8125	2.4125	3.075	3.8	4.2875	4.712
ABM1	1	1	1.5	2.05	2.75	3.3	4.25	4.7
	2	1	1.8	2.4	3	3.5	4.25	4.7
	3	1	1.6	2.25	2.8	3.15	3.15	3.25
	4	1.1	1.8	2.2	2.6	3	3.3	3.45
	Rata-rata	1.025	1.675	2.225	2.7875	3.2375	3.7375	4.025
F	1	1	1.5	2.5	3	3.4	3.8	4.1
	2	1	2	2.8	3.5	4.25	4.55	5.2
	3	1	1.6	2.15	2.7	3.3	3.85	4.3
	4	1.2	2.1	2.7	3.15	3.85	4.4	4.35
	Rata-rata	1.05	1.8	2.5375	3.0875	3.7	4.15	4.487

Akumulasi nilai rata-rata diameter koloni *Fusarium* sp. (cm)

Kode Isolat	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1	F
Hari ke-1	1.025	1.025	1.0125	1.0375	1.025	1.05
Hari ke- 2	1.725	1.6625	1.725	1.8125	1.675	1.8
Hari ke- 3	2.4875	2.35	2.5	2.4125	2.225	2.5375
Hari ke- 4	3.175	2.825	3.1	3.075	2.7875	3.0875
Hari ke- 5	3.825	3.325	3.6875	3.8	3.2375	3.7
Hari ke- 6	4.5125	3.725	4.3375	4.2875	3.7375	4.15
Hari ke- 7	5.2	4.125	4.925	4.7125	4.025	4.4875

Penghitungan daya hambat bakteri  $((R1-R2)/R1)$

Kode Isolat	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1	F
Hari ke- 2	0.041667	0.07639	0.04167	-0.00694	0.069444	0
Hari ke- 3	0.019704	0.07389	0.01478	0.049261	0.123153	0
Hari ke- 4	-0.02834	0.08502	-0.004	0.004049	0.097166	0
Hari ke- 5	-0.03378	0.10135	0.00338	-0.02703	0.125	0
Hari ke- 6	-0.08735	0.10241	-0.0452	-0.03313	0.099398	0
Hari ke- 7	-0.15877	0.08078	-0.0975	-0.05014	0.103064	0

Persentase penghambatan bakteri  $((R1-R2)/R1 \times 100\%)$

Kode Isolat	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1	F
Hari ke- 2	4.166667	7.638889	4.166667	-0.69444	6.94444	0
Hari ke- 3	1.970443	7.389163	1.477833	4.926108	12.3152	0
Hari ke- 4	-2.83401	8.502024	-0.40486	0.404858	9.71659	0
Hari ke- 5	-3.37838	10.13514	0.337838	-2.7027	12.5	0
Hari ke- 6	-8.73494	10.24096	-4.51807	-3.31325	9.93975	0
Hari ke- 7	-15.8774	8.07799	-9.7493	-5.01393	10.3064	0

Lampiran 3. Uji normalitas diameter koloni *Fusarium* sp.

<b>Tests of Normality</b>							
	Kode Isolat	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Diameter Koloni	DBM1	.080	28	.200*	.964	28	<b>.437</b>
	DBM2	.100	28	.200*	.960	28	<b>.347</b>
	RBM1	.082	28	.200*	.956	28	<b>.283</b>
	UBM1	.106	28	.200*	.958	28	<b>.315</b>
	ABM1	.082	28	.200*	.957	28	<b>.289</b>
	Kontrol	.107	28	.200*	.952	28	<b>.229</b>

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

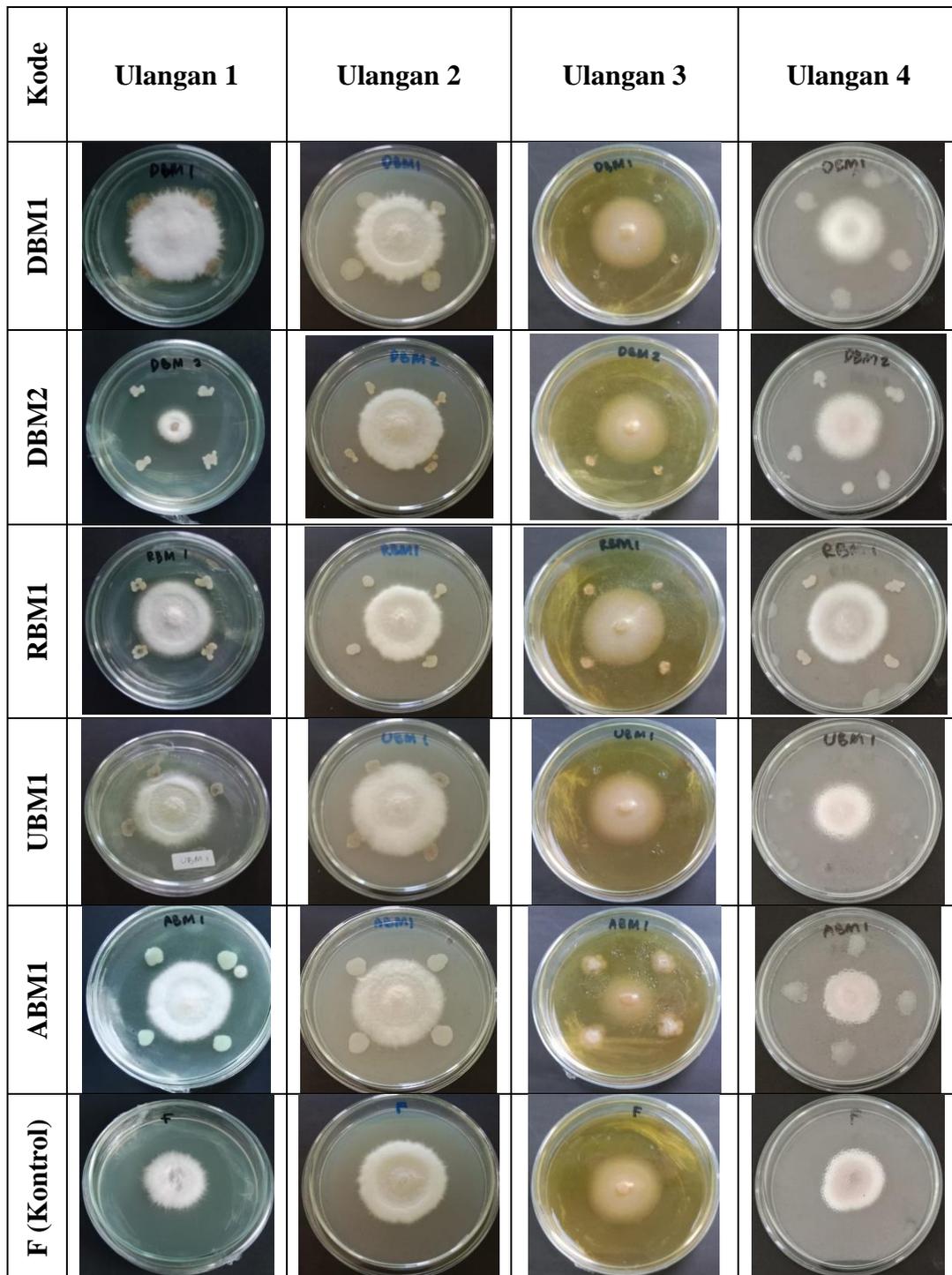
Uji homogenitas dan T independen isolat DBM2 terhadap Kontrol

### Independent Samples Test

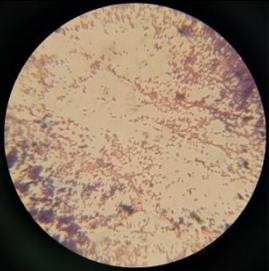
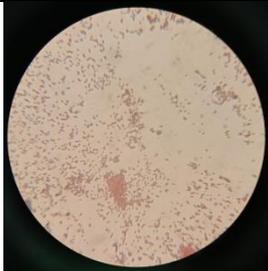
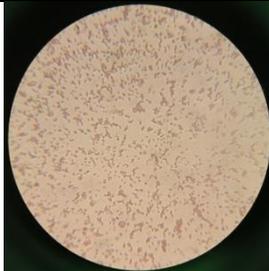
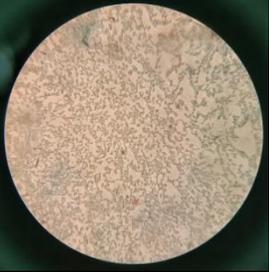
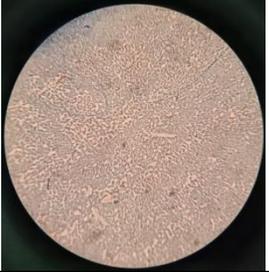
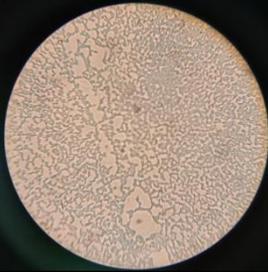
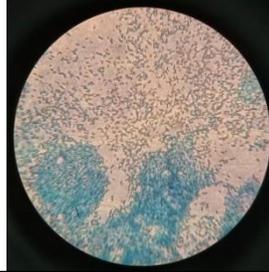
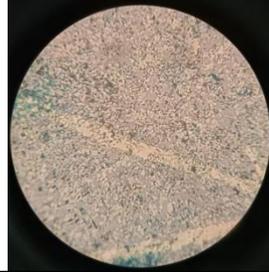
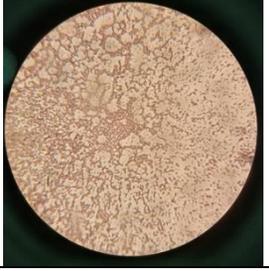
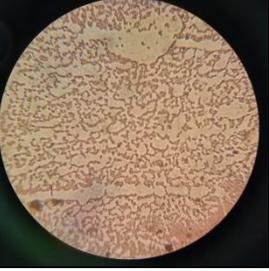
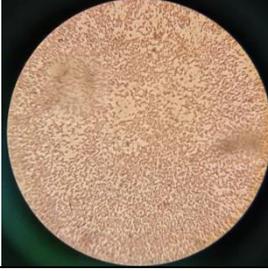
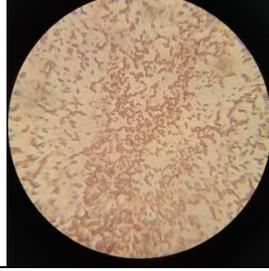
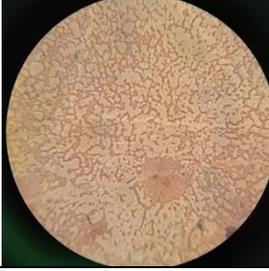
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Persentase Penghambatan	Equal variances assumed	20.604	<b>.001</b>	17.105	10	<.001	<b>&lt;.001</b>	8.66403	.50652	7.53544	9.79262
	Equal variances not assumed			17.105	5.000	<.001	<.001	8.66403	.50652	7.36199	9.96607

Uji homogenitas dan T independen isolat ABM1 terhadap Kontrol

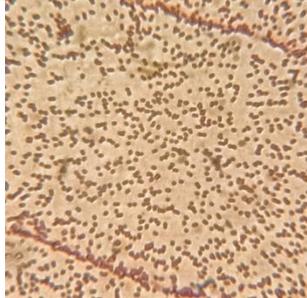
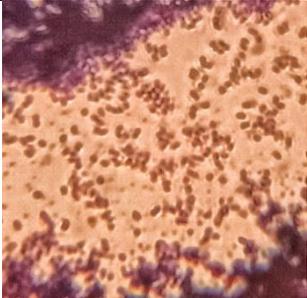
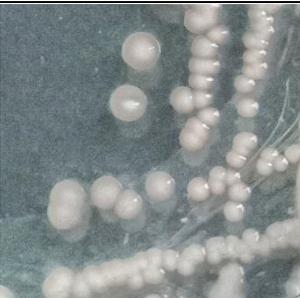
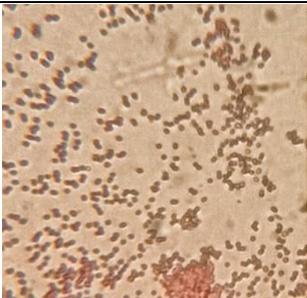
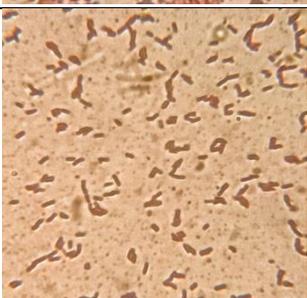
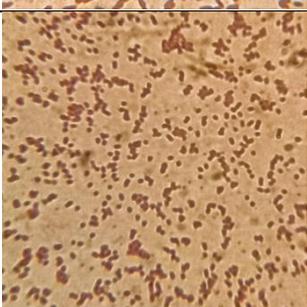
		Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
Persentase Penghambatan	Equal variances assumed	7.094	<b>.024</b>	12.405	10	<.001	<b>&lt;.001</b>	10.28708	.82926	8.43937	12.13479
	Equal variances not assumed			12.405	5.000	<.001	<.001	10.28708	.82926	8.15540	12.41876

Lampiran 4. Uji antagonis isolat bakteri terhadap *Fusarium* sp.

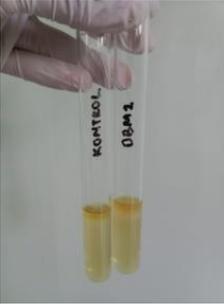
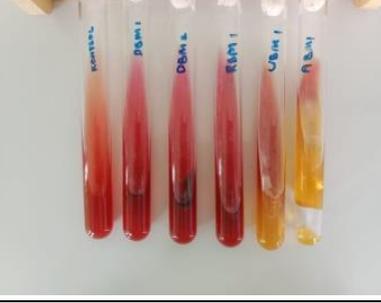
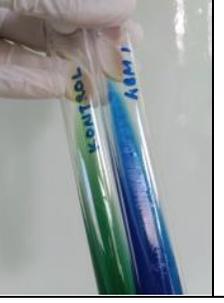
Lampiran 5. Hasil pewarnaan isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru

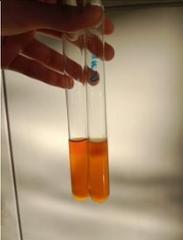
Uji	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1
Gram					
Acid-Fast					
Endospora					

Lampiran 6. Morfologi koloni dan sel isolat bakteri endofit dan rhizosfer bawang merah varietas Rubaru

Kode Isolat	Koloni	Sel
DBM1		
DBM2		
RBM1		
UBM1		
ABM1		

Lampiran 7. Hasil karakterisasi biokimia isolat bakteri bawang merah varietas Rubaru

Uji	Kode Isolat					
	DBM1	DBM2	RBM1	UBM1	ABM1	
Indol						
TSIA						
Sitrat						

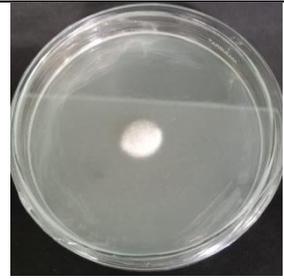
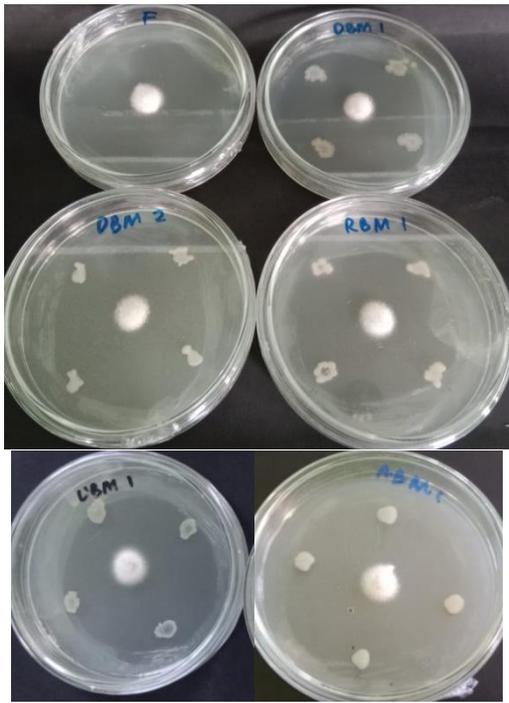
Produksi H <sub>2</sub> S						
Motilitas						
Kebutuhan Oksigen						
						

<p>Katalase</p>						
<p>Fermentasi Manitol</p>						
<p>Hidrolisis Pati</p>						

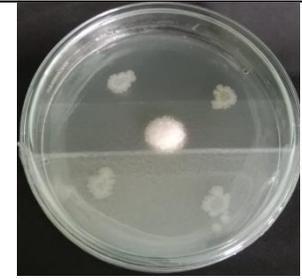
Lampiran 8. Perkembangan uji antagonis selama inkubasi 7 hari

Hari ke-	Ulangan 1			
1		 <p data-bbox="1066 711 1184 738">(Kontrol)</p>	 <p data-bbox="1610 711 1729 738">(DBM1)</p>	
		 <p data-bbox="1066 1010 1184 1037">(DBM2)</p>	 <p data-bbox="1610 1010 1729 1037">(RBM1)</p>	
		 <p data-bbox="1066 1321 1184 1348">(UBM1)</p>	 <p data-bbox="1610 1321 1729 1348">(ABM1)</p>	

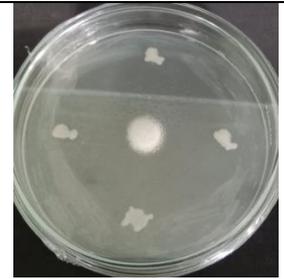
2



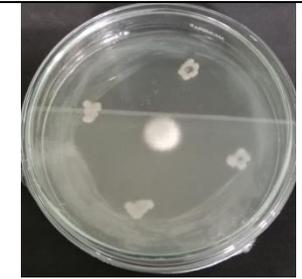
(Kontrol)



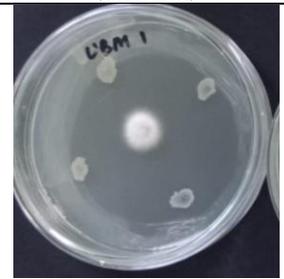
(DBM1)



(DBM2)



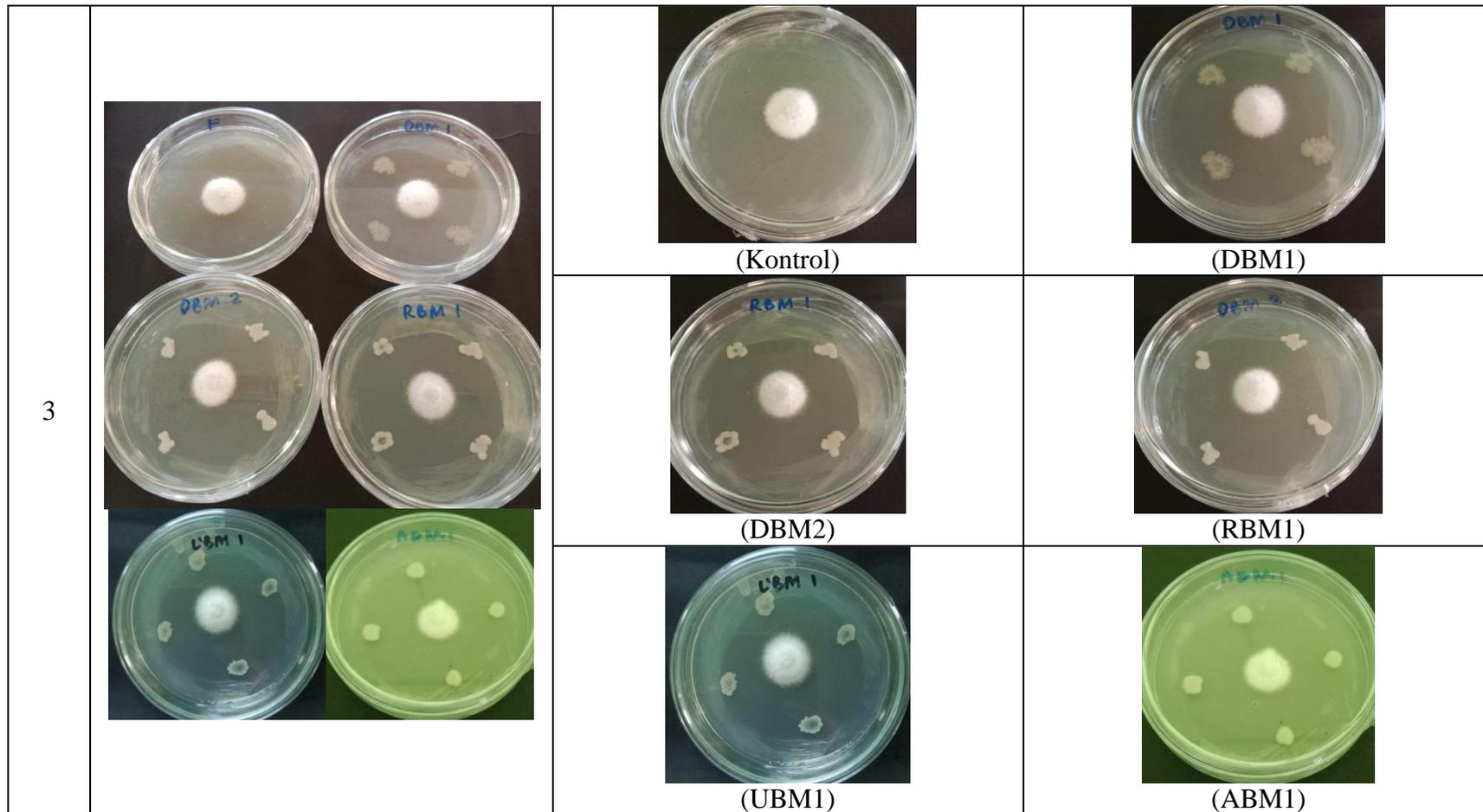
(RBM1)



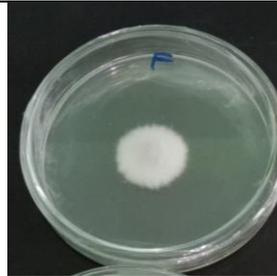
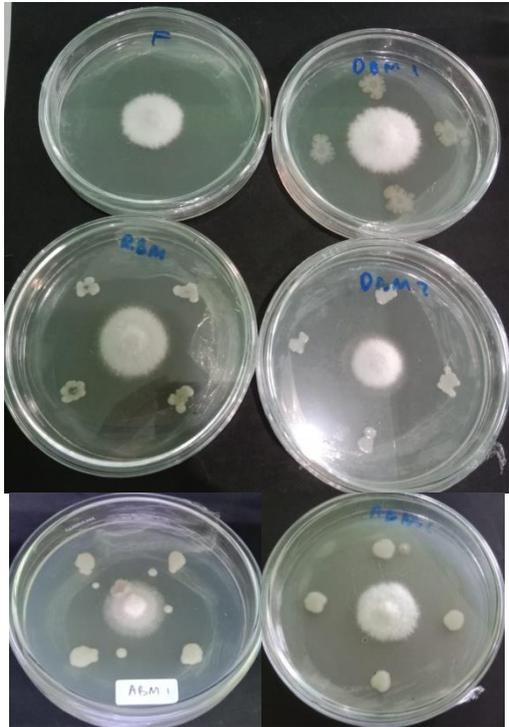
(UBM1)



(ABM1)



4



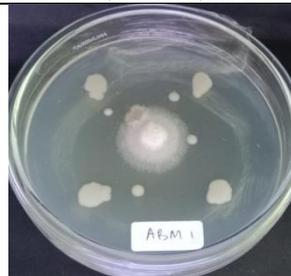
(Kontrol)



(DBM2)



(RBM1)

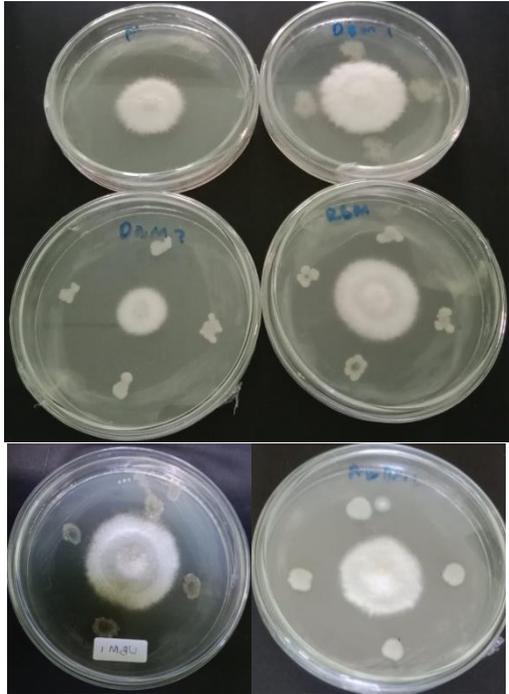


(UBM1)



(ABM1)

5



(Kontrol)



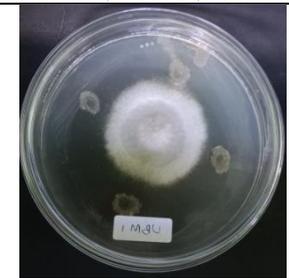
(DBM1)



(DBM2)



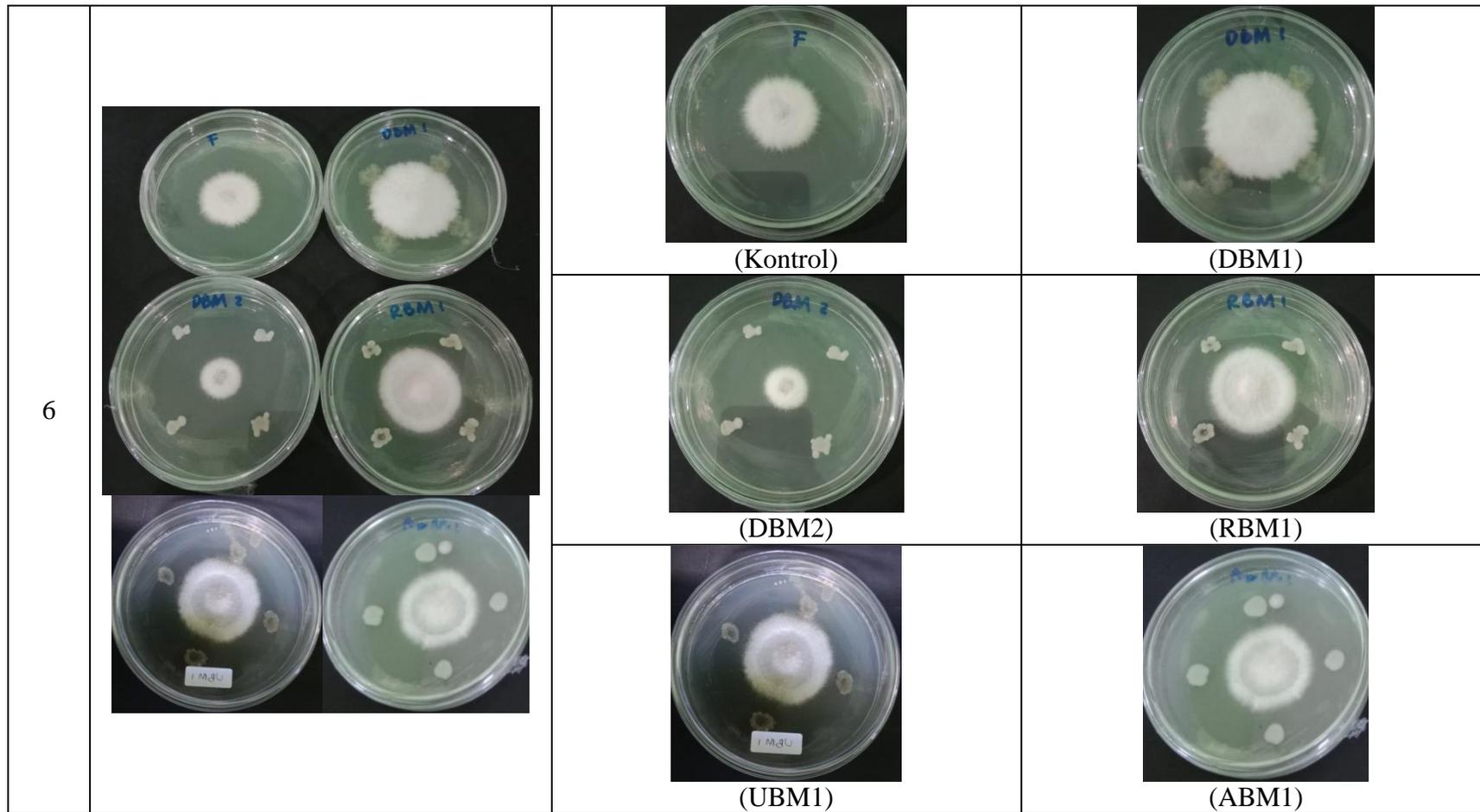
(RBM1)

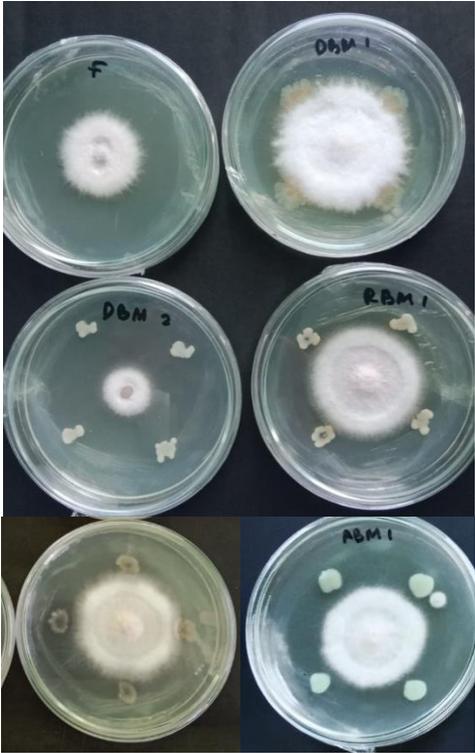


(UBM1)

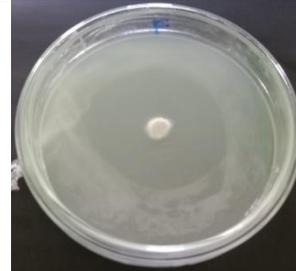
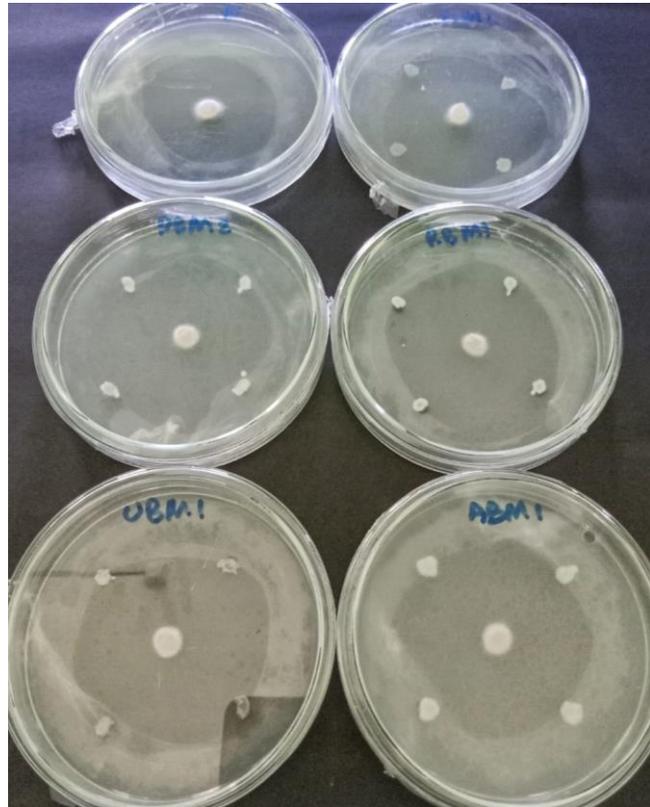


(ABM1)

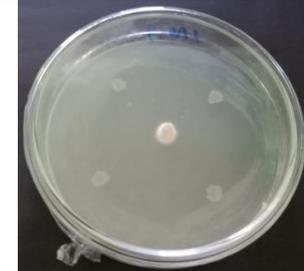


7		 <p>(Kontrol)</p>	 <p>(DBM1)</p>
	 <p>(DBM2)</p>	 <p>(RBM1)</p>	
	 <p>(UBM1)</p>	 <p>(ABM1)</p>	
Hari ke-	Ulangan 2		

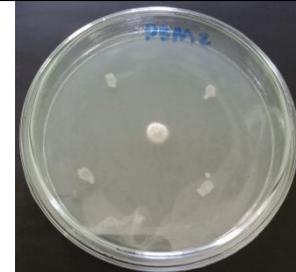
1



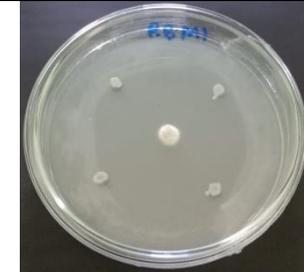
(Kontrol)



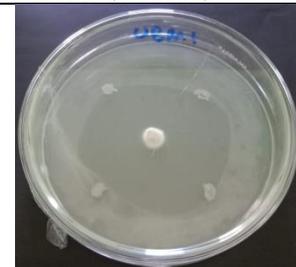
(DBM1)



(DBM2)



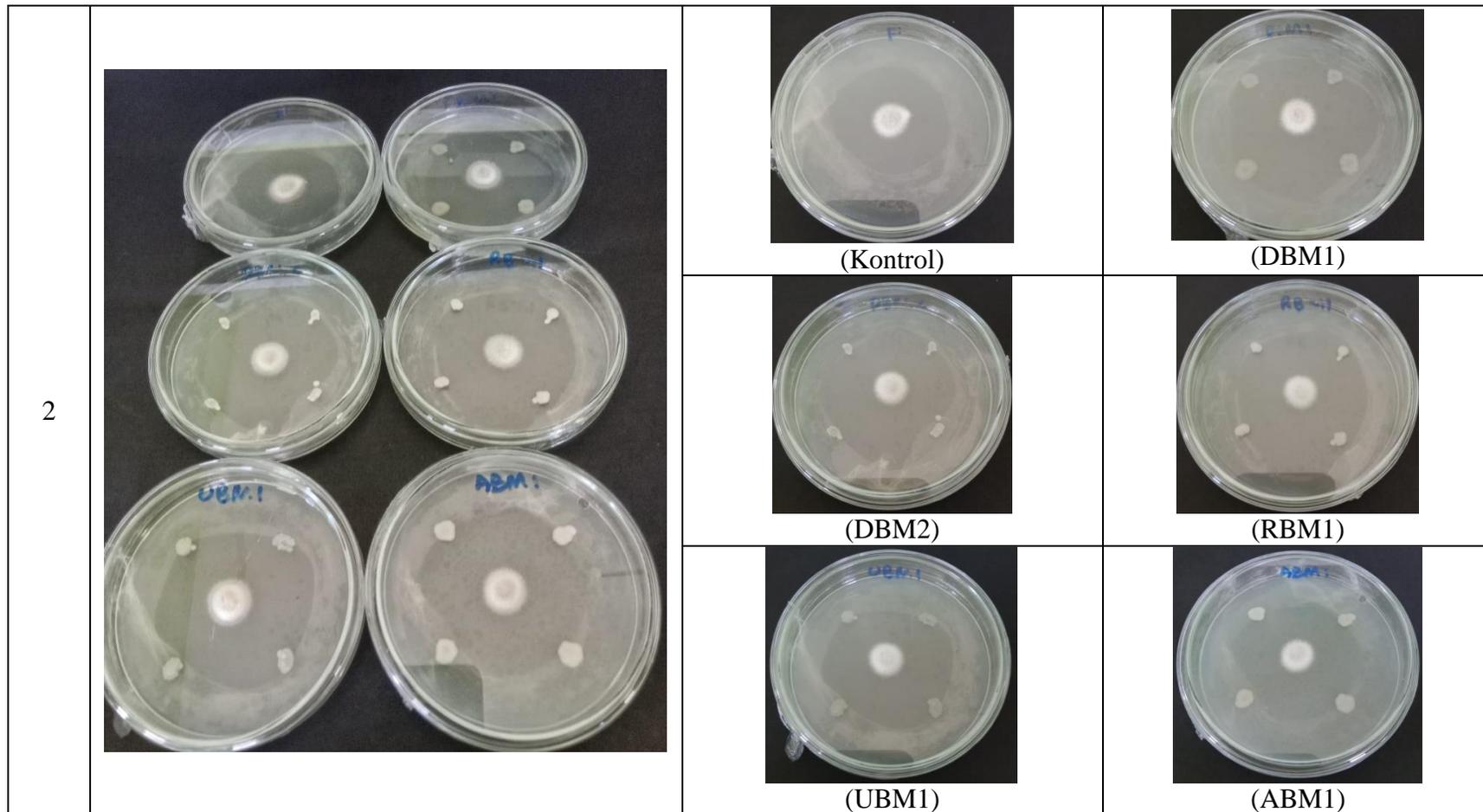
(RBM1)



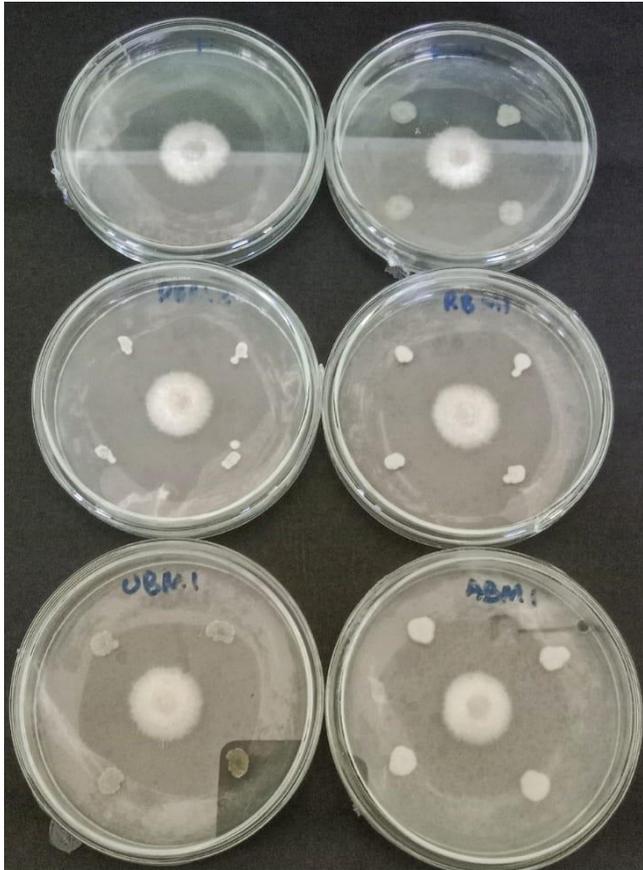
(UBM1)



(ABM1)



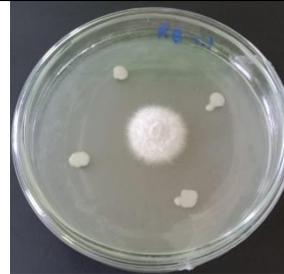
3



(Kontrol)



(DBM1)



(DBM2)



(RBM1)



(UBM1)



(ABM1)

4



(Kontrol)



(dbm1)



(DBM2)



(RBM1)

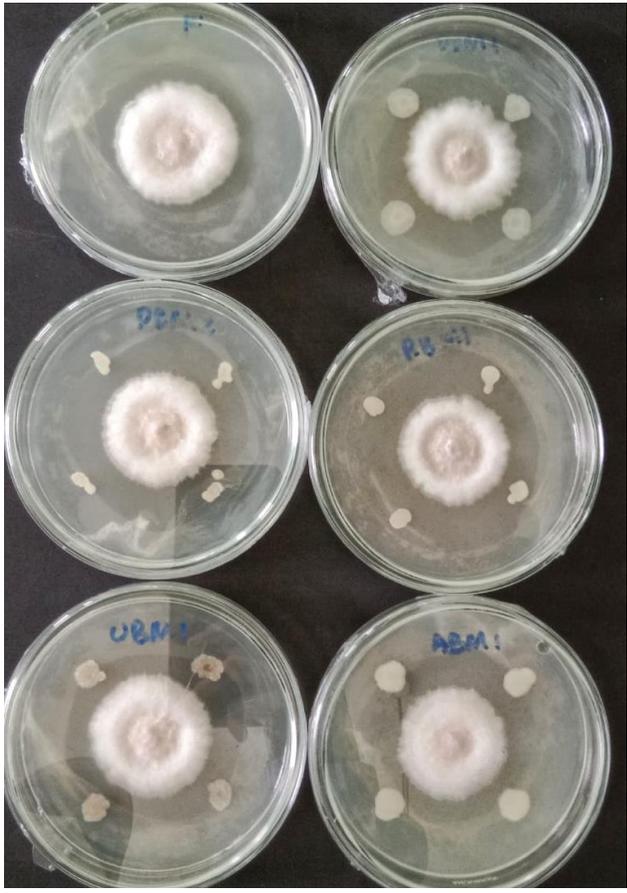


(UBM1)



(ABM1)

5



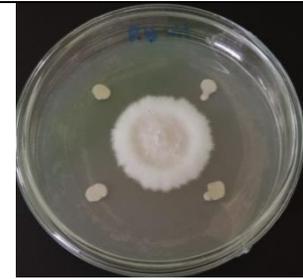
(Kontrol)



(dbm1)



(DBM2)



(RBM1)

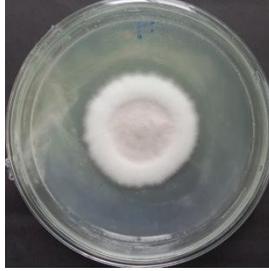
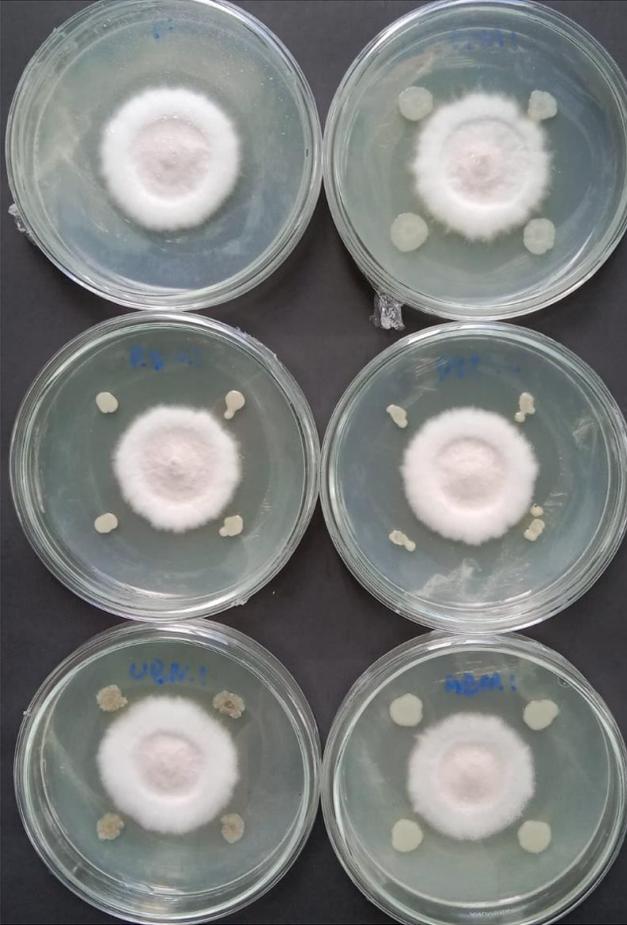


(UBM1)



(ABM1)

6



(Kontrol)



(DBM1)



(DBM2)



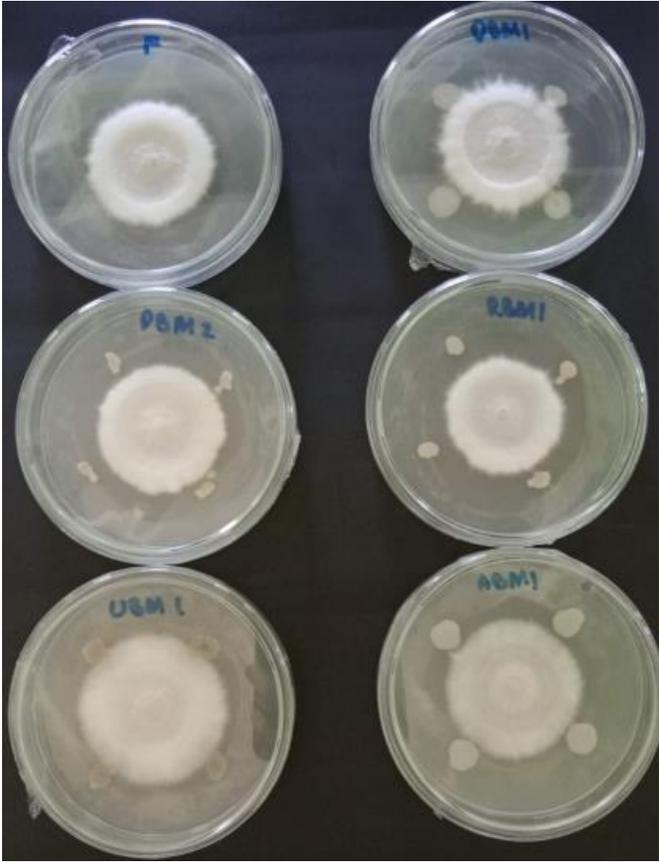
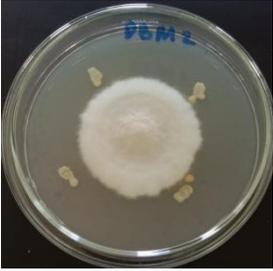
(RBM1)



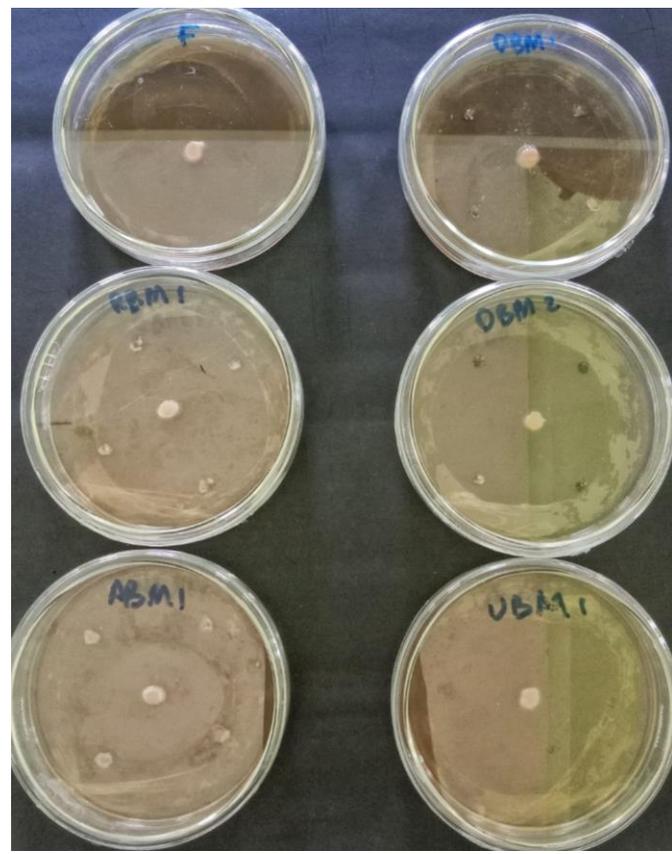
(UBM1)



(ABM1)

7		 <p>(Kontrol)</p>	 <p>(DBM1)</p>
		 <p>(DBM2)</p>	 <p>(RBM1)</p>
		 <p>(UBM1)</p>	 <p>(ABM1)</p>
Hari ke-	Ulangan 3		

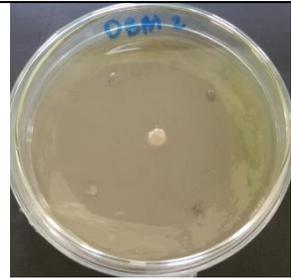
1



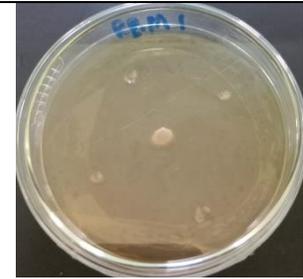
(Kontrol)



(DBM1)



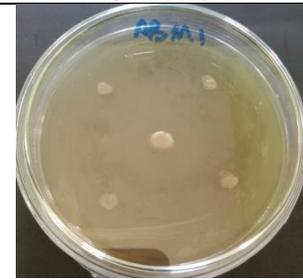
(DBM2)



(RBM1)

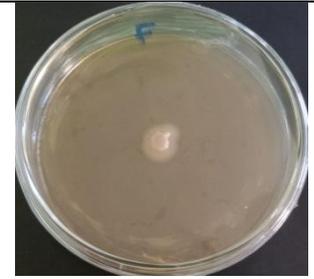
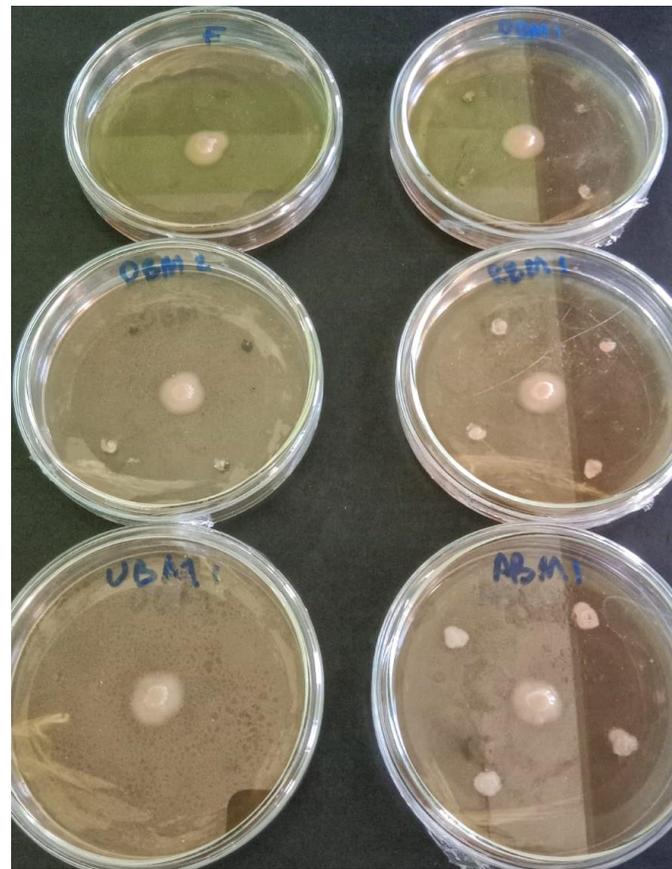


(UBM1)

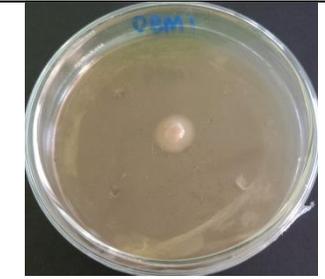


(ABM1)

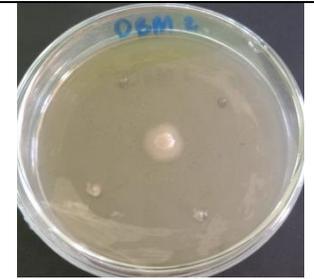
2



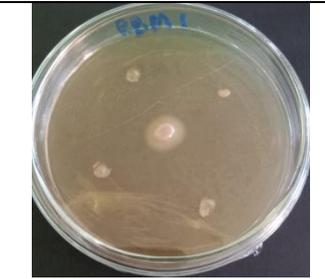
(Kontrol)



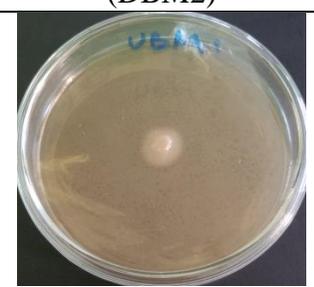
(DBM1)



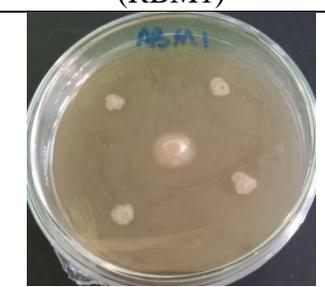
(DBM2)



(RBM1)

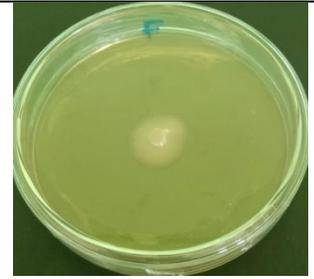
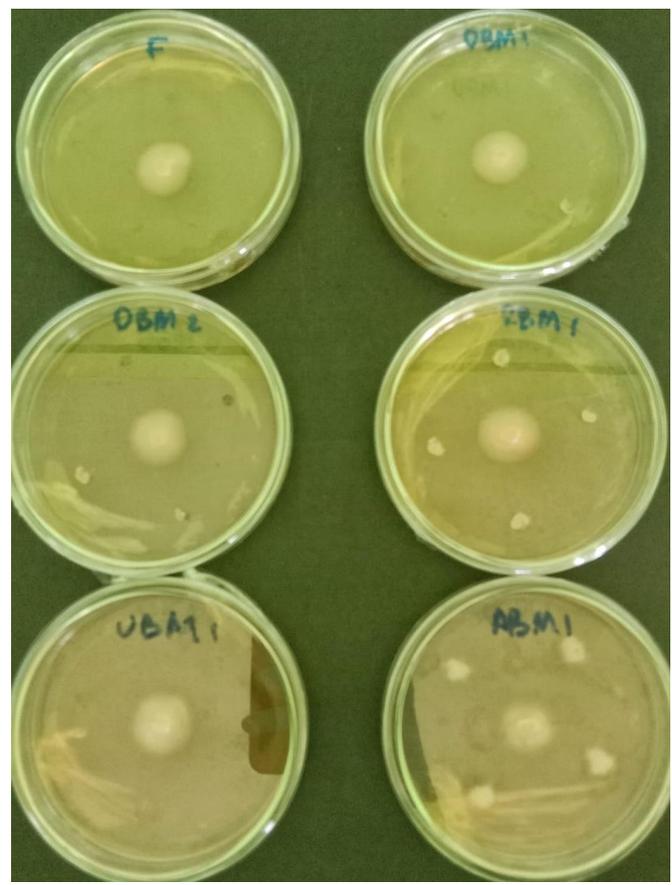


(UBM1)

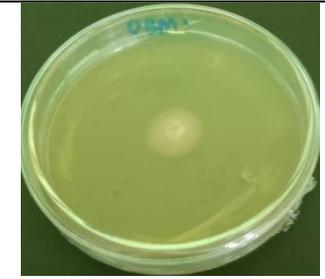


(ABM1)

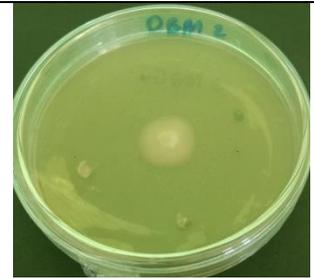
3



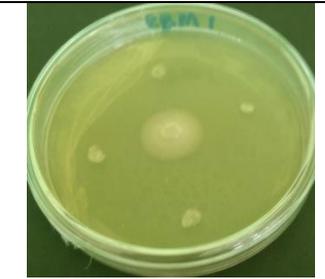
(Kontrol)



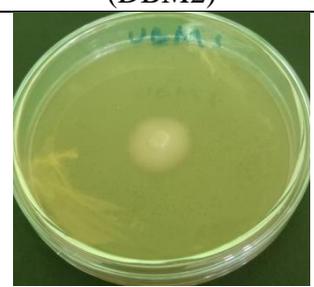
(DBM1)



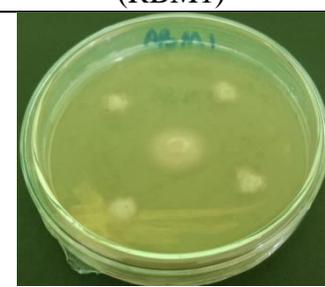
(DBM2)



(RBM1)

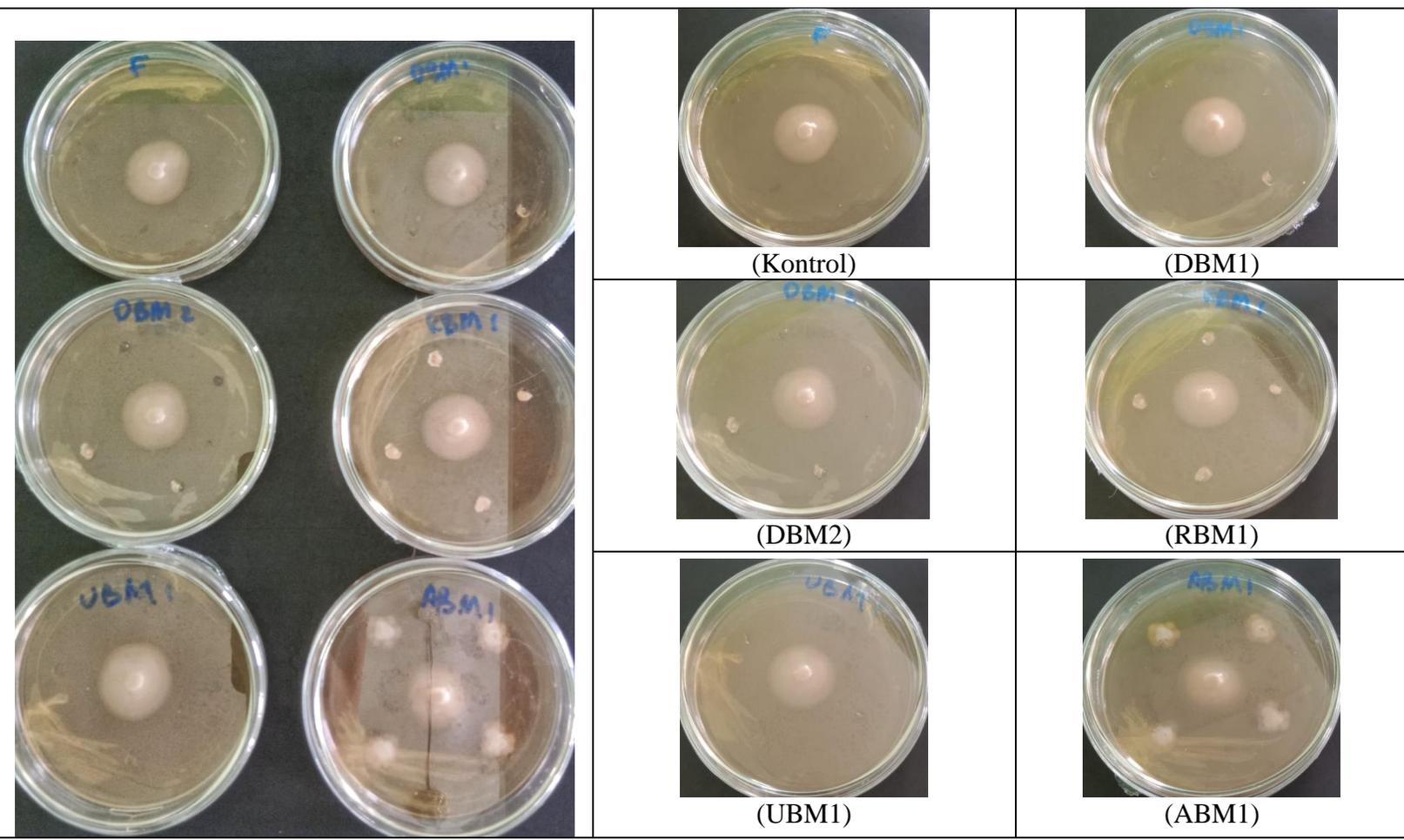


(UBM1)

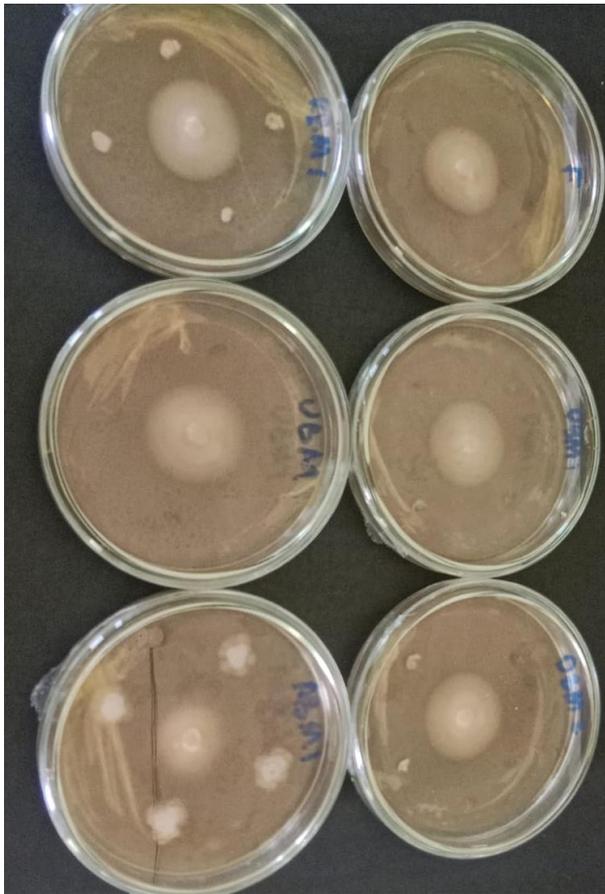


(ABM1)

4



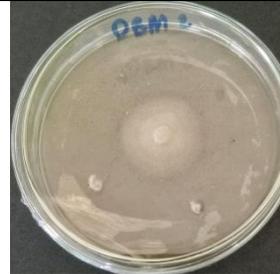
5



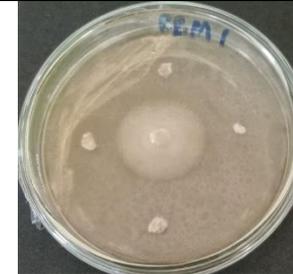
(Kontrol)



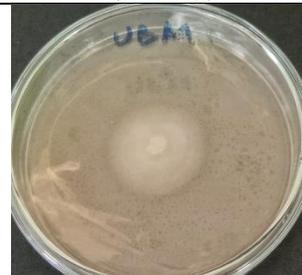
(DBM1)



(DBM2)



(RBM1)

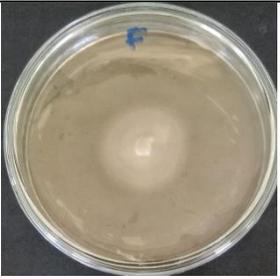
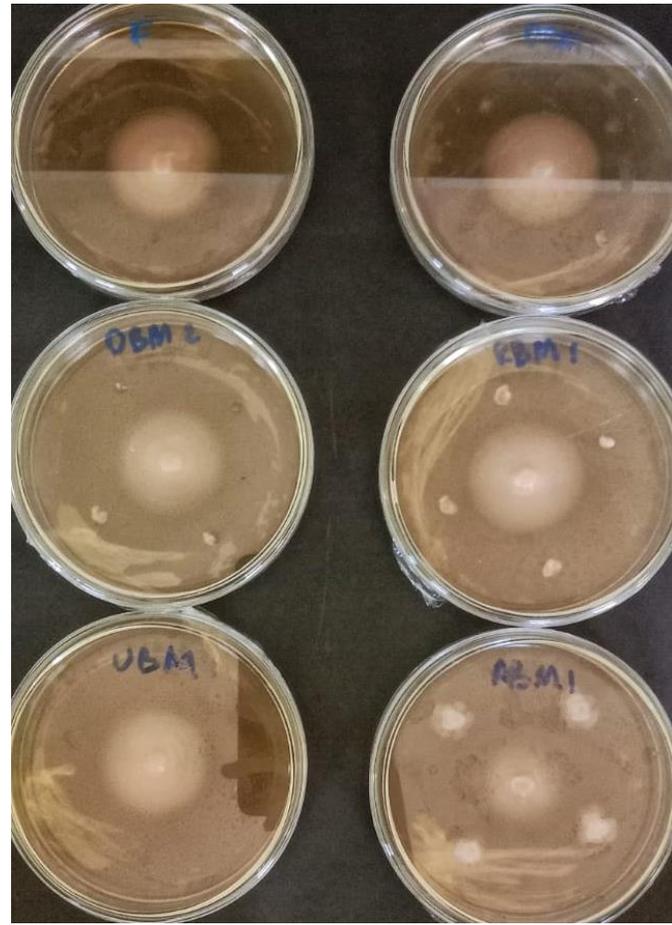


(UBM1)



(ABM1)

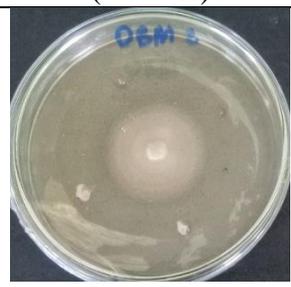
6



(Kontrol)



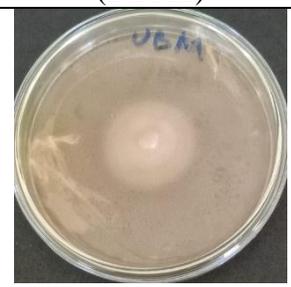
(DBM1)



(DBM2)



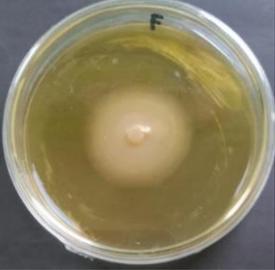
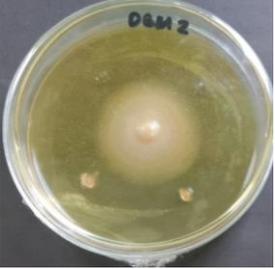
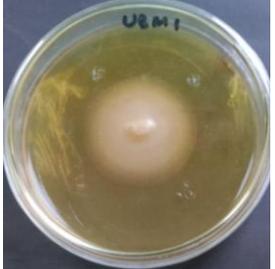
(RBM1)

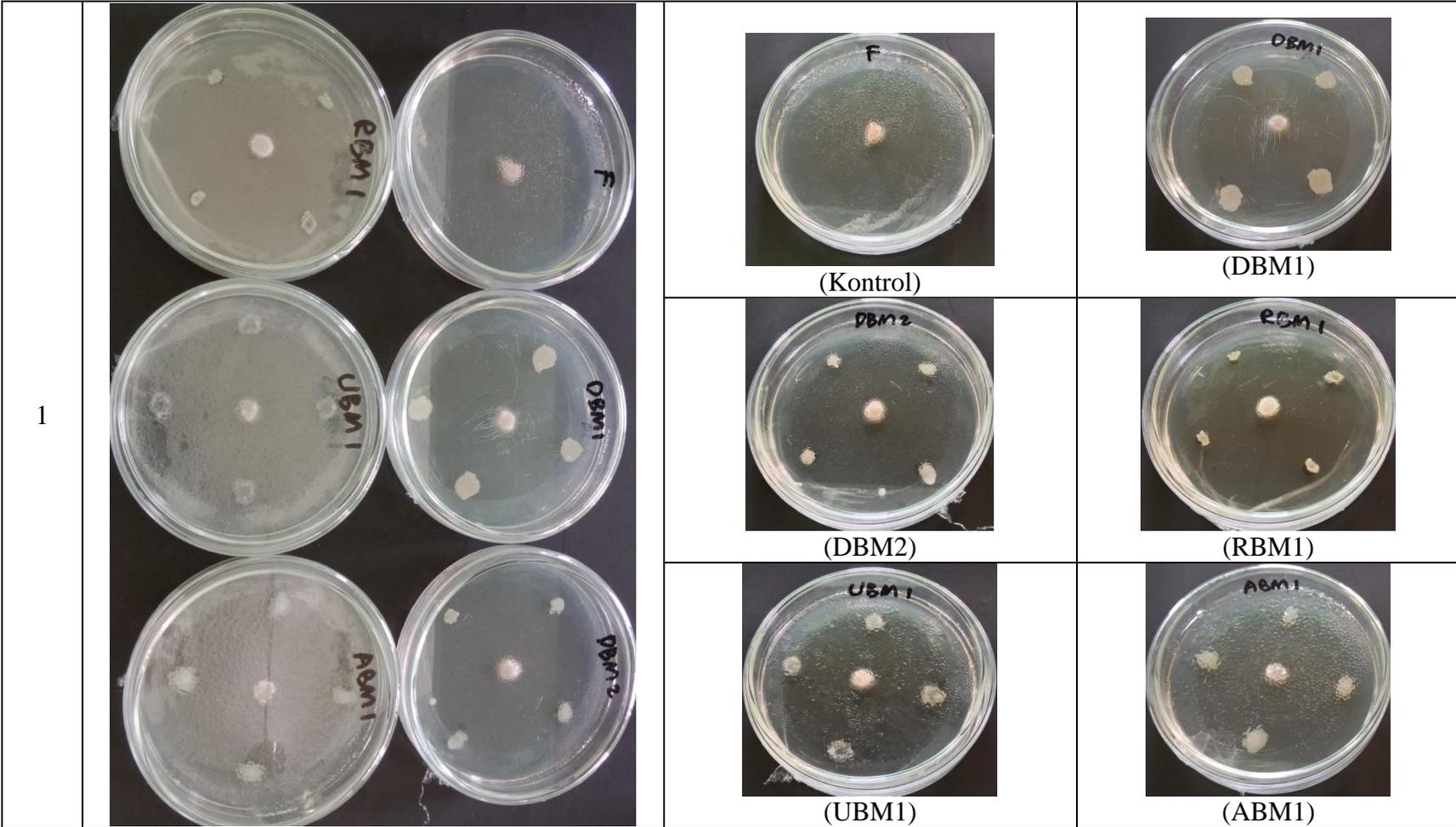


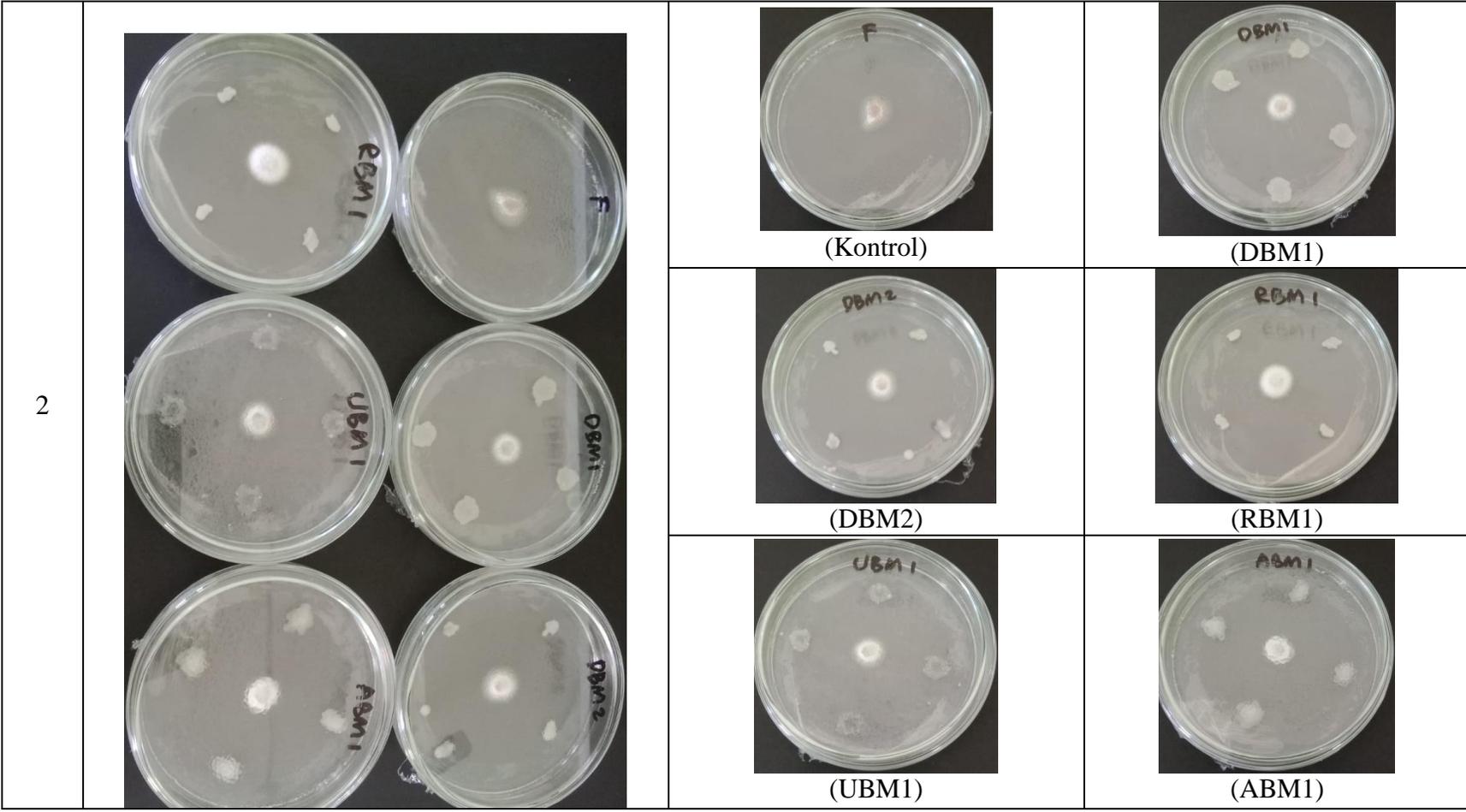
(UBM1)



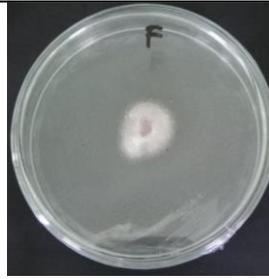
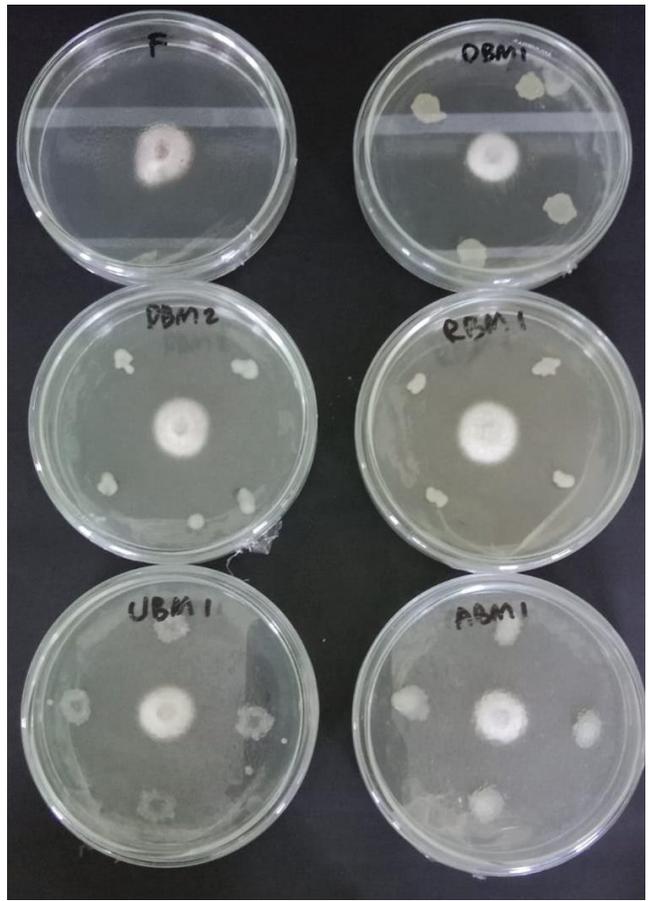
(ABM1)

7		 <p>(Kontrol)</p>	 <p>(DBM1)</p>
		 <p>(DBM2)</p>	 <p>(RBM1)</p>
		 <p>(UBM1)</p>	 <p>(ABM1)</p>
Hari ke-	Ulangan 4		

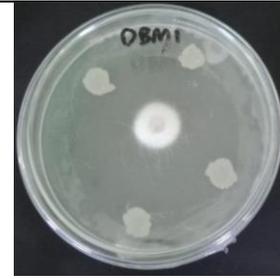




3



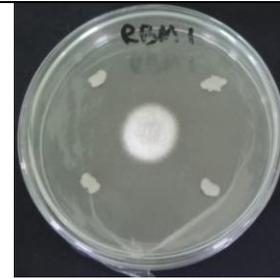
(Kontrol)



(DBM1)



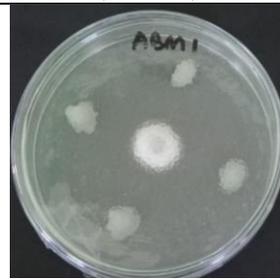
(DBM2)



(RBM1)

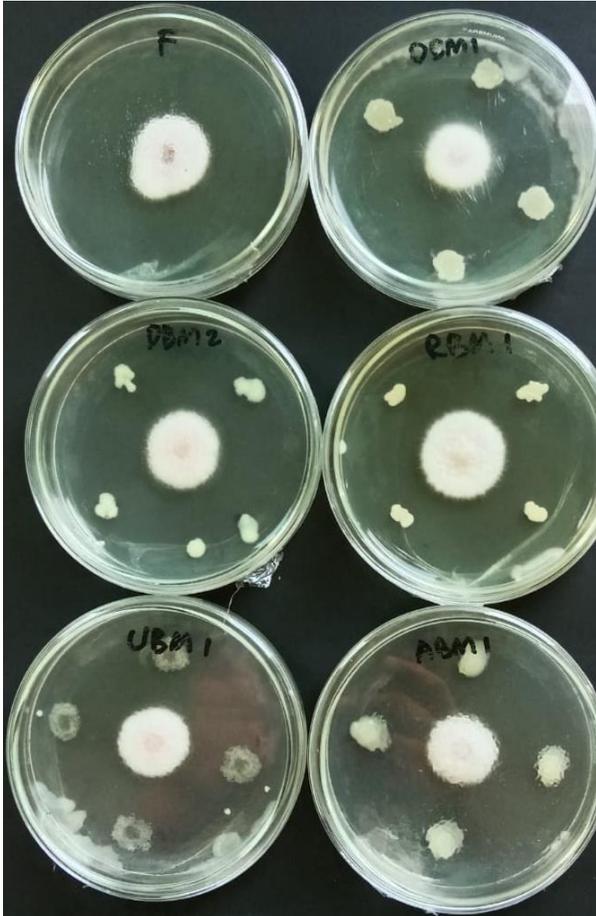


(UBM1)



(ABM1)

4



(Kontrol)



(DBM1)



(DBM2)



(RBM1)

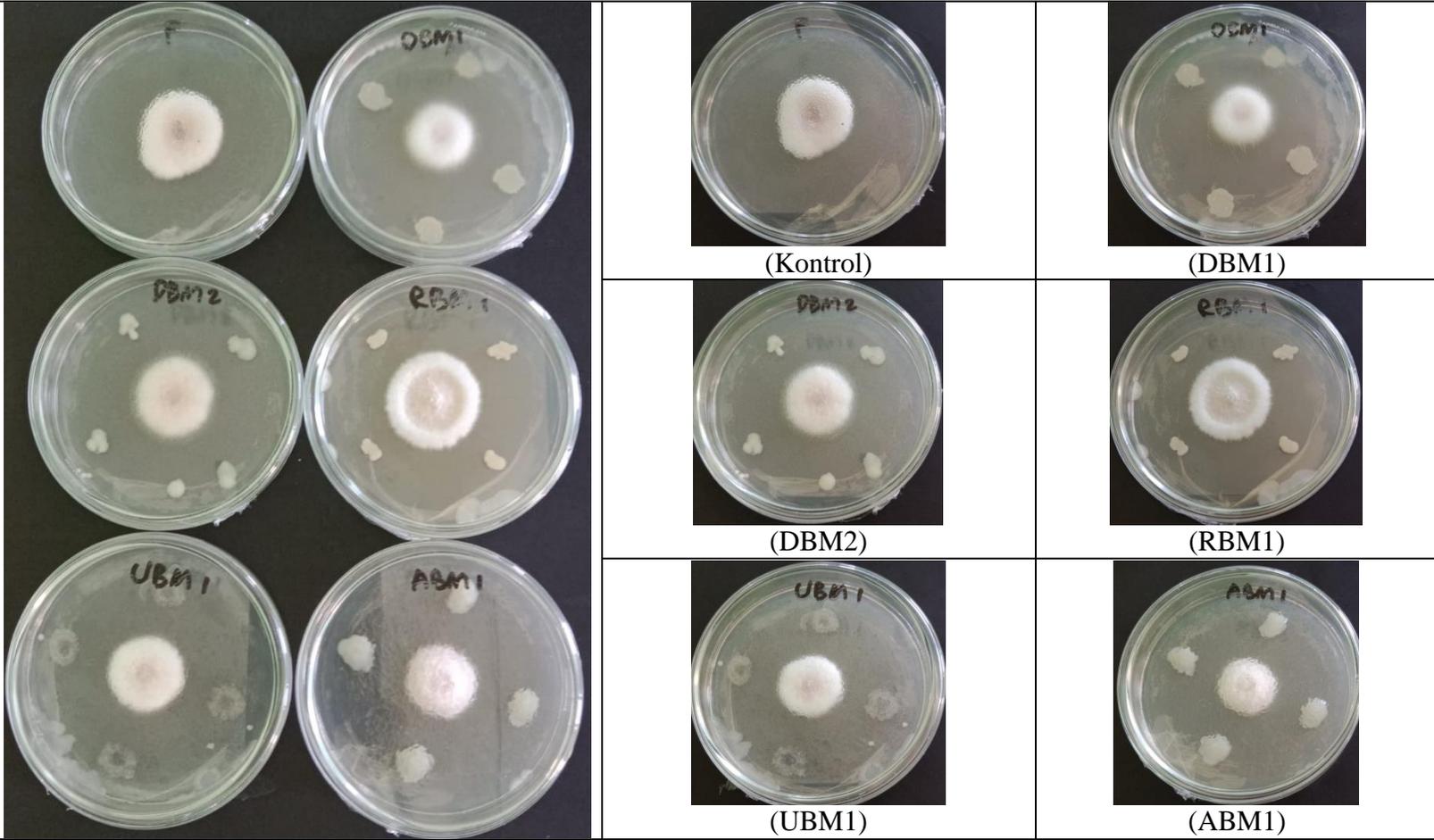


(UBM1)

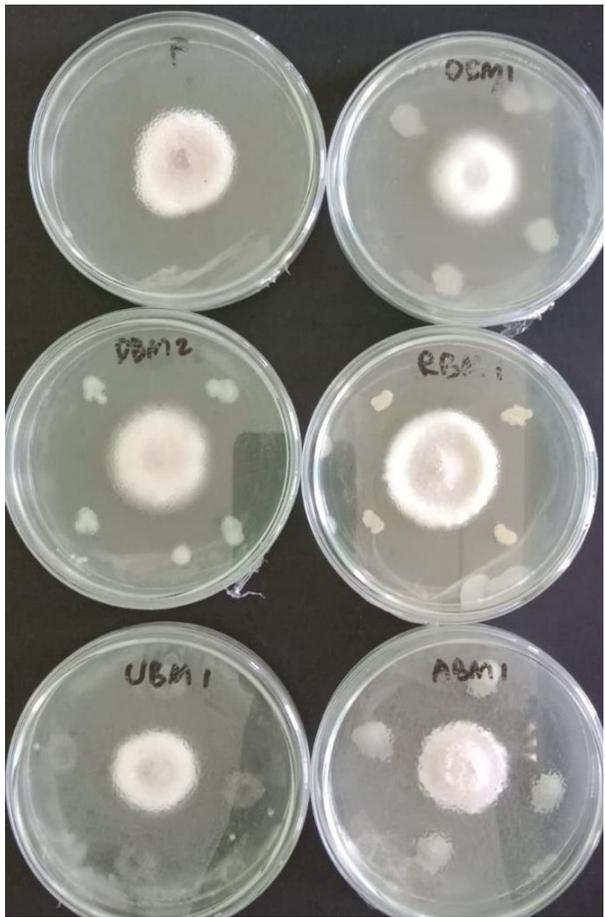


(ABM1)

5



6



(Kontrol)



(DBM1)



(DBM2)



(RBM1)

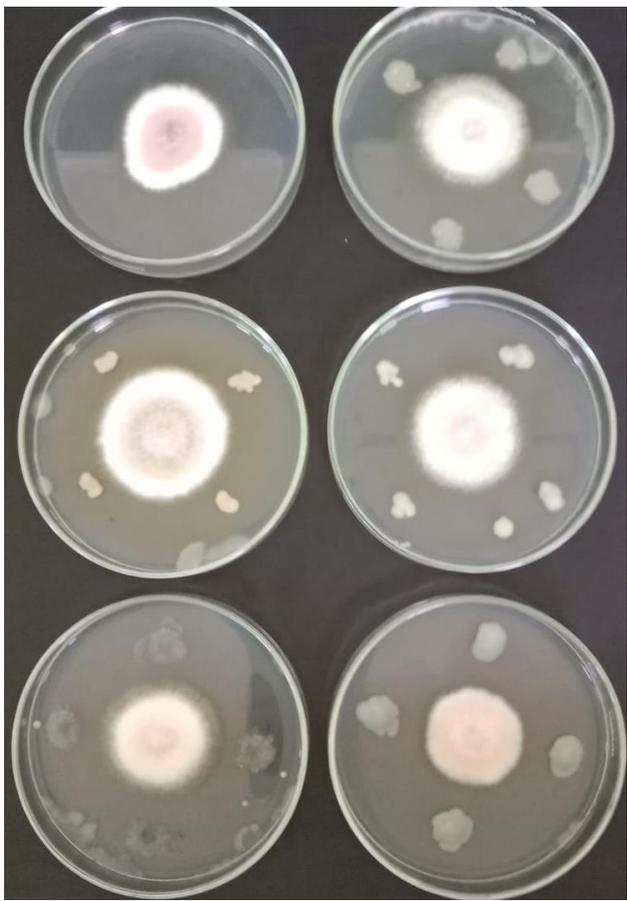


(UBM1)



(ABM1)

7



(Kontrol)



(DBM1)



(DBM2)



(RBM1)



(UBM1)



(ABM1)

Lampiran 9. Identification flowchart Bergey's kelompok bakteri Gram positif COCCUS

